



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Διπλωματική εργασία

*«Θερμική ανάλυση της δομής του Ελληνικού κτιριακού
κελύφους και επίδραση των παραμέτρων αυτού στην
ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων»*

ΧΑΝΔΡΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής: ΚΙΜΩΝ Α. ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κίμωνα Α. Αντωνόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια του και την καθοδήγηση του, καθώς και για το χρόνο που μου προσέφερε για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την στήριξη και τη βοήθειά τους όλον αυτό τον καιρό.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται θερμικά η δομή του Ελληνικού κτιριακού κελύφους, γίνεται έρευνα και μελέτη των παραμέτρων αυτού και τέλος εξετάζεται η επίδραση του συνδυασμού των κυριότερων παραμέτρων του κτιριακού κελύφους στην ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης για την επίτευξη θερμικής άνεσης στην περιοχή της Αθήνας.

Αρχικά, στο βιβλιογραφικό πρώτο μέρος, εισάγεται το αναγκαίο γνωστικό υλικό ώστε να γίνει κατανοητή η έννοια του κτιριακού κελύφους και η αναγκαιότητα της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Αναπτύσσονται οι απαραίτητες έννοιες για την κατανόηση και τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων και παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο που στοχεύει στον έλεγχο και στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αυτών. Επιπλέον, γίνεται θερμική ανάλυση της δομής του κτιριακού κελύφους, περιγράφονται τα δομικά στοιχεία αυτού και τα δομικά υλικά που τα συνθέτουν, μελετώνται τα θερμικά τους χαρακτηριστικά και γίνεται παρουσίαση των παραγόντων που επιδρούν και καθορίζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας, αρχικά μελετάται η θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας κατά την 21^η Ιανουάριου. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης συναρτήσει των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τη μόνωση και τους υαλοπίνακες και μελετάται η επίδραση του συνδυασμού των παραμέτρων αυτών στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων για τους οποίους επιτυγχάνεται η ίδια ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση, όσο και οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων αυτών για τους οποίους μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης.

Abstract

In the present thesis, the structure of the Greek building envelope is studied thermally, research and study of its parameters is performed and finally the effect of the combination of the main building envelope parameters on the heating energy consumption is examined, for the purpose of achieving thermal comfort in the area of Athens.

Initially, in the first part, the literature review, the necessary knowledge based material is introduced, so that the term of the building envelope and the necessity of energy saving in the building sector are understood. The necessary terms are developed for the understanding and the study of the thermal behavior of the buildings and also the state laws that are aiming at the control and the improvement of the energy performance of those, are presented. Furthermore, thermal analysis of the structure of the building envelope is performed, the structural envelope elements and the materials that constitute them are described, their thermal characteristics are studied and a presentation is made of the factors that influence and determine the energy behavior of the buildings.

In the second part of the present study, first the thermal behavior of a typical reference building in the area of Athens is studied, on the 21 of January. In continuation, the curves of the constant daily heating energy consumption are presented, in relation to the parameters that characterise the insulation and the fenestration, and the effect of the combination of those factors on the energy consumption of the building, is studied. Both the combinations of the parameter values of the insulation and fenestration for which the same energy consumption is achieved, and the combinations of the parameter values for which the heating energy consumption is reduced, are of great interest.

Πίνακας περιεχομένων

Μέρος Πρώτο

Εισαγωγή	1
1. Το κτιριακό κέλυφος και η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας	3
1.1 Το κτιριακό κέλυφος.....	3
1.2 Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια	4
1.3 Ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)	5
2. Το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον	9
2.1 Οι συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος	9
2.1.1 Η θερμική άνεση	9
2.1.2 Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα	13
2.1.3 Η οπτική άνεση.....	14
2.2 Το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου	15
2.2.1 Το κλίμα του τόπου.....	15
2.2.1.1 Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	16
2.2.2 Η ηλιακή ακτινοβολία.....	17
3. Μεταφορά θερμότητας	21
3.1 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο	21
3.1.1 Μετάδοση της θερμότητας με θερμική αγωγή.....	21
3.1.2 Μετάδοση της θερμότητας με θερμική μεταβίβαση (συναγωγή).....	23
3.1.3 Μετάδοση της θερμότητας με θερμική ακτινοβολία.....	23
3.2 Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (ή k).....	24
3.3 Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, R_i και R_a	27
3.4 Η θερμική αντίσταση, R , ενός στρώματος υλικού.....	27
3.5 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U , απλών μελών της κατασκευής	28
3.6 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U , πολυστρωματικών δομικών στοιχείων	29
3.7 Η σημασία του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων	32
3.8 Θεωρητικός υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων	33
3.8.1 Διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου	35
3.8.2 Θεωρητικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη	37
3.8.3 Θεωρητικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος	38
3.8.4 Σύνθετα δομικά στοιχεία	42

3.9 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων	43
3.9.1 Αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός μονού κουφώματος	43
3.9.1.1 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου	44
3.9.1.2 Τυπικές τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας, Ψ_g , του υαλοπίνακα	44
3.9.1.3 Αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα	45
3.9.2 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων	45
3.9.3 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κουφωμάτων	47
4. Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών δομικών στοιχείων ...	52
4.1 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών εξωτερικών τοιχοποιιών	52
4.2 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών εξωτερικών κολόνων και δοκών	126
4.3 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών οροφών	154
4.4 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών δαπέδων	272
5. Οι εξωτερικές τοιχοποιίες	325
5.1 Κατηγορίες εξωτερικών τοιχοποιιών	325
5.2 Ενδεικτικά πάχη των εξωτερικών τοίχων	325
5.3 Το πλήθος των στρωμάτων των εξωτερικών τοίχων	326
5.4 Το επίχρισμα	327
5.5 Η τοιχοποιία από οπτόπλινθους	328
5.5.1 Υλικά παραγωγής και απαιτήσεις ως προς την ποιότητα των οπτόπλινθων	329
5.5.2 Συστήματα δόμησης	329
5.5.3 Μορφή, διαστάσεις και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά οπτόπλινθων	330
5.5.4 Το ελάχιστο πάχος της τοιχοποιίας από οπτόπλινθους	333
5.5.5 Οι μονοκέλυφες και οι δικέλυφες τοιχοποιίες	333
5.6 Οι τσιμεντόλιθοι	337
5.7 Τα θερμομονωτικά τούβλα	338
5.8 Τούβλα με ενσωματωμένο μονωτικό υλικό	342
5.9 Οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι	343
5.10 Οι λιθοδομές	346
5.11 Οι τοιχοποιίες ξηράς δόμησης	347
5.11.1 Ο μεταλλικός σκελετός	351
5.11.2 Η τσιμεντοσανίδα	351
5.11.3 Οι γυψοσανίδες	352
5.12 Η θερμομονωτική στρώση στις τοιχοποιίες	353
5.12.1 Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.	354
5.13 Στοιχεία σκυροδέματος	358

5.13.1 Το οπλισμένο σκυρόδεμα	359
5.13.2 Οι κολόνες	361
5.13.3 Οι δοκοί	363
5.13.4 Τα στρώματα δομικών υλικών των κολόνων και των δοκών	363
6. Οι οροφές	366
6.1 Ο ρόλος της οροφής	366
6.2 Τα δώματα	366
6.2.1 Τύποι δωματίων	367
6.2.2 Η σύνθεση της διατομής του συμπαγούς δώματος.....	368
6.2.3 Ο φέρων οργανισμός.....	368
6.2.3.1 Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.....	369
6.2.4 Η στρώση των κλίσεων	371
6.2.4.1 Τρόποι διαμόρφωσης της στρώσης των κλίσεων	371
6.2.4.2 Υλικά κατασκευής της στρώσης των κλίσεων, τα πάχη εφαρμογής τους και οι θερμοφυσικές τους ιδιότητες.....	372
6.2.4.3 Η θέση της στρώσης των κλίσεων στη διατομή του δώματος	375
6.2.5 Η εσωτερική διαμόρφωση της φέρουσας πλάκας.....	376
6.2.6 Η τελική επικάλυψη του δώματος.....	377
6.2.7 Η θερμομονωτική στρώση στα δώματα	378
6.2.8 Τα αεριζόμενα δώματα	380
6.2.9 Τα φυτεμένα δώματα	382
6.3 Οι στέγες	384
6.3.1 Τύποι στεγών	384
6.3.2 Η σύνθεση της διατομής των στεγών που αποτελούν την οροφή του εσωτερικού χώρου.....	385
6.3.3 Ο φέρων οργανισμός της στέγης.....	386
6.3.4 Οριζόντια και κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια	388
6.3.5 Η διαμόρφωση της εσωτερικής πλευράς του φέροντα οργανισμού.....	389
6.3.6 Η αεριζόμενη στέγη	390
6.3.6.1 Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της αεριζόμενης στέγης.....	390
6.3.6.2 Η λειτουργία του εξαερισμού της στέγης	392
6.3.7 Το φράγμα ακτινοβολίας.....	394
6.3.8 Η θερμομονωτική στρώση στις στέγες	394
6.3.9 Η τελική επικάλυψη της στέγης	397
6.4 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μεταλλικής οροφής	401
7. Τα δάπεδα	403
7.1 Τα είδη των δαπέδων και η σύνθεση της διατομής τους	403
7.2 Η φέρουσα κατασκευή των δαπέδων	404

7.3	Πιθανές στρώσεις δομικών υλικών κάτω από τη φέρουσα πλάκα των δαπέδων	405
7.4	Η δαπεδόστρωση στην περίπτωση δαπέδου επί εδάφους	406
7.5	Η εξισωτική στρώση	407
7.5.1	Κριτήρια επιλογής της εξισωτικής στρώσης	407
7.5.2	Τα υλικά και τα πάχη της εξισωτικής στρώσης.....	408
7.6	Οι συνδετικές στρώσεις	410
7.7	Η θερμομονωτική στρώση στα δάπεδα	410
7.7.1	Το είδος του θερμομονωτικού υλικού και η θέση του στα δάπεδα	411
7.7.2	Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στα δάπεδα σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.	412
7.8	Η τελική επίστρωση των δαπέδων	415
7.8.1	Κριτήρια επιλογής του υλικού της τελικής επίστρωσης	415
7.8.2	Τα υλικά της τελικής επίστρωσης	416
7.9	Το θερμαινόμενο δάπεδο	421
7.9.1	Η σύνθεση της διατομής του θερμαινόμενου δαπέδου	423
8.	Η θερμομόνωση και τα θερμομονωτικά υλικά	425
8.1	Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης.....	425
8.2	Τα θερμομονωτικά υλικά	427
8.2.1	Οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών	427
8.2.1.1	Οι φυσικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών	428
8.2.1.2	Οι περιβαλλοντικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών	430
8.2.2	Περιγραφή των κυριότερων μονωτικών υλικών	431
8.2.2.1	Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά	431
8.2.2.2	Τα βαριά θερμομονωτικά υλικά	440
8.2.2.3	Τα εναλλακτικά-οικολογικά μονωτικά υλικά.....	443
8.2.2.4	Εναλλακτικά μονωτικά υλικά υψηλής τεχνολογίας	446
8.2.3	Τα θερμομονωτικά υλικά στην ελληνική αγορά	448
9.	Η θερμοχωρητικότητα και οι τρόποι θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων	450
9.1	Η έννοια και η σημασία της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων	450
9.2	Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας	451
9.3	Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας από τον ήλιο.....	452
9.4	Δομικά στοιχεία του κελύφους ως φράγματα προστασίας και ως συσσωρευτές θερμότητας από τα συστήματα θέρμανσης	454
9.5	Τρόποι θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων του κελύφους	455
9.5.1	Κριτήρια επιλογής του τρόπου θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων	455
9.5.2	Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης σε τοιχοποιίες, δοκούς και κολόνες	456
9.5.3	Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης σε επίπεδη και κεκλιμένη οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα	459

9.5.4 Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στα δάπεδα	460
10. Τα κουφώματα	462
10.1 Ο υαλοπίνακας και η ηλιακή ακτινοβολία	462
10.2 Θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά κουφωμάτων και υαλοπινάκων	464
10.3 Οι υαλοπίνακες	467
10.3.1 Παράγοντες που καθορίζουν το πάχος των υαλοπινάκων.....	467
10.3.2 Κριτήρια επιλογής των υαλοπινάκων	468
10.3.3 Τα είδη υαλοπινάκων	469
10.3.3.1 Απλοί μονοί υαλοπίνακες	469
10.3.3.2 Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες	469
10.3.3.3 Υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου.....	471
10.3.3.4 Διακοσμητικοί υαλοπίνακες	476
10.3.3.5 Υαλοπίνακες ασφάλειας	477
10.3.3.6 Πυράντοχοι υαλοπίνακες.....	478
10.3.3.7 Αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες	479
10.3.3.8 Υαλοπίνακες με ενσωμάτωση μεμβρανών για αυξημένες απαιτήσεις	479
10.3.3.9 Υαλοπίνακες εξειδικευμένων χρήσεων.....	480
10.4 Τα πλαίσια	480
10.4.1 Τα ξύλινα πλαίσια	480
10.4.2 Τα πλαίσια από κράματα αλουμινίου	481
10.4.3 Τα πλαίσια από συνθετικά υλικά	482
10.4.4 Τα σύνθετα συστήματα πλαισίων.....	483
10.4.5 Κριτήρια επιλογής των πλαισίων	484
10.5 Τύποι κουφωμάτων ως προς τον τρόπο ανοίγματος	485
10.6 Η συμβολή των κουφωμάτων στην εξοικονόμηση ενέργειας	486
10.6.1 Ο προσανατολισμός, το μέγεθος και το ποσοστό των υαλοπινάκων	486
10.6.2 Ο βέλτιστος συνδυασμός των θερμικών και τεχνικών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.....	488
10.6.3 Η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω χρήσης βελτιωμένων υαλοπινάκων	489
11. Η υγρομόνωση της κτιριακής κατασκευής	491
11.1 Εμφάνιση και δράση της υγρασίας	491
11.1.1 Μορφές υγρασίας	491
11.2 Στεγανοποιητικά υλικά	492
11.2.1 Οι κατηγορίες στεγανοποιητικών υλικών και τα χαρακτηριστικά τους.....	492
11.2.2 Τα συνηθέστερα στεγανοποιητικά υλικά	497
11.3 Η έννοια της υγρομετρίας των χώρων.....	498
11.4 Η υγρασία του αέρα	498

11.5 Η διακίνηση της υγρασίας μέσα από μία κατασκευή - τοιχοποιία	499
11.6 Η υγροποίηση των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια μιας κατασκευής - τοιχοποιίας	499
11.7 Η υγροποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό μιας κατασκευής - τοιχοποιίας	500
11.8 Το πάχος της θερμομόνωσης για την αποφυγή συμπυκνώσεων υδρατμών στις τοιχοποιίες	504
11.9 Το φράγμα υδρατμών	505
11.10 Το φράγμα υδρατμών και η 'αναπνοή' των εξωτερικών τοιχοποιιών	505
11.11 Στεγανοποιητική προστασία οροφών	506
11.11.1 Το φράγμα υδρατμών στις οροφές.....	509
11.12 Η προστασία των δαπέδων από την υγρασία του εδάφους	511
12. Κατασκευαστικά και θερμικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους	513
12.1 Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους	514
12.1.1 Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας	514
12.1.2 Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση τη διασφάλιση φυσικού αερισμού	515
12.1.3 Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση του φυσικού φωτός	516
12.2 Οι θερμικές ζώνες του κτιρίου	517
12.3 Βασικά γεωμετρικά μεγέθη του κτιρίου	518
12.4 Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών	520
12.5 Παράμετροι του συντελεστή θερμοπερατότητας, U , των αδιαφανών δομικών στοιχείων	526
12.5.1 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των τοιχοποιιών	527
12.5.2 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των κολόνων και των δοκών	532
12.5.3 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των δωματίων	533
12.5.4 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των κεκλιμένων στεγών με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	537
12.5.5 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των κεκλιμένων ξύλινων στεγών	539
12.5.6 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και δαπέδων πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο	541
12.5.7 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος	544
12.5.8 Τα δομικά υλικά των αδιαφανών δομικών στοιχείων με τη σημαντικότερη μεταβολή της θερμικής τους αντίστασης	546
12.6 Οι θερμογέφυρες	548
12.7 Ο μειωτικός συντελεστής b	552
12.8 Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, U_m	554
12.9 Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης, C_m	555
12.10 Οι συντελεστές ανάκλασης και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας	556
12.11 Ο συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία	557

12.12 Σκίαση και ηλιοπροστασία	558
12.12.1 Ο συντελεστής σκίασης	559
12.12.1.1 Ο συντελεστής σκίασης οριζόντια F_{hor}	560
12.12.1.2 Ο συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}	561
12.12.1.3 Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}	562
12.12.1.4 Ο συντελεστής σκίασης λόγω τέντας	564
12.12.1.5 Ο συντελεστής σκίασης λόγω εξωτερικών περσίδων	565
12.13 Αερισμός	565
12.13.1 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα).....	566
12.13.2 Φυσικός αερισμός	567
13. Οι σημαντικότερες παράμετροι του κτιριακού κελύφους	568
13.1 Οι παράμετροι του κτιριακού κελύφους	568
13.2 Οι σημαντικότερες παράμετροι του κτιριακού κελύφους και η συνδυασμένη επίδραση αυτών	576
13.3 Το «ψευδοαδιαβατικό» κέλυφος	578

Μέρος Δεύτερο

Εισαγωγή	583
14. Θερμική συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας για την 21^η Ιανουαρίου	584
14.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας στιγμιαίας ηλιακής ακτινοβολίας κεκλιμένης επιφάνειας, G_T	584
14.1.1 Υπολογισμός στιγμιαίας αμέσου και διαχύτου ηλιακής ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου, G_b και G_d	585
14.1.2 Υπολογισμός του λόγου της αμέσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζόντιο επιπέδου, R_b	588
14.2 Ηλιακό θερμικό κέρδος υαλοπινάκων.....	597
14.3 Αρνητικό φορτίο υαλοπινάκων δι' αγωγής	601
14.3.1 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, T_o-T_i	602
14.4 Το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των υαλοπινάκων	607
14.5 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων	612
14.5.1 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , των τοίχων	612
14.5.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_e-T_i για κατακόρυφες επιφάνειες.....	613
14.6 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής.....	621
14.6.1 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{hor} , της οροφής	621
14.6.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_e-T_i για οριζόντια επιφάνεια	622

14.7 Ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης κα διείσδυσης αέρα	626
14.7.1 Υπολογισμός της παροχής εξωτερικού αέρα	626
14.7.2 Υπολογισμός της διαφοράς ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα	627
14.8 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21 ^η Ιανουαρίου	631
15. Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης	633
15.1 Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για σταθερές τιμές των παραμέτρων k_i και U_i	633
15.1.1 Συμπεράσματα	638
15.2 Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για σταθερές τιμές των παραμέτρων P_i και w_i	641
15.2.1 Συμπεράσματα	648
15.3 Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για βελτιωμένη κατανομή υαλοπινάκων .	650
15.3.1 Συμπεράσματα	657
15.4 Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ της μεθόδου που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία και της μεθόδου που εφαρμόστηκε σε δημοσίευση όπου μελετάται η επίδραση του συνδυασμού της μόνωσης και των υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων	658
Σύνοψη	662
Βιβλιογραφία.....	665

Μέρος Πρώτο

Εισαγωγή

Το κτιριακό κέλυφος είναι το φυσικό διαχωριστικό μεταξύ του εσωτερικού χώρου όπου οι άνθρωποι περνούν τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Σκοπός του είναι να διευκολύνει τον έλεγχο του εσωτερικού κλίματος έτσι ώστε να δημιουργείται ένα άνετο και ευχάριστο εσωτερικό περιβάλλον για τους χρήστες σε όλες τις εποχές του χρόνου. Ο ρόλος του αυτός θα πρέπει να εξασφαλίζεται πάντα σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο και αντιστρόφως έτσι ώστε να γίνεται ορθολογική χρήση της ενέργειας. Στην κατεύθυνση αυτή, συνεπώς, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε όλους τους παράγοντες που επιδρούν και καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους, έτσι ώστε να μπορούμε να ελέγξουμε και να μειώσουμε την ενεργειακή του κατανάλωση ικανοποιώντας πάντα τις συνθήκες εσωτερικής άνεσης.

Αρχικά, λοιπόν, αναπτύσσεται το αναγκαίο γνωστικό υλικό ώστε να γίνει κατανοητή η έννοια του κτιριακού κελύφους και η αναγκαιότητα της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, ενώ παράλληλα παρουσιάζεται και το θεσμικό πλαίσιο που στοχεύει στον έλεγχο και στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Στη συνέχεια, προσδιορίζονται οι συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος οι οποίες εξασφαλίζουν την άνετη και υγιή διαβίωση των χρηστών του κτιρίου και εισάγονται οι βασικές έννοιες που σχετίζονται με τον εξωτερικό περιβάλλον του κτιριακού κελύφους.

Ακολουθεί η περιγραφή των τρόπων μεταφοράς θερμότητας και παρουσιάζεται η έννοια και ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων δεδομένου ότι η γνώση του είναι αναγκαία για την εκτίμηση και τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών διαμέσου των δομικών στοιχείων του κελύφους. Έπειτα, γίνεται αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας τυπικών εξωτερικών τοιχοποιιών, κολόνων και δοκών, οροφών και δαπέδων που δύνανται να συνθέσουν το ελληνικό κτιριακό κέλυφος, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των δομικών αυτών στοιχείων αντίστοιχα, όπου δίνονται πληροφορίες πάνω στη δομή, στα χαρακτηριστικά και στη συμπεριφορά τους καθώς επίσης περιγράφονται και τα επιμέρους δομικά υλικά που τα συνθέτουν και οι θερμοφυσικές ιδιότητες αυτών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η σημασία της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους και γίνεται περιγραφή των ιδιοτήτων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των μονωτικών υλικών που δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την θερμική προστασία των αδιαφανών δομικών στοιχείων. Ακολουθεί η περιγραφή της έννοιας και της σημασίας της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων δεδομένου ότι επηρεάζει τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου και παρουσιάζεται η λειτουργία του κτιριακού κελύφους ως αποθήκη θερμότητας. Επιπλέον, περιγράφεται η γενικότερη επίδραση του τρόπου θερμομόνωσης των αδιαφανών δομικών στοιχείων δεδομένου ότι κατά ένα σημαντικό μέρος ο τρόπος θερμομόνωσης αυτών συνδέεται με την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας τους.

Έπειτα, γίνεται περιγραφή των διαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους, δηλαδή των κουφωμάτων (πλαισίων και υαλοπινάκων), παρουσιάζεται η βασική λειτουργία των υαλοπινάκων, περιγράφονται τα διάφορα είδη των πλαισίων και των υαλοπινάκων που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, αναλύονται τα θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των κουφωμάτων και παρουσιάζεται η συμβολή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Ακόμη, σημαντική κρίνεται και περιγράφεται η υγρομόνωση της κτιριακής κατασκευής με την έννοια της προστασίας των δομικών στοιχείων και των υλικών που τα συνθέτουν, από την προσβολή τους από κάθε πιθανό νερό ή από την συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών, καθώς στην περίπτωση προσβολής των δομικών στοιχείων και υλικών από την υγρασία εκτός των άλλων μειώνεται και η θερμομονωτική τους ικανότητα.

Βασικός, επίσης, παράγοντας για την επίτευξη της βέλτιστης ενεργειακής λειτουργίας του κτιρίου, ο οποίος αναλύεται στη συνέχεια, είναι και ο ορθός σχεδιασμός αυτού ο οποίος πρέπει να γίνεται με κατεύθυνση την βέλτιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, τη διασφάλιση του απαραίτητου φυσικού αερισμού του κτιρίου και την αξιοποίηση του φυσικού φωτός. Στη συνέχεια, γίνεται συγκεντρωτική παρουσίαση των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών και ακολουθεί μελέτη της επίδρασης των υλικών των δομικών στρώσεων, που συνθέτουν ένα δομικό στοιχείο, στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτού μέσω της τιμής της θερμικής

αντίστασης αυτών αλλά και της πιθανότητας μεταβολής αυτής της τιμής λόγω της μεταβολής του πάχους τους ή/και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους. Άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους και τις ροές θερμότητας διαμέσου αυτού περιγράφονται στη συνέχεια όπως, οι θερμογέφυρες, οι συντελεστές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας των τελικών επιφανειών των δομικών στοιχείων στην ηλιακή ακτινοβολία, ο συντελεστής εκπομπής των υλικών στη θερμική ακτινοβολία, η σκίαση και ο αερισμός του κτιρίου.

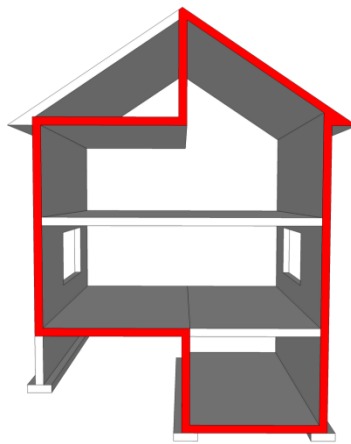
Τέλος, γίνεται μία συγκεντρωτική ποιοτική παρουσίαση των παραμέτρων του κτιριακού κελύφους. Γίνεται κατανοητό ότι η μόνωση και οι υαλοπίνακες με τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη αποτελούν τους σημαντικότερους κατασκευαστικούς παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Ακολουθεί, λοιπόν, αναφορά σε θεωρητική βάση στην επίδραση του συνδυασμού των παραμέτρων των δυο αυτών στοιχείων στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων βάσει αποτελεσμάτων μελέτης που έχουν παρουσιασθεί σε δημοσίευση. Τέλος, εισάγεται η έννοια του ψευδοαδιαβατικού κελύφους και, επίσης, παρουσιάζονται οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων για τους οποίους καθίσταται το κέλυφος ψευδοαδιαβατικό, σύμφωνα και πάλι με αποτελέσματα μελέτης που έχουν δημοσιευθεί.

1. Το κτιριακό κέλυφος και η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας

1.1 Το κτιριακό κέλυφος

Το κτιριακό κέλυφος, γνωστό και ως περίβλημα κτιρίου, είναι το φυσικό διαχωριστικό μεταξύ του εσωτερικού χώρου όπου οι άνθρωποι περνούν τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στην ουσία, στο κτιριακό κέλυφος περιλαμβάνονται τα τμήματα του κτιρίου που παρεμβάλλονται μεταξύ ενός κλιματιζόμενου και ενός μη κλιματιζόμενου χώρου ή του εξωτερικού περιβάλλοντος. Σκοπός του είναι σε συνεργασία με τα μηχανικά συστήματα κλιματισμού να διευκολύνει τον έλεγχο του εσωτερικού κλίματος έτσι ώστε να δημιουργείται ένα άνετο και ευχάριστο εσωτερικό κλίμα για του κατοίκους σε όλες τις εποχές του χρόνου. [1,2] Ενεργώντας ως ένα θερμικό φράγμα, το κέλυφος του κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας και βοηθά στο να καθοριστεί το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για να διατηρηθεί η θερμική άνεση. [3]

Τα δομικά στοιχεία του κτιρίου που συνθέτουν και ορίζουν το κτιριακό κέλυφος είναι τα θεμέλια ή τα δάπεδα, η οροφή, οι εξωτερικοί τοίχοι, οι πόρτες και τα παράθυρα. Οι διαστάσεις των δομικών στοιχείων και υλικών, η απόδοση και συμβατότητα των υλικών, η διαδικασία κατασκευής, οι συνδέσεις των δομικών στοιχείων και οι αλληλεπιδράσεις των υλικών είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα και την αντοχή του κτιριακού κελύφους. [1]



Σχήμα 1.1: Το κτιριακό κέλυφος [4]

Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους αποτελεί ένα εξειδικευμένο τομέα της αρχιτεκτονικής και της μηχανικής και η μελέτη του συνδέεται τόσο με τον τομέα του ελέγχου του εσωτερικού κλίματος όσο και με τους διάφορους τομείς της επιστήμης των κτιρίων. Το κτιριακό κέλυφος παρουσιάζει τρεις βασικές λειτουργίες:

- Μεταφέρει τα μηχανικά φορτία του
- Ελέγχει τη ροή της ύλης και της ενέργειας από και προς το εσωτερικό περιβάλλον
- Καλύπτει τις επιθυμίες των ανθρώπων όσον αφορά την αισθητική διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων και των εξωτερικών όψεων του κτιρίου

Η λειτουργία του κτιριακού κελύφους όσον αφορά τον έλεγχο της ροής της ύλης και της ενέργειας αποτελεί τη σημαντικότερη λειτουργία αυτού καθώς βάσει αυτής εξαρτάται η καλή απόδοση του κτιρίου και στην ουσία, επικεντρώνεται, κατά σειρά σπουδαιότητας, στον έλεγχο :

- Της προστασίας από τη βροχή
- Της κυκλοφορίας του αέρα
- Της μεταφερόμενης θερμότητας από και προς το εσωτερικό περιβάλλον
- Των αναπτυσσόμενων ή διαχεόμενων υδρατμών

Η προστασία του κελύφους από τη βροχή μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλες αρχιτεκτονικές και κατασκευαστικές λύσεις. Ο έλεγχος της ροής του αέρα είναι σημαντικός έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η

κατάλληλη ποιότητα του εσωτερικού αέρα, να ελέγχεται η κατανάλωση ενέργειας, να αποφευχθεί η πιθανότητα συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών ώστε να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα του κελύφους, καθώς και να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις άνεσης των χρηστών του κτιρίου. [1] Η πιθανότητα συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων εξαρτάται από τις συνθήκες του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και από τις θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών και ο έλεγχος της γίνεται από κατάλληλη μελέτη.[5]

Η μεταφερόμενη θερμότητα μέσω του κελύφους επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως από τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους, από τον προσανατολισμό του κτιρίου, από το εξωτερικό φυσικό περιβάλλον και από τα κλιματικά δεδομένα. Ο έλεγχος της μεταφερόμενης θερμότητας από και προς το εξωτερικό περιβάλλον αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τον σχεδιασμό του κελύφους. Βάσει αυτού, το κέλυφος πρέπει να κατασκευάζεται έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τη μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο και αντιστρόφως.[2] Η ελαχιστοποίηση της μεταφοράς θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της ανάγκης για θέρμανση και ψύξη χώρων. Σε ψυχρά κλίματα, το κέλυφος του κτιρίου μπορεί να μειώσει την ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση, ενώ σε ζεστά κλίματα, μπορεί να μειώσει την ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται για την ψύξη. [3]

Γενικά, τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται σε κάθε περίπτωση για την εξασφάλιση της αποτελεσματικότητας του κτιριακού κελύφους στοχεύουν στη φυσική προστασία του κελύφους από τις καιρικές και κλιματικές συνθήκες, στην καλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα για τη διασφάλιση της προσωπικής και δημόσιας υγείας, στην ανθεκτικότητα και στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.[1]

1.2 Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια

Πολλοί παράγοντες συνηγορούν στην εξεύρεση λύσεων για την ορθολογικότερη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια και στην αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας. Η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών. Ιδίως με τη διαρκή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των κτιρίων συνεχώς αυξάνει. Η αύξηση είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό στα κτίρια μας. [6]

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα τόσο τη σημαντική οικονομική επιβάρυνση λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας όσο και τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους. [7]

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε με μεγαλύτερο ρυθμό από το 1990. Η κύρια αύξηση προέρχεται από τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα. Ειδικά ο οικιακός τομέας ήταν το 2006 ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας με 177 TWh ετήσια κατανάλωση. Πρόκειται για ποσοστιαία αύξηση της τάξης του 94% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, όταν η κατανάλωση του οικιακού τομέα ήταν 91 TWh. Ενώ η βιομηχανία ήταν ο μεγαλύτερος καταναλωτής το 1990 με κατανάλωση 121 TWh, το 2006 έπεσε στην 3η θέση με κατανάλωση 15 TWh και ποσοστό αύξησης 24% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Ο τριτογενής τομέας έχει πλέον μεγαλύτερη κατανάλωση από τον βιομηχανικό τομέα. Σημείωσε δε κατανάλωση της τάξης των 175 TWh το 2006, σε σύγκριση με 56 TWh το 1990 παρουσιάζοντας μέσο ρυθμό αύξησης 77% το χρόνο και 215% συνολική αύξηση. [6]

Το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Συγχρόνως, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, που αναπόφευκτα συνοδεύουν την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων, θεωρούνται υπεύθυνες για τη ρύπανση του περιβάλλοντος και για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», που τον αιώνα που διανύουμε ενδέχεται να επηρεάσει δυσμενώς τις κλιματολογικές συνθήκες οι οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιμετωπιστούν. Μάλιστα, υπολογίζεται ότι τα κτίρια στη χώρα μας ευθύνονται για πάνω από το 45% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO²). [6]

Η θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα βασίζεται κυρίως στην χρήση του πετρελαίου. Για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος, ο λιγνίτης παραμένει το κατεξοχήν καύσιμο συμμετέχοντας κατά 69%, ενώ με την

κατανάλωση πετρελαίου παράγεται περίπου το 20% του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου (ποσοστά του 1996). Το υπόλοιπο 11% του ηλεκτρικού φορτίου καλύπτεται με τις υδατοπτώσεις και παράγεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια. [6]

Στην χώρα μας, ο γενικός εκσυγχρονισμός συνοδευόμενος με την αδιαφορία για την εξοικονόμηση ενέργειας, οδήγησαν σε υπέρμετρες καταναλώσεις στον τομέα των κτιρίων και των υπηρεσιών. Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κατοικιών, παρόλο που είναι μια χώρα με ήπιο κλίμα, κατέχει σημαντικό μέρος της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης (70%). Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και την ψύξη ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Τέλος, το υπόλοιπο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στην παραγωγή ζεστού νερού. [6,7]

Βάσει λοιπόν, της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας που παρουσιάζουν τα κτίρια αλλά και του ποσοστού συμμετοχής τους στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα καθίσταται φανερή η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Για το λόγο αυτό θεσπίστηκαν πρότυπα και κανονισμοί στη χώρα μας, όπως κυριότερο τον Κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Οι κανονισμοί αυτοί καθόρισαν όρια και έθεσαν νέα πρότυπα για τον συνολικό σχεδιασμό των κτιρίων και των επί μέρους συστημάτων που τα απαρτίζουν, ενώ άλλαξαν τον τρόπο αντιμετώπισης του κτιριακού κελύφους. Έτσι, η μέχρι πρότινος τακτική, [8] το κέλυφος των κτιρίων να σχεδιάζεται από τους αρχιτέκτονες μηχανικούς με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στην ικανοποίηση πολλών παραγόντων, κατασκευαστικών και αισθητικών, διαμορφώθηκε εκ νέου με τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του. Η στροφή που παρατηρήθηκε στο σχεδιασμό των κτιρίων με την εστίαση της προσοχής και στο κέλυφός τους έλαβε χώρα και μετά την συνειδητοποίηση του αδιαμφισβήτητου πλέον γεγονότος ότι για τα περισσότερα κτίρια το κέλυφός τους διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο στην ενέργεια που καταναλώνεται για τον κλιματισμό τους. [8]

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν. Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να αφορούν:

- Το κτιριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα)
- Τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (π.χ. χρήση βλάστησης)
- Τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές
- Την ορθολογική χρήση του κτιρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας) [7]

1.3 Ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή απεξάρτηση από τρίτες χώρες και η αναγκαιότητα αναβάθμισης του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος οδήγησαν την Ευρώπη στην έκδοση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/EK περί ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Η χώρα μας, ως όφειλε απέναντι στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κυρίως απέναντι στους πολίτες της, εναρμόνισε την εθνική μας νομοθεσία με την Κοινοτική Οδηγία, σύμφωνα με τον Νόμο 3661/2008. Προϋπόθεση για την εφαρμογή του Νόμου υπήρξε η έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. [9]

Ο ΚΕνΑΚ στοχεύει στη διαμόρφωση του πλαισίου αρχών και στον καθορισμό των όρων και των προϋποθέσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ειδικότερα, σκοπό του ΚΕνΑΚ αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Για τους σκοπούς αυτούς: [10]

- Ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ΖΝΧ.
- Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.
- Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων, των υπό μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων
- Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η οποία θα πρέπει να εκπονεύεται για κάθε νέο κτίριο, καθώς και για κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά.
- Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει.
- Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Οι βασικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι οι εξής:

- Η χρήση του κτιρίου, οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και ο αριθμός χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.α.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.α.).
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.α.).
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης, ψύξης/κλιματισμού, μηχανικού αερισμού και παραγωγής ΖΝΧ.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Στις ελάχιστες προδιαγραφές των κτιρίων, σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ συμπεριλαμβάνονται ο σχεδιασμός των κτιρίων και τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους.

Όσον αφορά τον σχεδιασμό των κτιρίων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράμετροι:

- Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών.
- Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.
- Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού.
- Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).
- Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των παθητικών ηλιακών συστημάτων
- Ηλιοπροστασία.
- Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού.
- Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού.

Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου πρέπει να είναι θερμομονωμένα και να πληρούν τους περιορισμούς θερμομόνωσης, όπως ορίζονται στον παρακάτω πίνακα 1.1. Στον πίνακα αυτό ορίζεται ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου κατά κλιματική ζώνη.[10] Η έννοια και ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3, ενώ οι τέσσερις κλιματικές ζώνες στις οποίες διαιρείται η ελληνική επικράτεια παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2.

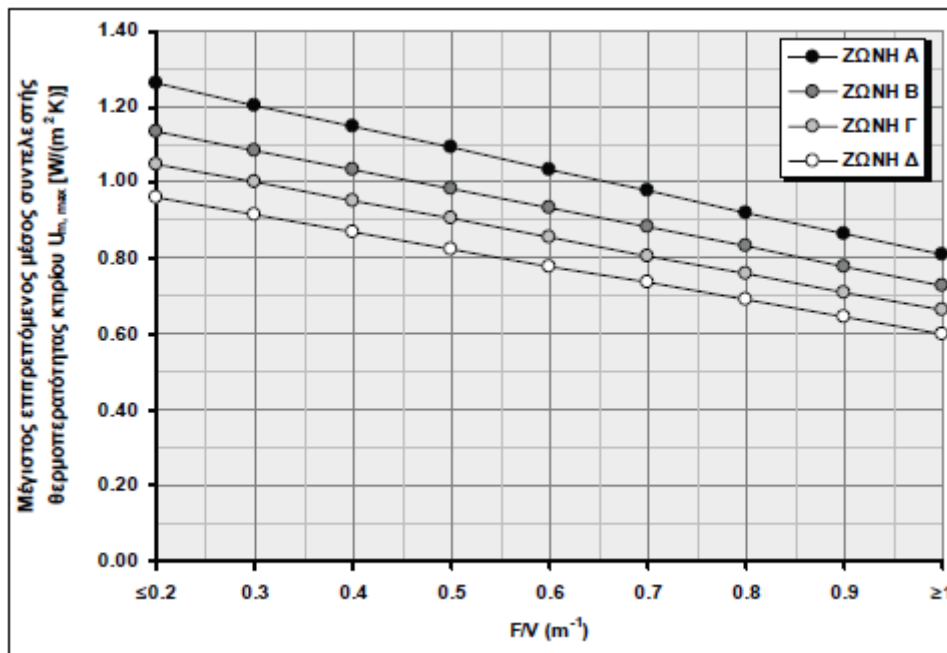
Πίνακας 1.1: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, κατά κλιματική ζώνη [11]

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Επιπλέον, σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ ορίζεται ότι η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου δεν υπερβαίνει τα όρια που δίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.2 και στο διάγραμμα (Σχήμα 1.2). Στον πίνακα και στο διάγραμμα αυτό ορίζεται ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_m) κατά κλιματική ζώνη και συναρτήσει του λόγου F/V (m⁻¹) δηλαδή του λόγου του εμβαδού προς τον όγκο του κτιρίου. [11] Η έννοια και ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) και του λόγου F/V παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 12.

Πίνακας 1.2: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_m) κατά κλιματική ζώνη [10]

F/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U _m) σε W/(m ² K)			
	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



Σχήμα 1.2:Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_m) κατά κλιματική ζώνη [10]

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ καθορίζονται οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Οι κατηγορίες για την ενεργειακή ταξινόμηση των κτιρίων δίνονται στον Πίνακα 1.3. Ο δείκτης R_R λαμβάνεται ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, τα χαρακτηριστικά του οποίου ορίζονται από τον ΚΕνΑΚ. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης. Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης Β. Κτίρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία. [10]

Πίνακας 1.3 :Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων [10]

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

2. Το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον

2.1 Οι συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος

Η ύπαρξη των κτιρίων, είτε αυτά εξυπηρετούν ως χώροι διαβίωσης είτε ως χώροι εργασίας, έχει ως στόχο να υποβοηθήσει την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς και να παρέχει προστασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. [12] Οι εσωτερικοί χώροι ενός κτιρίου πρέπει να πληρούν τις απαιτούμενες συνθήκες καλής ποιότητας εσωκλίματος, να προσφέρουν δηλαδή στους χρήστες του κτιρίου: [13]

- Θερμική άνεση
- Οπτική άνεση
- Ακουστική άνεση
- Καλή ποιότητα αέρα [13]

Οι τέσσερις αυτές παράμετροι αποτελούν τις σημαντικότερες συνισταμένες που επηρεάζουν την ευεξία του ανθρώπου και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. [6,13] Παράλληλα οποιαδήποτε μελέτη γύρω από το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου πρέπει να λαμβάνει υπόψη της και τους χρήστες, καθώς ο καθένας αντιλαμβάνεται διαφορετικά το εσωκλίμα. [12]

Στόχος μας είναι η επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών εσωκλίματος, έτσι ώστε ο χρήστης των χώρων αυτών να βρίσκεται σε ένα περιβάλλον που προσφέρει τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης ή εργασίας με ορθολογική χρήση ενέργειας, έτσι ώστε να μειωθεί το ενεργειακό κόστος. [13]

2.1.1 Η θερμική άνεση

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτιρίου. [9] Παράλληλα, το κέλυφος των κτιρίων συμβάλλει στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο, με το να αξιοποιεί τα θετικά κατά περίπτωση κλιματικά στοιχεία και να αποτρέπει τα επιζήμια. [6] Αν και στον ορισμό της θερμικής άνεσης πολλές φορές εμπίπτουν και υποκειμενικοί παράγοντες, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι η κατάσταση ικανοποίησης που εκφράζει ο ανθρώπινος παράγοντας όντας σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του. [14]

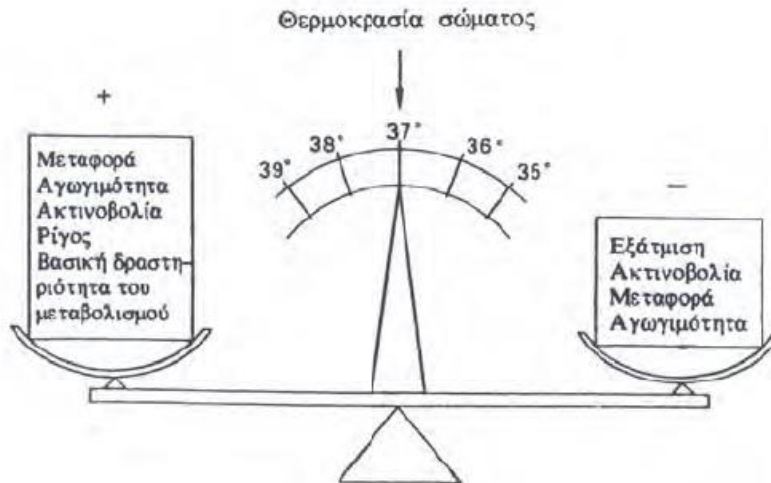
Έξι σημαντικοί παράγοντες που λειτουργούν αλληλένδετα μεταξύ τους σαν ένα σύστημα, που επηρεάζεται όμως και από ψυχολογικούς παράγοντες, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται σε προσωπικούς (βαθμός ένδυσης και μεταβολισμός) και σε περιβαλλοντικούς (θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία περιβαλλουσών επιφανειών, ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία). Άλλοι παράγοντες, που είναι λιγότερο προφανείς και έμμεσα επηρεάζουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης, είναι η ηλικία και το φύλο, το μέγεθος του σώματος και το βάρος, η ικανότητα εγκλιματισμού και προσαρμογής, η κατάσταση της υγείας, η διαιτητική, το επίπεδο φωτισμού, ακόμη το χρώμα και η διακόσμηση. [6]



Σχήμα 2.1: Βασικές παράμετροι θερμικής άνεσης [6]

➤ Ο ανθρώπινος παράγοντας

Όταν οι κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος είναι ευνοϊκές, το σώμα αποβάλλει την πλεονάζουσα θερμότητα με την ακτινοβολία, την αγωγιμότητα, την κυκλοφορία του αέρα, την εξάτμιση του ιδρώτα και την αναπνοή. Το θερμορρυθμιστικό σύστημα λειτουργεί με το ελάχιστο έργο και το άτομο αισθάνεται “θερμικά άνετα”. Σε δυσμενείς όμως συνθήκες όπως, όταν επικρατεί πολύ “κρύο” ή πολύ “ζέστη”, το σώμα χάνει πολύ περισσότερη από όση θα έπρεπε θερμότητα ή αντίστοιχα αδυνατεί να αποβάλει το πλεόνασμα της παραγόμενης θερμότητας, και τότε δεν υπάρχει “θερμική άνεση”. [6]



Σχήμα 2.2: Παραγωγή θερμότητας από το άτομο και ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον για τη διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου του ατόμου [6]

• Ο μεταβολικός ρυθμός

Οι άνθρωποι έχουν διαφορετικούς ρυθμούς μεταβολισμού οι οποίοι παρουσιάζουν διακυμάνσεις που μπορεί να οφείλονται στο επίπεδο δραστηριότητας και στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι διατροφικές συνήθειες μπορούν επίσης, να επηρεάζουν τον μεταβολικό ρυθμό και έμμεσα, λοιπόν, τις προτιμήσεις θερμικής άνεσης. [15] Μεταβολισμός είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων, που συμβαίνουν στο σώμα με σκοπό να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία 37°C περίπου. [16]

Ο μεταβολισμός και οι λοιπές δραστηριότητες του ανθρώπινου σώματος οδηγούν σχεδόν πάντα σε έκλυση θερμότητας η οποία στη συνέχεια θα πρέπει με κάποιο τρόπο να διοχετευτεί στο περιβάλλον. Έτσι, ρυθμίζεται η θερμοκρασία του σώματος μέσα σε επιτρεπτά επίπεδα. Όταν η θερμότητα που εκλύεται εσωτερικά δεν απάγεται προς το περιβάλλον με επαρκείς ρυθμούς τότε έχουμε άνοδο της εσωτερικής θερμοκρασίας δηλαδή υπερθερμία. Στην περίπτωση που οι θερμικές απώλειες είναι μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες τότε έχουμε υποθερμία δηλαδή εσωτερική θερμοκρασία μικρότερη από την κανονική. Η θερμοκρασία του δέρματος για την επίτευξη θερμικής άνεσης σε περιπτώσεις καθιστικής εργασίας είναι 33 με 34 °C με τιμές που ελαττώνονται όσο αυξάνεται η δραστηριότητα. Σε αντίθεση με την επιδερμική θερμοκρασία η εσωτερική αυξάνει, αυξανόμενης της δραστηριότητας. Το κέντρο ρύθμισης της θερμοκρασίας που βρίσκεται στον εγκέφαλο είναι στους 36,8 °C απουσία κάθε είδους δραστηριότητας, αυξάνει στους 37,4 °C για ελαφρύ περπάτημα και αγγίζει τους 37,9 °C για τρέξιμο.

Η θερμότητα που παράγεται από κάποιο ενήλικα σε κατάσταση ακινησίας/ ανάπαυσης είναι περίπου 100W. Επειδή το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της θερμότητας μεταφέρεται προς το περιβάλλον διαμέσου του δέρματος είναι πολύ συχνά βολικό να χαρακτηρίζουμε αυτή τη μεταβολική δραστηριότητα με όρους παραγωγής θερμότητας ανά μονάδα επιφάνειας του δέρματος. Σε αυτή τη περίπτωση και θεωρώντας ότι ένας μέσος ενήλικας έχει επιφάνεια δέρματος 1,8m² (1,6m² για τις γυναίκες) καταλήγουμε σε μεταβολική παραγωγή θερμότητας της τάξης των 58W/m² (1met) σε κατάσταση ακινησίας/ ανάπαυσης. Υψηλότεροι μεταβολικοί ρυθμοί υπολογίζονται σχεδόν πάντα σε σχέση με τη μονάδα met και τη κατάσταση που αναφέραμε παραπάνω. Κατά συνέπεια για άτομο που εργάζεται, για παράδειγμα, με μεταβολικούς ρυθμούς

πενταπλάσιους της κατάστασης ανάπαυσης μπορούμε να πούμε ότι ο ρυθμός παραγωγής της εσωτερικής του ενέργειας είναι 5met.

Στην περίπτωση της συνεχιζόμενης πτώσης της εσωτερικής θερμοκρασίας πρέπει να γίνει παραγωγή επιπρόσθετης θερμότητας διαμέσου της σύσπασης των μυών. Τα ρίγη όπως συνηθίζουμε να τα λέμε μπορούν να αυξήσουν την παραγόμενη θερμότητα σε σχέση με αυτή που παράγεται σε κατάσταση ακινησίας, φτάνοντας μέχρι και τα 4,5met. Όταν η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος ανέβει σε υψηλά επίπεδα τότε έχουμε τη λεγόμενη εφίδρωση. Η διαδικασία αυτή είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διατήρηση της θερμικής άνεσης σε περιπτώσεις υψηλού μεταβολικού ρυθμού. Αυτός ο μηχανισμός άμυνας του οργανισμού απέναντι στις υψηλές θερμοκρασίες έχει σαν σκοπό να ψύξει την επιφάνεια του δέρματος λόγω της εξάτμισης του ιδρώτα και κατά συνέπεια να αυξήσει τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του σώματος προς το περιβάλλον. Αν η σχετική υγρασία του αέρα δεν είναι σε υψηλά επίπεδα τότε η εξάτμιση θα γίνει άμεσα. Από την άλλη πλευρά, πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η αίσθηση της άνεσης ελαττώνεται σημαντικά φτάνοντας στα επίπεδα της ενόχλησης όταν το ποσοστό εφίδρωσης αυξηθεί πέρα του 25% της επιφάνειας του σώματος για περιπτώσεις ανάπαυσης ή καθιστικής εργασίας. Τέλος, στις περιπτώσεις όπου μετά από συνεχείς εφιδρώσεις παρουσιάζεται υψηλότερο από το κανονικό υγρασία δέρματος, για να επιτύχουμε μεγαλύτερο ποσοστό εξάτμισης του ιδρώτα θα πρέπει η σχετική υγρασία του αέρα να είναι ακόμη μικρότερη και η ταχύτητα του αέρα ακόμη μεγαλύτερη. [14]

- Η ένδυση

Η ένδυση έχει σημαντική επίδραση στη θερμική άνεση καθώς δημιουργεί μια θερμική αντίσταση στην ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και της γύρω ατμόσφαιρας και συνεπώς επηρεάζει τη θερμική ισορροπία του ανθρώπου. [15,16] Η ένδυση μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση ενός ανθρώπου ζεστού είτε την ίδια στιγμή, σε περίπτωση υψηλής φυσικής δραστηριότητας, να εμποδίσει την απώλεια θερμότητας και να οδηγήσει σε υπερθέρμανση του ατόμου. Όσο παχύτερο είναι το ρούχο, τόσο μεγαλύτερη ικανότητα μόνωσης έχει. Ανάλογα, βέβαια, με το είδος του υλικού, η κίνηση του αέρα και η σχετική υγρασία μπορούν να μειώσουν την μονωτική του ικανότητα. Η μονάδα μέτρησης της μόνωσης που παρέχει η ένδυση στο ανθρώπινο σώμα είναι το 1 clo (=0,155m²K/W). Το 1 clo είναι το ποσό της μόνωσης που απαιτείται για να κρατήσει ένα άτομο ζεστό σε ώρα ανάπαυσης σε ένα απάνεμο δωμάτιο 21,1°C. [15]

Τέλος, το σχήμα του ανθρώπινου σώματος είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική άνεση. Η διάχυση της θερμότητας εξαρτάται από την επιφάνεια του σώματος. Ένας ψηλός και αδύνατος άνθρωπος που έχει μεγαλύτερη αναλογία επιφάνειας προς όγκο, μπορεί να απομακρύνει τη θερμότητα πιο εύκολα, και μπορεί να ανεχθεί υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι ένας άνθρωπος με ένα στρογγυλεμένο σχήμα του σώματος. [15]

- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες

Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές εξαρτώνται άμεσα από το σχεδιασμό του κτιρίου (αρχιτεκτονικό και μηχανολογικό). Ο ρόλος του μελετητή είναι να δημιουργήσει τις βέλτιστες κατά το δυνατόν εσωκλιματικές συνθήκες για την ικανοποίηση του αισθήματος της άνεσης του χρήστη. [6] Αναλυτικότερα, οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι οι εξής:

- Η θερμοκρασία του αέρα

Η εσωτερική θερμοκρασία είναι η βασικότερη παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι σαφές ότι, δεδομένης της υποκειμενικότητας του επιπέδου της θερμικής άνεσης και των επιλογών του εκάστοτε χρήστη, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων μπορεί να ποικίλλει. [9] Κατά την ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21.5 και 25°C (με σχετική υγρασία 50%). [6] Ωστόσο, για τις ανάγκες της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου έχουν καθοριστεί σε εθνικό επίπεδο τα επιθυμητά όρια εσωτερικής θερμοκρασίας ανά χρήση για τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, τα οποία παρουσιάζονται σε τεχνικές οδηγίες. Αυτό έγινε στη βάση της επίτευξης της θερμικής άνεσης με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. [9]

Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό ενός χώρου επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους όπως από το εξωτερικό περιβάλλον, τον προσανατολισμό του κτιρίου, τα υλικά κατασκευής αυτού και τα υλικά

θερμομόνωσης, από τον τρόπο αερισμού του κτιρίου, από τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες παράγουν θερμότητα και από τον σχεδιασμό των διαφόρων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου.[12]

Ένα πρόβλημα που συνδέεται με τη θερμοκρασία του αέρα είναι η διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας σε ένα χώρο που οφείλεται στη διαφορά της πυκνότητας του θερμού και ψυχρού αέρα. Το φαινόμενο αυτό βελτιώνεται ή γίνεται δυσμενέστερο, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα του χώρου, την κατασκευή του περιβλήματος, τον τύπο του θερμαντικού συστήματος που χρησιμοποιείται και από τη μέση θερμοκρασία που ακτινοβολείται από τις περιβάλλουσες επιφάνειες του χώρου. [6]

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι το θερμικά ουδέτερο περιβάλλον, όταν δηλαδή ο ένοικος δεν επιθυμεί ούτε θερμότερο ούτε ψυχρότερο περιβάλλον, είναι μια αναγκαία συνθήκη για θερμική άνεση. Ωστόσο, η επίτευξη της θερμικής ουδετερότητας δεν εξασφαλίζει την θερμική άνεση, [16] εάν ένα τμήμα του σώματος είναι θερμό και άλλο ψυχρό (τοπική θερμική δυσφορία). Άλλωστε είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία του δέρματος των διαφόρων τμημάτων του σώματος είναι διαφορετική. [6]

- Η σχετική υγρασία των εσωτερικών χώρων

Σχετική υγρασία (εκφράζεται ως εκατοστιαίο ποσοστό) είναι ο λόγος της ποσότητας της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε ο αέρας, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. [16] Η σχετική υγρασία επηρεάζει το αίσθημα της θερμικής άνεσης καθώς επιδρά στην εξάτμιση από το δέρμα, η οποία αποτελεί τον κύριο τρόπο να αποβάλλει το σώμα θερμότητα σε υψηλές θερμοκρασίες, συνήθως από 26°C. [15] Συνδυασμός υψηλής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας αέρα δημιουργεί θερμική δυσφορία. Αυξάνοντας τη σχετική υγρασία από 20% σε 60%, η θερμοκρασία του αέρα πρέπει να μειωθεί περίπου κατά 1K, για να διατηρηθεί το ίδιο αίσθημα άνεσης. Γενικά, το άτομο αισθάνεται την υγρασία όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από 20°C, ή υψηλότερη από 25°C. [6]

Για το βέλτιστο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτίρια, εγκαθίστανται συστήματα κλιματισμού, στα οποία εκτός της θερμοκρασίας του αέρα, ελέγχεται και ρυθμίζεται και η σχετική του υγρασία. Εξαιρέση αποτελούν τα τοπικά και ημικεντρικά συστήματα κλιματισμού (αντλίες θερμότητας άμεσης εξάτμισης, διαιρούμενου ή ενιαίου τύπου, τοπικές και ημικεντρικές), που συνήθως χρησιμοποιούνται σε κατοικίες και σε μικρής σχετικά κλίμακας εφαρμογές. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο έλεγχος των τιμών της σχετικής υγρασίας είναι δυνατός μόνο σε λειτουργία ψύξης. [9] Οι τιμές της σχετικής υγρασίας των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τη χρήση του χώρου, καθορίζονται σύμφωνα με εθνικά πρότυπα [9], προκειμένου να επιτευχθεί ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

- Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία των επιφανειών

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά τους (συγκεκριμένα τους συντελεστές εκπομπής στο μεγάλο μήκος κύματος), την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό. [9] Επηρεάζει την αίσθηση της θερμοκρασίας του αέρα, έτσι ώστε σε κάποιο βαθμό εξισορροπεί πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες αέρα. Πριν λίγες δεκαετίες, η θερμοκρασία του αέρα θεωρούνταν ο πιο σημαντικός δείκτης για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης, και σε πολλά διαγράμματα άνεσης θεωρείται ότι η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών είναι ίση με τη θερμοκρασία του αέρα. Μετά από σχετικές έρευνες κρίνεται πλέον αναγκαίο να συναξιολογείται και η θερμότητα που ακτινοβολείται από τις επιφάνειες, μιας και το αθροιστικό θερμικό αποτέλεσμα είναι εκείνο που πραγματικά αισθάνεται ο άνθρωπος και που επιδρά στο θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Στην τυπική αρχιτεκτονική πρακτική, θα πρέπει η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και των περιβαλλουσών επιφανειών να μην υπερβαίνει τους 3 με 4°C, και εξαρτάται από τη θέση και το μέγεθος των επιφανειών που περιβάλλουν τον χώρο και την ικανότητά τους να εκπέμπουν θερμότητα. [6]

Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας αμόνωντων δομικών στοιχείων είναι χαμηλότερη από αυτή των θερμομονωμένων. [6] Εφόσον ένα κτίριο είναι προσεκτικά μονωμένο, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πλησιάζει τη θερμοκρασία του χώρου. [16] Σαν αποτέλεσμα, η θερμοκρασία του χώρου ενός μονωμένου κτιρίου μπορεί να διατηρηθεί χαμηλότερη σε σχέση με μια αμόνωντη κατασκευή, παρέχοντας τον ίδιο βαθμό θερμικής άνεσης. Επισημαίνεται τέλος, ότι παράθυρα και τοίχοι θερμικής μάζας είναι επιφάνειες όπου εμφανίζονται μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αίσθημα μη θερμικής άνεσης προκαλείται είτε από χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες των υαλοστασίων, είτε από

μεγάλο ποσό θερμότητας που ακτινοβολείται από τα δομικά στοιχεία τα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, στη διάρκεια και μετά από περιόδους ηλιοφάνειας. [6]

- Η ταχύτητα του αέρα

Ο αέρας που κινείται απομακρύνει την επιπλέον θερμότητα από το σώμα, αυξάνοντας ή μειώνοντας το βαθμό μεταφοράς και εξάτμισης. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα δημιουργεί αίσθηση ψύχους που αυξάνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προκαλεί στο σώμα αίσθηση ζέστης και δροσισμού συγχρόνως. Πάντως το αποτέλεσμα του δροσισμού είναι ισχυρότερο από το αποτέλεσμα της θέρμανσης μέχρι περίπου 40°C θερμοκρασία αέρα, μετά από την οποία η υπερθέρμανση είναι μεγαλύτερη. Όταν η ταχύτητα του αέρα είναι μικρή η θερμική άνεση επηρεάζεται εξίσου από τη θερμοκρασία του αέρα και από τη μέση ακτινοβολούμενη από τις επιφάνειες. [6]

Προκειμένου να καθοριστούν οι τυπικές συνθήκες σχεδιασμού συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, θεωρούνται, ανάλογα με τη χρήση κάθε κτιρίου, σχεδόν σταθερές οι παράμετροι ένδυσης και δραστηριότητας των χρηστών, καθώς και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα, που ούτως ή άλλως πρέπει να διατηρούνται στα επιβαλλόμενα όρια, προκειμένου να μην υπάρξει δυσφορία εκ μέρους των χρηστών. Έτσι, οι απομένουσες παράμετροι, που θα διαμορφώσουν τη θερμική άνεση σε ένα χώρο, είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα και η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών. Ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και υπό την προϋπόθεση ότι η κατασκευή τηρεί τα σύγχρονα επιβαλλόμενα πρότυπα (θερμομονωτική προστασία στα δομικά στοιχεία, θερμομονωτικοί και αεροστεγανοί υαλοπίνακες κ.α.), η θερμοκρασία επιφανειών έχει τιμές συνήθως παραπλήσιες της θερμοκρασίας του αέρα. Απομένει τελικά να ελεγχθούν οι δύο βασικότερες παράμετροι, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα, και να προσαρμοσθούν αντίστοιχα από το σύστημα θέρμανσης (μόνον η θερμοκρασία του αέρα) ή κλιματισμού (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα), προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμική άνεση. Σε αυτή τη βάση, για κάθε κατηγορία κτιρίου και για κάθε ιδιαίτερη χρήση μέσα σε αυτό, καθορίζονται οι συνθήκες σχεδιασμού, προκειμένου να επιτυγχάνεται θερμική άνεση χωρίς σπατάλη ενέργειας. Ωστόσο, σε περιπτώσεις που απαιτείται, ο μελετητής ενός συστήματος, θα πρέπει, αξιολογώντας τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης, να προβεί σε μικρόπροσαρμογές των συνιστώμενων συνθηκών σχεδιασμού. [9]

2.1.2 Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα

Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι ένας όρος που αναφέρεται στην ποιότητα του αέρα μέσα και γύρω από τα κτίρια και σχετίζεται με την υγεία και την άνεση των χρηστών του κτιρίου. Μπορεί να επηρεαστεί από αέρια (όπως μονοξείδιο του άνθρακα, ραδόνιο, πτητικές οργανικές ενώσεις), μικροβιακές προσμειξεις (μούχλα, βακτήρια) ή και από άλλους παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν δυσμενείς συνθήκες για την υγεία.

Ο καπνός του τσιγάρου προσβάλλει τόσο τους ενεργούς καπνιστές όσο και τους παθητικούς καθώς διαδίδεται μέσω του αέρα ανεβάζοντας τα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα και με την εισπνοή περνά στον πνεύμονα.

Το ραδόνιο είναι ένα αόρατο, ραδιενεργά ατομικό φυσικό αέριο που προκύπτει από τη ραδιενεργό διάσπαση του ραδίου, το οποίο μπορεί να βρεθεί σε πετρώματα κάτω από κτίρια ή σε ορισμένα οικοδομικά υλικά με βάση τη πέτρα. Ευθύνεται για χιλιάδες θανάτους από καρκίνο του πνεύμονα. Για την πρόληψη και την αντιμετώπιση της έκθεσης των ανθρώπων στο αέριο αυτό απαιτείται η καλή μόνωση της κατοικίας, η ασφαλής κατασκευή θεμελίων και δαπέδων με πλάκα σπλισμένου σκυροδέματος και η αύξηση του αερισμού του κτιρίου.

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις όπως η ακρολεΐνη, η φορμαλδεΐδη, το βενζόλιο και πολλές άλλες που εκπέμπονται ως αέρια από ορισμένα υγρά ή στερεά, μπορεί να έχουν βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Οι ουσίες αυτές μπορεί να βρεθούν σε χρώματα, βερνίκια, είδη καθαρισμού,

φυτοφάρμακα, οικοδομικά υλικά και έπιπλα, εξοπλισμό γραφείου, όπως φωτοτυπικά μηχανήματα και εκτυπωτές, διορθωτικά υγρά καθώς και σε γραφικά υλικά όπως κόλλες και ανεξίτηλους μαρκαδόρους.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένας από τους πιο έντονα τοξικούς εσωτερικούς ρυπαντές, στερεί από τον εγκέφαλο το οξυγόνο, ενώ τα υψηλά επίπεδα του αερίου αυτού μπορεί να προκαλέσουν ναυτία, απώλεια αισθήσεων και θάνατο. Κοινές πηγές του μονοξειδίου του άνθρακα είναι το κάπνισμα, τα θερμαντικά σώματα που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, καθώς και τα καυσαέρια των αυτοκινήτων.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι ένα αέριο που εκπέμπεται από τον άνθρωπο και συσχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα μεταβολισμού. Όταν βρεθεί σε ασυνήθιστα υψηλά επίπεδα σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να προκαλέσει στους χρήστες υπνηλία, πονοκεφάλους, ή και χαμηλότερα επίπεδα δραστηριότητας αυτών. Βάσει αυτού ο εξαερισμός του χώρου θα πρέπει να γίνεται ανάλογα με το πλήθος των χρηστών και τη μεταβολική τους δραστηριότητα.

Επίσης, η μούχλα είναι ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Μπορεί να εμφανιστεί στα δομικά στοιχεία λόγω προσβολής αυτών είτε από κάθε πιθανό νερό, είτε από την υγρασία του εδάφους, ή ακόμη και λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών εξαιτίας μη επαρκούς εξαερισμού. Λόγω της μούχλας μπορεί να απελευθερωθούν στον αέρα επικίνδυνες αλλεργιογόνες ουσίες.

Ο αμιάντος ήταν παλαιότερα ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό σε κατοικίες καθώς και σε σχολικά και σε βιομηχανικά κτίρια. Έβρισκε εφαρμογή σε μονώσεις, σε συστήματα πυροπροστασίας, σε πλακάκια δαπέδου και οροφής καθώς και σε συστήματα θέρμανσης. Ωστόσο, ο αμιάντος όταν αποσυντίθεται, μικροσκοπικές ίνες διασπείρονται στον αέρα, η εισπνοή των οποίων για μεγάλα χρονικά διαστήματα προκαλεί συχνά την εμφάνιση του καρκίνου του πνεύμονα. Για αυτό και πλέον αποφεύγεται η χρήση του σε νέα κτίρια. [17]

Συνεπώς, πλήθος παραγόντων μπορεί να δράσουν αρνητικά στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Ένα απαραίτητο μέτρο, λοιπόν, για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτιρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτιρίου είναι η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με: [9]

- Τη χρήση του κτιρίου
- Τον πληθυσμό των χρηστών και
- Την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτιρίου, που σε γενική προσέγγιση είναι αντίστοιχη της χρήσης του κτιρίου

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 15251:2007. Για τις ανάγκες υπολογισμού του αερισμού σε μελέτες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, ο πιο εύχρηστος τρόπος υπολογισμού της ανανέωσης αέρα είναι βάσει των ελάχιστων ποσοτήτων που απαιτούνται σύμφωνα με τα εξής δύο κριτήρια:

- Την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής για τους χρήστες και
- Την ελάχιστη ανανέωση βάσει του όγκου και της χρήσης του κτιρίου. [9]

Σε γενική κατεύθυνση, οι απαιτήσεις νωπού αέρα ανά κατηγορία κτιρίου (χρήση) θα πρέπει να καθορίζονται έτσι, ώστε να καλύπτουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό ($m^3/h/άτομο$), ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού ($άτομα/m^2$) ανά χρήση κτιρίου. Από ελληνικές τεχνικές οδηγίες [9], καθορίζονται σε πίνακες ο αριθμός ατόμων ανά $100m^2$ μεικτής δομημένης επιφάνειας, ο απαιτούμενος νωπός αέρας ανά άτομο ($m^3/h/άτομο$) και ο απαιτούμενος νωπός αέρας ανά επιφάνεια δαπέδου ($m^3/h/m^2$) για κάθε κατηγορία κτιρίου ή/και χρήση χώρου. [9]

2.1.3 Η οπτική άνεση

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που δημιουργούν οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. [9]

Η απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού εξαρτάται από τη λειτουργία του χώρου και τις συγκεκριμένες εργασίες που πραγματοποιούνται μέσα σ' αυτόν. [18] Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002 δίνονται τα συνιστώμενα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού και εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτροφωτισμού ανά χρήση κτιρίου. Με βάση τις προτεινόμενες τιμές του προτύπου για τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού καθορίζονται σε εθνικές τεχνικές οδηγίες [9] οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου, και η εγκατεστημένη ισχύς

(W/m^2 δομημένης επιφάνειας) κτιρίου αναφοράς, για το οποίο η φωτιστική απόδοση (φωτεινή δραστηριότητα) καθορίστηκε στα 55lm/W. Οι τιμές αυτές λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. [9]

Πέραν της απαιτούμενης ποσότητας, πρέπει να εξασφαλίζεται επίσης κατάλληλη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, ούτως ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση. Θάμβωση είναι η αίσθηση που προκαλείται όταν η λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη λαμπρότητα στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα μάτια και προκαλεί ενόχληση, δυσφορία, μείωση της απόδοσης ή και της ορατότητας. [18]

Με κατεύθυνση την εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο πρέπει να γίνεται και αξιοποίηση του φυσικού φωτός. Η αξιοποίηση του διαθέσιμου φυσικού φωτός επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου άμεσα, όταν το φυσικό φως αντικαθιστά τον τεχνητό φωτισμό, μειώνοντας τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και έμμεσα, όταν με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων αυξάνεται και η θερμική ροή από και προς το κτίριο (μεγαλύτερες θερμικές απώλειες το χειμώνα και περισσότερα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι). Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού πρέπει να παρέχει στο κτίριο την αναγκαία ποσότητα φωτισμού για την εκτέλεση των συγκεκριμένων εργασιών, να συνεισφέρει στη σωστή κατανομή του φωτισμού στο χώρο ώστε να δημιουργούνται συνθήκες οπτικής άνεσης, να συμβάλλει στην θέρμανση των χώρων με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και συγχρόνως να αποτρέπει την υπερθέρμανσή τους. [18]

2.2 Το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου

Το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου συμβάλλει καθοριστικά στο σχεδιασμό και κατασκευή του κτιρίου, στην ενεργειακή κατανάλωση αυτού, επηρεάζει τις συνθήκες άνεσης του εσωτερικού χώρου, ενώ βάσει κλιματικών παραμέτρων γίνεται και ο σχεδιασμός των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Με κατεύθυνση την ενεργειακή εξοικονόμηση στα κτίρια θα μπορούσαμε να πούμε ότι μεγάλη σημασία από τα χαρακτηριστικά του εξωτερικού περιβάλλοντος έχουν το κλίμα του τόπου και η διαμόρφωση του φυσικού περιβάλλοντος. Βάσει του κλίματος ενός τόπου μπορούν να ελεγχθούν οι θερμικές συναλλαγές μεταξύ του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλον και να προσδιορισθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός κτιρίου. Από την άλλη πλευρά, η διαμόρφωση του φυσικού περιβάλλοντος με την έννοια του ανάγλυφου του εδάφους, της βλάστησης γύρω από το κτίριο, του ύψους των γύρω κτιρίων, της θέας και της γειτονιάς με νερό μπορεί να θέσει περιοριστικούς παράγοντες στο σχεδιασμό του κτιρίου ή και να βελτιώσει τη θερμική συμπεριφορά αυτού. [18,19]

2.2.1 Το κλίμα του τόπου

Κλίμα ονομάζεται η μέση καιρική κατάσταση ή καλύτερα ο μέσος καιρός μιας περιοχής, που προκύπτει από τις μακροχρόνιες παρατηρήσεις των διάφορων μετεωρολογικών στοιχείων.[20] Το σύνολο, λοιπόν, των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτει το κλίμα κάθε τόπου ή περιοχής. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον, [18] συνεπώς επηρεάζουν τις συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου και καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης και ευεξίας στους ανθρώπους.

Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων, είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηνιαία βάση
- Οι άνεμοι (χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί), η κατεύθυνση και η ένταση αυτών
- Η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι [18]

Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτιρίου στη φάση των αρχικών επιλογών, δηλαδή στα προσχέδια, με την έννοια της χωροθέτησής του στο οικόπεδο, έτσι ώστε να αξιοποιούνται οι θετικές παράμετροι όπως ο ήλιος το χειμώνα και οι δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι, με παράλληλη αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της υγρασίας. [18]

Οι τιμές των παραπάνω κλιματικών παραμέτρων συγκεντρώθηκαν και παρουσιάζονται σε εθνική τεχνική οδηγία [19] σε επίπεδο μέσων μηνιαίων τιμών, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Στην ίδια τεχνική οδηγία

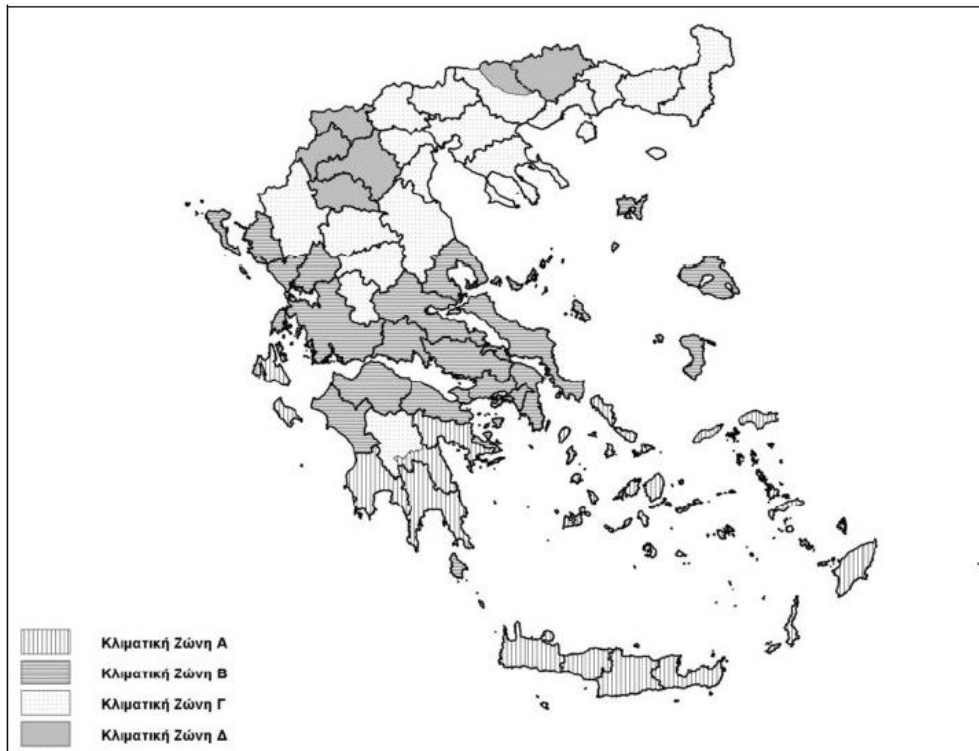
παρουσιάζονται κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών στις συνθήκες σχεδιασμού για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Οι τιμές των κλιματικών δεδομένων προέκυψαν από τα κλιματικά δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) και με τη χρήση κατάλληλων εμπειρικών και θεωρητικών μαθηματικών μοντέλων, καθώς και από δημοσιευμένες επιστημονικές εργασίες και εκδόσεις σχετικά με κλιματολογικά δεδομένα στην Ελλάδα και αφορούν μακροχρόνιες μετρήσεις σε συγκεκριμένους μετεωρολογικούς σταθμούς μέτρησης της ΕΜΥ. [19]

2.2.1.1 Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [10]

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. για την εκπόνηση της μελέτης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στον παρακάτω πίνακα 2.1 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στο σχήμα 2.3. Πρέπει να αναφερθεί ότι σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν, ενώ προφανώς όσον αφορά τη ζώνη Δ όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στη ζώνη Δ. Επίσης, στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (ΒΑ τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων. Τέλος, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 1.3, ανάλογα των κλιματικών ζωνών ορίζονται και ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου καθώς και ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Πίνακας 2.1: Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη [10]

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, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας



Σχήμα 2.3: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας [10]

2.2.2 Η ηλιακή ακτινοβολία

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται επιφάνεια εκτός ατμόσφαιρας, κάθετη στις ηλιακές ακτίνες, όταν η απόσταση γης-ήλιου λαμβάνει τη μέση τιμή της ($1,495 \times 10^{11} \text{m}$) ονομάζεται ηλιακή σταθερά, G_{SC} και είναι ίση προς 1353W/m^2 . Η τροχιά της γης περί τον ήλιο είναι ελλειπτική και η ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση γης-ήλιου. Συνεπώς, η ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους και παίρνει τη μέγιστη τιμή της στις 21 Δεκεμβρίου, όταν η απόσταση γης-ήλιου είναι ελάχιστη ενώ η ελάχιστη τιμή της εμφανίζεται στις 21 Ιουνίου, κατά τη μέγιστη απόσταση γης-ήλιου. [21,22]

Η ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας περιλαμβάνει όλα τα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η υπεριώδης ακτινοβολία η οποία είναι μη ορατή και δεν την αντιλαμβανόμαστε, η ορατή η οποία εμπεριέχει όλο το φάσμα των χρωμάτων και η υπέρυθρος η οποία είναι μη ορατή και γίνεται αισθητή ως θερμότητα, αντιστοιχούν στις περιοχές μηκών κύματος $0,29\mu\text{m} < \lambda < 0,40\mu\text{m}$, $0,40\mu\text{m} < \lambda < 0,70\mu\text{m}$ και $0,70\mu\text{m} < \lambda < 3,50\mu\text{m}$ με αντίστοιχο ποσοστό της ολικής εκπεμπόμενης ενέργειας σε κάθε περιοχή 9%, 38% και 53%. [18,21]

Κατά τη διέλευση της μέσα από την ατμόσφαιρα, η ηλιακή ακτινοβολία υφίσταται ανακλάσεις, διασκορπισμό και απορρόφηση από τα διάφορα σωματίδια (σκόνη), το όζον, τον υδρατμό και τα μόρια των αέριων στην ατμόσφαιρα. Η εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται κάθε φορά από τη σύσταση της ατμόσφαιρας και από το μήκος που διανύουν οι ηλιακές ακτίνες. [21] Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα, τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης. Για το λόγο αυτό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι πολύ μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή. Επιπλέον, τόσο κατά τη χειμερινή όσο και κατά τη θερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει τη μέγιστη ένταση της κατά τη διάρκεια του μεσημεριού όπου έχουμε μέγιστο ηλιακό ύψος δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει πιο κάθετα. [19]

➤ Η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία οριζόντιας ή κεκλιμένης επιφάνειας

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στις επιφάνειες του κτιριακού κελύφους έχει σημαντική επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου καθώς λόγω αυτής μεταφέρεται θερμότητα στο εσωτερικό του κελύφους. Ο έλεγχος και ο προσδιορισμός της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κτιριακό κέλυφος αποτελεί σημαντική παράμετρο βάσει της οποίας θα γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός του κτιρίου με σκοπό τη βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους χειμερινούς μήνες αλλά και με σκοπό την προστασία του κελύφους από αυτήν κατά τους θερινούς μήνες. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνεται η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια προκύπτει από το άθροισμα της άμεσου ηλιακής ακτινοβολίας, της διάχυτου (εξ ουρανού) ηλιακής ακτινοβολίας και της ηλιακής ακτινοβολίας εξ ανακλάσεως σε γειτονικές επιφάνειες. [21] Η άμεσος ακτινοβολία είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη κατευθείαν από τον ήλιο χωρίς να μεσολαβήσει διασκορπισμός μέσα στην ατμόσφαιρα. [22] Διάχυτος ακτινοβολία είναι το μέρος της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας που φθάνει στη γη ύστερα από διασκορπισμό, από τα μόρια του αέρα και τα διάφορα σωματίδια της ατμόσφαιρας, και αλλαγή κατεύθυνσης κατά τη διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα. [21,22]

Η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια επιφάνεια εξαρτάται από: [19,21,22]

- Τη θέση του ήλιου και την εποχή του χρόνου
- Τη νέφωση και την ατμοσφαιρική διαύγεια, παράμετροι που επηρεάζουν την κατανομή της διάχυτης ακτινοβολίας στον ουράνιο θώλο
- Τη σύσταση της ατμόσφαιρας
- Το υψόμετρο του τόπου
- Το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του τόπου
- Τον προσανατολισμό της επιφάνειας
- Την κλίση της επιφάνειας
- Την ανακλαστικότητα του εδάφους, παράμετρος που επηρεάζει τη διάχυτη ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση της ολικής στο έδαφος
- Τα τυχόν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια που υπάρχουν γύρω από την επιφάνεια πρόσπτωσης

➤ Βασικές γωνιακές έννοιες

Προκειμένου να προσδιοριστεί ο ηλιασμός ενός κτιρίου ή ενός οικοπέδου υιοθετείται η παραδοχή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, δηλαδή θεωρείται ότι η γη παραμένει σταθερή, ενώ ο ήλιος κινείται. Για να συσχετιστούν οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, κατά το σχεδιασμό τους, πρέπει να είναι γνωστή η θέση του ήλιου στον ουρανό και στον ορίζοντα αντίστοιχα. [18] Η θέση αυτή καθορίζεται από τις παρακάτω γωνίες: [22]

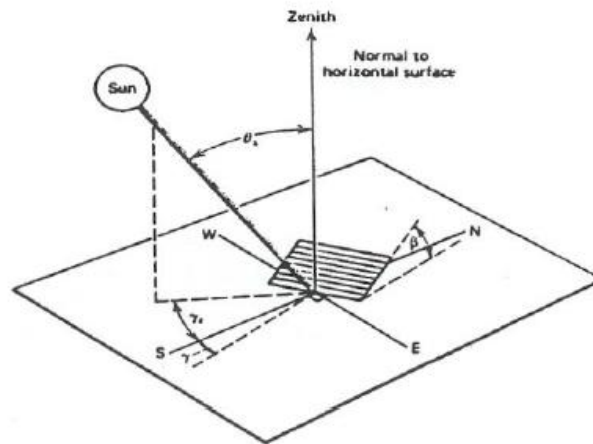
- Το ηλιακό ύψος, $90^\circ - \theta_z$, το οποίο είναι η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία όρασης του ήλιου και την προβολή της στο οριζόντιο επίπεδο.
- Το αζιμούθιο ηλίου, γ_s , το οποίο είναι η γωνία μεταξύ της προβολής της ευθείας όρασης του ηλίου στο οριζόντιο επίπεδο και της νότιας κατεύθυνσης. [22]

Για τον υπολογισμό των δύο αυτών μεγεθών [21] και συνεπώς και για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των παρακάτω γωνιών: [22]

- Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, ϕ , το οποίο παίρνει τιμές από -90° έως 90° . Για παράδειγμα το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας ισούται με $\phi=37,97^\circ$.
- Η ηλιακή απόκλιση, δ , που είναι η γωνιακή θέση του ηλίου κατά το ηλιακό μεσημέρι ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Ισχύει $-23,45 \leq \delta \leq 23,45$ με θετικές τιμές προς τον βορρά. Υπολογίζεται από τη σχέση (2.1) όπου $n=1 \div 365$ είναι η ημέρα του έτους.

$$\delta = 23,45 \sin \left(\frac{360(284 + n)}{365} \right) \quad (2.1)$$

- Η ωριαία γωνία, ω , που είναι η γωνιακή μετατόπιση του ηλίου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονα της με ρυθμό $15^\circ/h=0,25^\circ/\text{min}$. Προφανώς ισχύει $\omega=0,25 \times (\text{min από το ηλιακό μεσημέρι})$ και λαμβάνεται ως $\omega>0$ για μ.μ και ως $\omega<0$ για π.μ.



Σχήμα 2.4: Γωνία ζενίθ, θ_z , ηλιακό ύψος, $90^\circ - \theta_z$, αζιμούθιο επιφάνειας, γ , αζιμούθιο ηλίου, γ_s και κλίση επιπέδου, β [22]

Επιπλέον, για τον προσδιορισμό του ηλιασμού ενός κτιρίου είναι απαραίτητη η γνώση των γεωμετρικών δεδομένων του κτιρίου και η συσχέτιση αυτών με τα γεωμετρικά δεδομένα της εκάστοτε θέσης του ήλιου. Συνεπώς, είναι αναγκαίο σε κάθε περίπτωση να προσδιοριστούν και οι παρακάτω γωνίες: [22]

- Το αζιμούθιο επιφάνειας, γ , που είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνεια πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και τη νότια κατεύθυνση. Το αζιμούθιο επιφάνειας, γ , εκφράζει τον προσανατολισμό και ισούται με $\gamma=0^\circ$ στο νότο, $\gamma=90^\circ$ στη δύση, $\gamma=180^\circ$ στο βορρά και $\gamma=-90^\circ$ στην ανατολή.
- Η κλίση επιπέδου, β , που είναι η γωνία που σχηματίζει μια επίπεδος επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο και παίρνει τιμές από 0° έως 180° . Για το οριζόντιο επίπεδο είναι $\beta=0^\circ$ και για το κατακόρυφο $\beta=90^\circ$. Όταν το επίπεδο βλέπει προς τα κάτω ισχύει $\beta>90^\circ$. [22]

Μέσα από μελέτες που έχουν διεξαχθεί έχει προκύψει ότι για μέγιστη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία απαιτείται κλίση επιφάνειας ίση με το γεωγραφικό πλάτος, $\beta=\varphi$, για μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία θέρους απαιτείται κλίση επιφάνειας κατά 15° μικρότερη του γεωγραφικού πλάτους, $\beta=\varphi-15^\circ$ ενώ για μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία χειμώνα απαιτείται κλίση επιφάνειας κατά 15° μεγαλύτερη του γεωγραφικού πλάτους, $\beta=\varphi+15^\circ$. Παράλληλα, αποδείχθηκε ότι ο βέλτιστος προσανατολισμός μιας επιφάνειας είναι ο νότιος ($\gamma=0^\circ$) για το βόρειο ημισφαίριο και ο βόρειος ($\gamma=180^\circ$) για το νότιο ημισφαίριο, δηλαδή η επιφάνεια πρέπει να είναι εστραμμένη προς τον ισημερινό. [22]

Τέλος, εκτός από τις γωνίες θέσης του ήλιου και από τις γωνίες που χαρακτηρίζουν τις επιφάνειες, σημαντική είναι και η γωνία πρόσπτωσης, θ , της άμεσου ακτινοβολίας πάνω σε μια επιφάνεια. Η γωνία αυτή ορίζεται ως η γωνία μεταξύ των προσπίπτουσών ηλιακών ακτίνων και της καθέτου στην επιφάνεια και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (2.2) συναρτήσσει των περισσοτέρων από τις γωνίες που προαναφέρθηκαν. [22]

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \quad (2.2)$$

Για κατακόρυφες επιφάνειες ($\beta=90^\circ$) τις οποίες και εξετάζουμε στην παρούσα εργασία με την έννοια των τοίχων και των υαλοπινάκων, η παραπάνω σχέση, γίνεται: [22]

$$\cos \theta = -\sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (2.3)$$

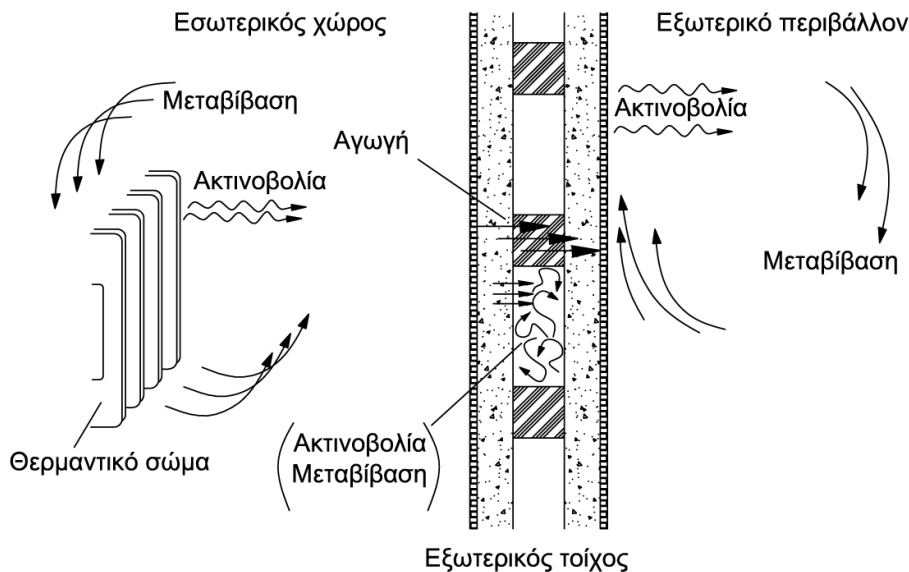
Για οριζόντιες επιφάνειες ($\beta=0^\circ$), η γωνία πρόσπτωσης ταυτίζεται με τη γωνία ζενίθ, θ_z . Ως γωνία ζενίθ, θ_z , ορίζεται η γωνία που σχηματίζεται από την κατακόρυφο και την ευθεία όρασης του ήλιου. Για οριζόντιες, λοιπόν, επιφάνειες ($\beta=0^\circ$), η εξίσωση (2.2) παίρνει την παρακάτω μορφή: [22]

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (2.4)$$

3. Μεταφορά θερμότητας

3.1 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο

Ως θερμότητα ορίζεται η θερμική ενέργεια που μεταδίδεται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν υπάρχει μεταξύ τους διαφορά θερμοκρασίας. Είναι γνωστό ότι ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. [23] Η θερμότητα μεταδίδεται στο χώρο με τρεις διαφορετικούς τρόπους, με αγωγή, με μεταβίβαση και με ακτινοβολία όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω σχήμα. [5]



Σχήμα 3.1: Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο [5]

3.1.1 Μετάδοση της θερμότητας με θερμική αγωγή

Μετάδοση θερμότητας με θερμική αγωγή ονομάζεται η μετάδοση της θερμότητας από μόριο σε μόριο στα στερεά, υγρά και αέρια σώματα. [5] Βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να μεταδίδουν τη θερμότητά τους σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής απόστασης (πρακτικά όταν έρχονται σε επαφή) μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. [23] Στα αέρια η θερμική ενέργεια μεταφέρεται σχεδόν αποκλειστικά με τη διάχυση των μορίων. [24] Στα υγρά, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων, ενώ στα μέταλλα, η ροή της θερμότητας με αγωγή οφείλεται κυρίως στη διάχυση των ελεύθερων ηλεκτρονίων. [23]

Όσον αφορά τα κτίρια, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τον χειμώνα παρατηρούνται σημαντικές απώλειες θερμότητας από τους θερμαινόμενους χώρους, οι οποίες οφείλονται κυρίως στην αγωγή από τους τοίχους, τους υαλοπίνακες, την οροφή και από τα υπόλοιπα οικοδομικά στοιχεία τα οποία χωρίζουν τον χώρο από το ψυχρότερο περιβάλλον. [24]

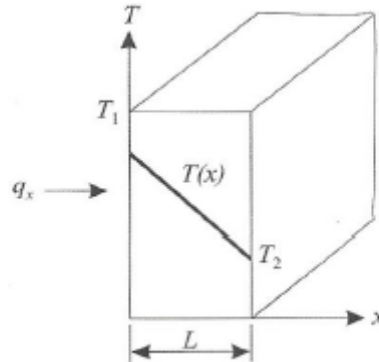
Είναι γνωστή η σχέση Fourier η οποία σε επίπεδο σώμα και για μονοδιάσταση αγωγή θερμότητας όπως και φαίνεται και στο σχήμα 3.2, παίρνει τη μορφή: [24]

$$q_x = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad (3.1)$$

Η θερμότητα η οποία μεταφέρεται με αγωγή παράλληλα προς τον x -άξονα στη μονάδα του χρόνου και της επιφάνειας η οποία είναι κάθετη στον x -άξονα είναι η πυκνότητα παροχής θερμότητας q_x , κάθετης στον x -άξονα, προκύπτει σε $\text{kJ/m}^2\text{h}$ ή σε W/m^2 και εξαρτάται από την κλίση της καμπύλης της θερμοκρασίας

dT/dx . Το πρόσημο – (πλην) εμφανίζεται διότι οι δύο ποσότητες T και x μεταβάλλονται αντίστροφα, δηλαδή με αυξανόμενη την απόσταση x ελαττώνεται η θερμοκρασία. [24]

Ο παράγων λ (W/mK) είναι η ειδική θερμική αγωγιμότητα (ή συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού) και εξαρτάται από τις ιδιότητες του σώματος. [11,24]



Σχήμα 3.2: Αγωγή θερμότητας σε στέρεο επίπεδο σώμα [24]

Η κατανομή της θερμοκρασίας στο επίπεδο σώμα είναι γραμμική: [24]

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_{s2} - T_{s1}}{d} \quad (3.2)$$

Συνεπώς, η πυκνότητα παροχής θερμότητας q_x (W/m²) βάσει των σχέσεων (3.1) και (3.2) και για πάχος σώματος d (m) παίρνει την μορφή: [24]

$$q_x = -\lambda \frac{T_{s2} - T_{s1}}{d} \Rightarrow q_x = \lambda \frac{T_{s1} - T_{s2}}{d} = \lambda \frac{\Delta T}{d} \quad (3.3)$$

Η εξίσωση (3.3) εκφράζει την απλούστερη μορφή της γενικότερης εξίσωσης μεταφοράς θερμότητας με αγωγή και χρησιμοποιείται όταν είναι γνωστά το πάχος του σώματος d (m), η διαφορά θερμοκρασίας ΔT (K) και η ειδική θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK), και ζητείται η πυκνότητα παροχής θερμότητας q_x . Αν είναι γνωστή και η επιφάνεια του σώματος A (m²) κάθετα προς την οποία εμφανίζεται αγωγή θερμότητας, το ρεύμα θερμότητας Q_x (W) θα υπολογίζεται από τη σχέση (3.4): [24]

$$Q_x = A \cdot q_x \quad (\text{kJ/h ή W}) \quad (3.4)$$

Συγκεκριμένα, η ποσότητα της θερμότητας, Q , που διέρχεται διαμέσου μιας ομοιογενούς στρώσης ενός υλικού όταν $t_1 > t_2$, εκφρασμένη σε Wh δίνεται από την παρακάτω σχέση (3.5): [5]

$$Q = \frac{\lambda}{d} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \cdot z \quad (\text{W} \cdot \text{h}) \quad (3.5)$$

όπου

Q (W · h) η ποσότητα της θερμότητας, η οποία διέρχεται διαμέσου του υλικού

λ (W / (m · K)) ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού

d (m) το πάχος του υλικού

A (m^2) το εμβαδόν της επιφάνειας του υλικού
 t_1 (K) η θερμοκρασία της μίας επιφάνειας του υλικού
 t_2 (K) η θερμοκρασία της άλλης επιφάνειας και
 z (h) ο χρόνος ροής της θερμότητας [5]

3.1.2 Μετάδοση της θερμότητας με θερμική μεταβίβαση (συναγωγή)

Μετάδοση θερμότητας με θερμική μεταβίβαση (συναγωγή) ονομάζεται η μετάδοση της θερμότητας με τη μετακίνηση θερμών μορίων υγρών ή αερίων διαμέσου του χώρου. [5] Η συναγωγή θερμότητας εμφανίζεται μεταξύ της επιφάνειας ενός σώματος και του ρευστού όταν οι θερμοκρασίες τους διαφέρουν. [24]

Στα κτίρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα διακινούνται σημαντικά ποσά θερμότητας. Εκτός από τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων κ.ά. [23]

Ένα παράδειγμα μετάδοσης της θερμότητας με συναγωγή αποτελεί ένα θερμαντικό σώμα (καλοριφέρ) όταν λειτουργεί. Ο θερμαινόμενος αέρας είναι ελαφρύτερος και καταλαμβάνει τα ανώτερα στρώματα ενώ ο ψυχρότερος αέρας παρασύρεται προς το θερμαντικό σώμα για να ακολουθήσει και αυτός στη συνέχεια στην πορεία του θερμού. Η κίνηση του αέρα μπορεί να γίνει ορατή με καπνό πάνω από ένα θερμαντικό σώμα. Ο καπνός παρασύρεται από τον θερμό αέρα όπως και ένα λεπτό φύλλο αλουμινίου το οποίο ανασηκώνεται. [24]

Για τη μετάδοση της θερμότητας μεταξύ υλικού και αέρα ισχύει η σχέση: [5]

$$Q = a \cdot A \cdot (t_L - t_o) \cdot z \quad (W \cdot h) \quad (3.6)$$

όπου

Q ($W \cdot h$) η ποσότητα της θερμότητας, η οποία μεταβιβάζεται από τον αέρα στην επιφάνεια του υλικού,

όταν $t_L > t_o$,

a ($W / (m^2 \cdot K)$) ο συντελεστής θερμικής μετάβασης

A (m^2) το εμβαδόν της επιφάνειας του υλικού,

t_L (K) η μέση θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια του υλικού,

t_o (K) η θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού και

z (h) ο χρόνος ροής της θερμότητας. [5]

3.1.3 Μετάδοση της θερμότητας με θερμική ακτινοβολία

Μετάδοση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία ονομάζεται η ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ των επιφανειών στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που απέχουν μεταξύ τους. [5,23] Στη θερμική ακτινοβολία η θερμότητα μεταφέρεται μεταξύ των σωμάτων με τη βοήθεια των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. [24]

Για τη μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία ισχύει η σχέση: [5]

$$Q = a_s \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \cdot z \quad (W \cdot h) \quad (3.7)$$

όπου

Q ($W \cdot h$) η ποσότητα της θερμότητας την οποία ακτινοβολεί η θερμότερη επιφάνεια,

a_s ($W / (m^2 \cdot K)$) ο συντελεστής θερμικής μετάδοσης ακτινοβολίας,

A (m^2) το εμβαδόν της θερμότερης επιφάνειας,

t_1 (K) η θερμοκρασία της θερμότερης επιφάνειας,

t_2 (K) η θερμοκρασία της επιφάνειας του άλλου σώματος και

z (h) ο χρόνος ροής. [5]

3.2 Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (ή k)

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε Wh, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια $1m^2$ και πάχος 1m, όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών) είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται W/mK. [5]

Ήδη παρουσιάστηκε και επεξηγήθηκε η σχέση Fourier (σχέση 3.1) η οποία αποτελεί μια ποσοτική έκφραση που συνδέει τη θερμότητα που μεταφέρεται με αγωγή με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και το είδος του υλικού. Συγχρόνως, με τη σχέση αυτή ορίζεται και η ειδική θερμική αγωγιμότητα του υλικού λ . Πρόκειται για ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα του σώματος ή γενικότερα του υλικού στο οποίο εμφανίζεται η θερμική αγωγή, έτσι ώστε η τιμή της να αποτελεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό και κριτήριο της καταλληλότητας κάποιου υλικού για δεδομένη χρήση. [24]

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του υλικού και αναφέρεται σε ομοιογενή υλικά. [5] Η τιμή του συντελεστή λ ενός υλικού εξαρτάται από τη φύση του υλικού, από την πυκνότητα του, από την υγρασία και τη θερμοκρασία.

Ο συντελεστής λ ενός υλικού καθορίζει, επίσης, τη θερμομονωτική ικανότητά του. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του λ , τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του υλικού στη θερμορροή και τόσο περισσότερο αποτελεσματικό είναι το υλικό ως θερμομονωτικό. [5] Γενικά εάν τα διάφορα σώματα καταταθούν ως προς την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ , προκύπτει ότι τον μεγαλύτερο συντελεστή λ έχουν τα καθαρά μέταλλα και μετά τα μεταλλικά κράματα. Ακολουθούν τα υγρά μέταλλα ενώ τα μη μεταλλικά στερεά και τα μη μεταλλικά υγρά έχουν ακόμη μικρότερο λ . Στην τελευταία βαθμίδα κατατάσσονται τα στέρεα μονωτικά σώματα και τα αέρια. [24]

Όσον αφορά τα συνηθέστερα δομικά υλικά, αυτά ανάλογα με την τιμή του λ διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

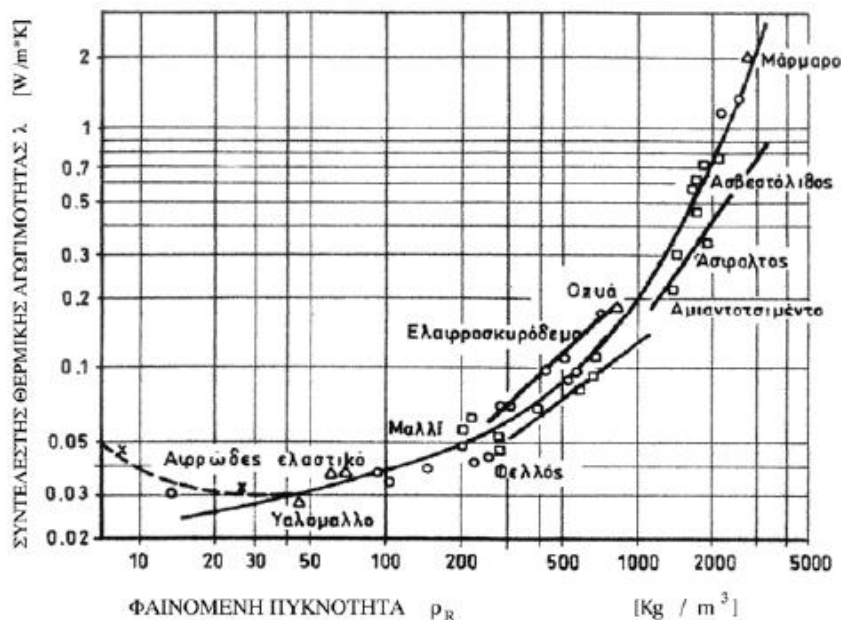
- Φυσικοί λίθοι $\lambda = 2,7$ μέχρι $4,1$ (W/m^*K),
- Κάθε φύσης δομικό υλικό $\lambda = 0,1$ μέχρι $2,7$ (W/m^*K),
- Θερμομονωτικό υλικό $\lambda = 0,023$ μέχρι $0,1$ (W/m^*K). [5]

Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ διαφόρων δομικών υλικών παρουσιάζονται στον πίνακα 12.1 που βρίσκεται στην ενότητα 12.4.

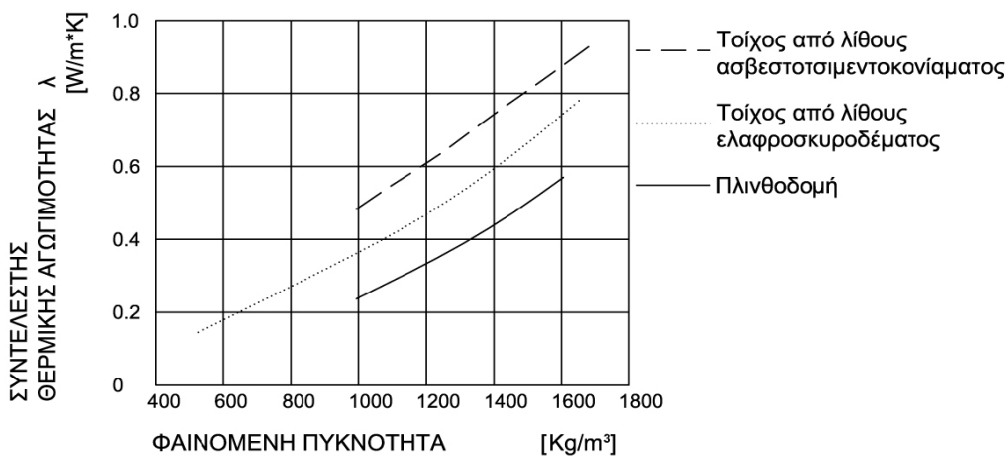
Στα αέρια η ειδική θερμική αγωγιμότητα αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Στα μη μεταλλικά υγρά η ειδική θερμική αγωγιμότητα ελαττώνεται όταν μειώνεται η θερμοκρασία με μοναδική εξαίρεση τη γλυκερίνη και το νερό. Στα στέρεα σώματα η ειδική θερμική αγωγιμότητα εξαρτάται τόσο από τις ιδιότητες του σώματος όσο και από την εσωτερική δομή του αλλά και από τις συνθήκες υπό τις οποίες διεξάγονται οι μετρήσεις. Στα μέταλλα παρατηρείται μείωση του συντελεστή λ όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και παίρνει τιμές μεγαλύτερες από τη συνηθισμένη. Όσον αφορά τα μονωτικά υλικά, η μονωτική ιδιότητα οφείλεται στο ότι τα υλικά αυτά αποτελούνται από κόκκους ή ίνες δημιουργώντας αναρίθμητους πόρους στους οποίους περιέχεται αέρας ο οποίος ως γνωστόν έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες και έτσι παρουσιάζουν χαμηλές τιμές του συντελεστή

λ. [24] Μεγάλη σημασία έχει το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους και συνεπώς μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. [26]

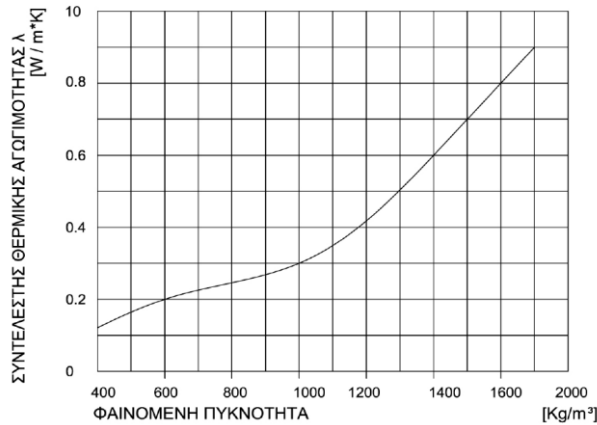
Παρουσιάζεται χαρακτηριστικά στα παρακάτω διαγράμματα η εξάρτηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ, από τη φαινόμενη πυκνότητα του υλικού (Σχήμα 3.3), του τοίχου (Σχήμα 3.4) και του σκυροδέματος (Σχήμα 3.5). [5] Ως φαινόμενη πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται ο λόγος της μάζας του υλικού προς την διαφορά του συνολικού όγκου του υλικού με όλα τα κενά από τον όγκο των κενών μεταξύ των κόκκων του υλικού. [26]



Σχήμα 3.3: Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ, σε συνάρτηση με τη φαινόμενη πυκνότητα, ρ_R [26]

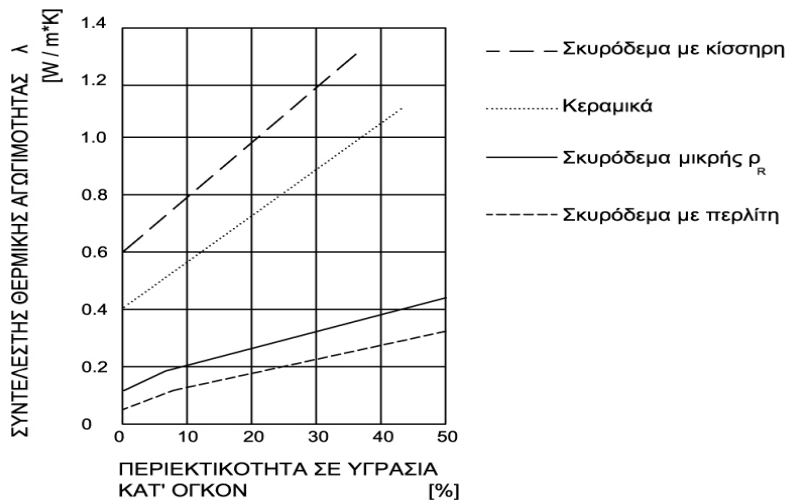


Σχήμα 3.4: Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ, σε συνάρτηση με τη φαινόμενη πυκνότητα, ρ_R, τοίχου εν ξηρώ [5]

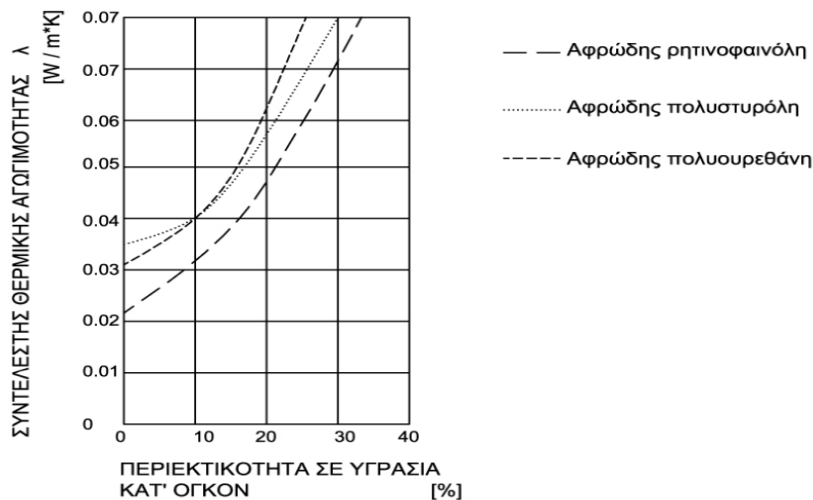


Σχήμα 3.5: Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , σε συνάρτηση με τη φαινόμενη πυκνότητα, ρ_R , σκυροδέματος διάφορων τύπων, εν ξηρώ, ανάλογα με τη δομή και τη σύστασή τους. [5]

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , ενός υλικού εξαρτάται και από το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας στο υλικό και μάλιστα η τιμή του λ αυξάνεται με την αύξηση του ποσοστού της υγρασίας. Δηλαδή, η περιεχόμενη υγρασία αυξάνει τη θερμοαγωγιμότητα του υλικού, όπως χαρακτηριστικά παρουσιάζεται στα παρακάτω διαγράμματα. [5]



Σχήμα 3.6: Επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ , διάφορων δομικών υλικών [5]



Σχήμα 3.7: Επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ , διάφορων θερμομονωτικών υλικών [5]

3.3 Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, R_i και R_a

Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης, α , δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε Wh, η οποία μεταβιβάζεται σε 1 ώρα μεταξύ στοιχείου της κατασκευής, που έχει επιφάνεια 1m^2 και του αέρα, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή μ'αυτό, όταν μεταξύ τους υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης μετράται σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Ως αντίσταση θερμικής μετάβασης, R , ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης, και μετράται σε $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$. [5] Ισχύει, λοιπόν ότι $\alpha=1/R$ και $R=1/\alpha$

Οι συντελεστές θερμικής μετάβασης, α , καθώς και οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, R , χαρακτηρίζονται από έναν δείκτη i ή a , ανάλογα με το αν αναφέρονται στο εσωτερικό ή εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι, ως R_i χαρακτηρίζεται η εσωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας μεταξύ αυτού και της εσωτερικής επίπεδης επιφάνειας του δομικού στοιχείου, ενώ ως R_a χαρακτηρίζεται η εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας μεταξύ αυτού και της εξωτερικής επίπεδης επιφάνειας του δομικού στοιχείου. [11,23]

Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης, α , εξαρτάται από την πυκνότητα, το ιξώδες και την ταχύτητα του αέρα κοντά στις επιφάνειες της κατασκευής. Επίσης, είναι διαφορετικός για κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες και στην τελευταία περίπτωση εξαρτάται από την κατεύθυνση μεταβίβασης της θερμότητας. [5] Οι συντελεστές θερμικής μετάβασης, α_i και α_a , καθώς και οι αντίστοιχες αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, R_i και R_a , των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου έχουν καθοριστεί και έχουν παρουσιαστεί σε πίνακες σε ελληνική τεχνική οδηγία [11] όπου δίνονται οι τιμές των μεγεθών αυτών αναλόγως της κατεύθυνσης της ροής θερμότητας και αναλόγως του τύπου του δομικού στοιχείου. Οι πίνακες αυτοί παρουσιάζονται και στην παρούσα εργασία στην ενότητα 3.8.

3.4 Η θερμική αντίσταση, R , ενός στρώματος υλικού

Κατά απλοποιητική παραδοχή, όπως ήδη προαναφέρθηκε, η ροή θερμότητας μέσω ενός στρώματος υλικού αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου στρώματος. Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρήθηκαν επίσης ανεξάρτητες από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες. Τέλος, το δομικό υλικό θεωρείται κατά παραδοχή ομογενές, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. [11]

Ο συντελεστής θερμοδιαφυγής $1/R$ δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε Wh, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m^2 και πάχος d (m), όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμοδιαφυγής $1/R$ μετράται σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Ως θερμική αντίσταση (αντίσταση θερμοδιαφυγής), R , ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής και μετράται $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$. [5]

Με βάση τα παραπάνω, η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο: [11]

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\text{m}^2 \text{K} / \text{W} \right] \quad (3.8)$$

όπου

$R \left[\text{m}^2 \text{K} / \text{W} \right]$ η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η στρώση υλικού,

$d \left[\text{m} \right]$ το πάχος της στρώσης,

$\lambda \left[\text{W} / (\text{mK}) \right]$ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης.

3.5 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U, απλών μελών της κατασκευής

Η ποσότητα της θερμότητας Q_1 που διέρχεται από τον εσωτερικό χώρο στο εξωτερικό περιβάλλον μέσα από απλά μέλη κατασκευής, τα οποία αποτελούνται από ένα ομοιογενές υλικό (Σχήμα 3.8), δίνεται από την παρακάτω σχέση 3.9: [5]

$$Q_1 = U \cdot A \cdot (t_{Li} - t_{La}) \quad [W] \quad (3.9)$$

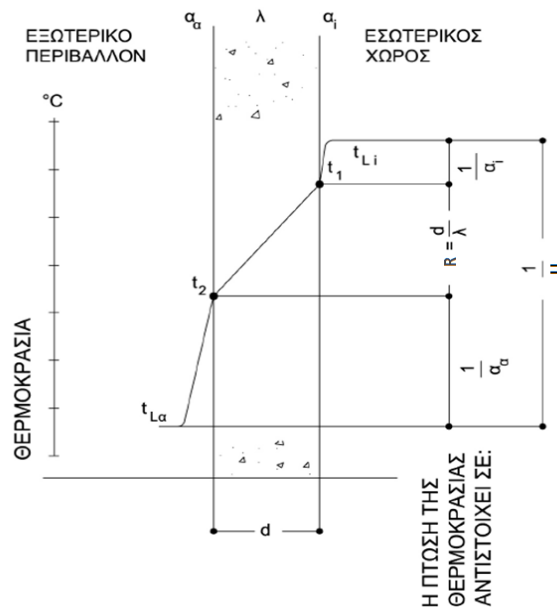
όπου

U ($W / (m^2 K)$) ο συντελεστής θερμοπερατότητας του απλού μέλους της κατασκευής,

A (m^2) το εμβαδόν της επιφάνειας μετάδοσης της θερμότητας,

t_{Li} (K) η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου και

t_{La} (K) η θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον.



Σχήμα 3.8: Μετάδοση της θερμότητας μέσα από απλό μέλος κατασκευής [5]

Αναλυτικά, η ποσότητα της θερμότητας Q_2 που μεταβιβάζεται στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής από τον αέρα του εσωτερικού χώρου, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή με αυτή, δίνεται από τη σχέση: [5]

$$Q_2 = a_i \cdot A \cdot (t_{Li} - t_1) \quad [W] \quad (3.10)$$

όπου

a_i ($W / (m^2 \cdot K)$) ο εσωτερικός συντελεστής θερμικής μετάβασης (συναγωγής)

t_1 (K) η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής,

Ακολούθως, η ποσότητα της θερμότητας Q_3 , η οποία μεταδίδεται με αγωγή από την εσωτερική στην εξωτερική επιφάνεια του απλού μέλους της κατασκευής, δίνεται από τη σχέση: [5]

$$Q_3 = \frac{\lambda}{d} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \quad [W] \quad (3.11)$$

όπου

λ ($W / (m \cdot K)$) ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού,

d (m) το πάχος του απλού μέλους της κατασκευής και

t_2 (K) η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής.

Στη συνέχεια η ποσότητα της θερμότητας Q_4 που μεταβιβάζεται από την εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής στον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή με αυτή, δίνεται από τη σχέση: [5]

$$Q_4 = \alpha_a \cdot A \cdot (t_2 - t_{La}) \quad [W] \quad (3.12)$$

όπου α_a ($W / (m^2 \cdot K)$) ο εξωτερικός συντελεστής θερμικής μετάβασης (συναγωγής)

Λόγω της αρχής της διατήρησης της ενέργειας, ισχύει: [5]

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 \quad (3.13)$$

Οπότε, από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας απλού μέλους κατασκευής ισούται με: [5,11]

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a} \quad [m^2 K / W] \quad (3.14)$$

ή στη γενική της έκφραση θα ισχύει: [11]

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_a \quad [m^2 K / W] \quad (3.15)$$

όπου

U [$W / (m^2 K)$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας απλού μέλους κατασκευής

R [$m^2 K / W$] η αντίσταση που προβάλλει το απλό μέλος κατασκευής (μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου) στη ροή θερμότητας

R_i [$m^2 K / W$] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a [$m^2 K / W$] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητα από τον εξωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο [11]

3.6 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U , πολυστρωματικών δομικών στοιχείων

Κατά απλοποιητική παραδοχή, όπως ήδη προαναφέρθηκε, η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου. [11] Ομοίως κατ' απλουστευτική παραδοχή το φαινόμενο εξετάζεται σε στάσιμη κατάσταση. [26] Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρήθηκαν επίσης ανεξάρτητες από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες. Τέλος, όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά

παραδοχή ομογενή και ισότροπα και ως ευρισκόμενα σε τέλεια μεταξύ τους θερμική επαφή, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. [11,26]

Βεβαίως, η παραπάνω θεωρητική βάση απέχει από την πραγματικότητα, καθώς καμία από τις παραδοχές δεν ανταποκρίνεται σε πραγματική κατάσταση. Ωστόσο, για την κλίμακα μιας κτιριακής κατασκευής οι αποκλίσεις της υπολογιστικής μελέτης ελάχιστα διαφοροποιούνται από το πραγματικό αποτέλεσμα και γι' αυτό δεν έχουν ιδιαίτερη αξία. [26]

Συνεπώς, βάσει των όσων παρουσιάστηκαν, για τα σύνθετα μέλη κατασκευής (πολυστρωματικό δομικό στοιχείο), δηλαδή για κατασκευή η οποία αποτελείται από επάλληλες στρώσεις ομοιογενών υλικών, η ποσότητα της θερμότητας, η οποία διέρχεται από τον εσωτερικό χώρο στο εξωτερικό περιβάλλον, δίνεται από την παρακάτω σχέση (3.16): [5,11]

$$Q = U \cdot A \cdot (t_{Li} - t_{La}) \quad (W) \quad (3.16)$$

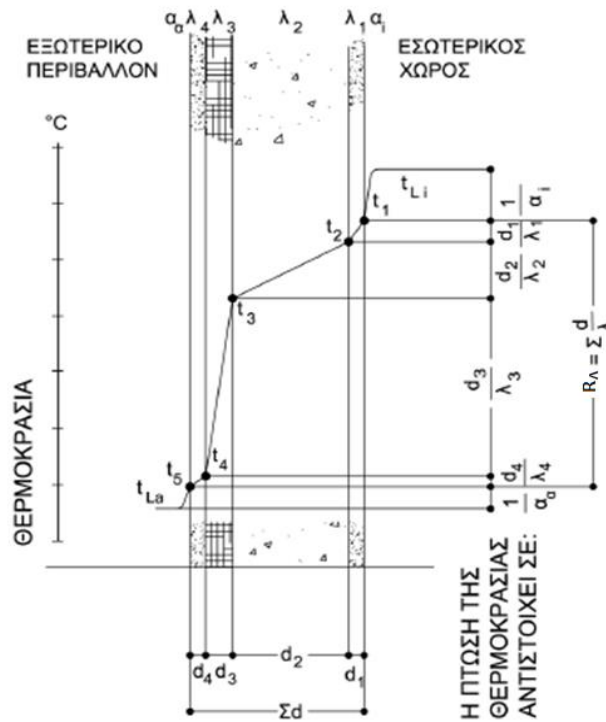
όπου

U ($W / (m^2 K)$) ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

A (m^2) το εμβαδόν της επιφάνειας μετάδοσης της θερμότητας,

t_{Li} (K) η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου και

t_{La} (K) η θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον.



Σχήμα 3.9: Μετάδοση της θερμότητας μέσα από σύνθετα μέλη κατασκευής [5]

Σε αυτή τη περίπτωση, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του δομικού στοιχείου υπολογίζεται και πάλι από τη σχέση 3.15. Ωστόσο τώρα ορίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής R_{λ} . [5,11] Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής, R_{λ} , και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση (3.17): [11]

$$R_{\lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_{j=1}^n R_j \quad [m^2 K / W] \quad (3.17)$$

όπου

R_{λ} $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμοδιαφυγής του δομικού στοιχείου

n $[-]$ το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

R_j $[m^2 K / W]$ η θερμική αντίσταση που προβάλλει μια στρώση ενός δομικού στοιχείου

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους, όπως περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο. [11]

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση (3.18): [11]

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \quad [m^2 K / W] \quad (3.18)$$

όπου

$R_{o\lambda}$ $[m^2 K / W]$ η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο

n $[-]$ το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

R_1, R_2, \dots, R_n $[m^2 K / W]$ η θερμική αντίσταση που προβάλλει το κάθε ένα από τα n στρώματα του δομικού στοιχείου

R_i $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον. [11]

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας, U . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίνει την ποσότητα της 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. [11] Η μονάδα μέτρησης του είναι $W/(m^2 K)$. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση: [11]

$$U = \frac{1}{R_{o\lambda}} \quad [W / (m^2 K)] \quad (3.19)$$

η οποία στη γενική της έκφραση θα είναι: [11]

$$\frac{1}{U} = R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a \quad [m^2 K / W] \quad (3.20)$$

όπου

U $\left[W / (m^2 K) \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

n $[-]$ το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

R_j $\left[m^2 K / W \right]$ η θερμική αντίσταση που προβάλλει μια στρώση ενός δομικού στοιχείου

R_i $\left[m^2 K / W \right]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a $\left[m^2 K / W \right]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον. [11]

3.7 Η σημασία του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων

Όλα τα επί μέρους δομικά στοιχεία του κτιρίου, διαφανή και αδιαφανή θα πρέπει να εξετάζονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια. Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονωμένα και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή του κτιρίου. Είναι σκόπιμο, χωρίς ωστόσο αυτό να αποτελεί υποχρέωση, να είναι θερμομονωμένα και όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν μεταξύ τους δύο διαφορετικά διαμερίσματα του ίδιου κτιρίου ή χώρους με διαφορετική χρήση ή χώρους με διαφορετικά ωράρια λειτουργίας. [11]

Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου πρέπει αρχικά να υπολογίζονται οι ανταλλαγές θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον μέσω αγωγιμότητας και συναγωγής. Ο έλεγχος, λοιπόν, σε πρώτη φάση γίνεται με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητας U των αδιαφανών και των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U καθορίζει τις θερμικές απώλειες λόγω αγωγής και συναγωγής μέσω ενός δομικού στοιχείου και συνεπώς καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου της κατασκευής. Μέσω, λοιπόν, του υπολογισμού και του ελέγχου του συντελεστή U των δομικών στοιχείων μπορούν να ελέγχονται οι θερμικές απώλειες μέσω αυτών με στόχο τον περιορισμό των ανταλλαγών θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία ενός άνετου εσωκλίματος στο εσωτερικό των κτιρίων. [11]

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου, το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των υλικών και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εκατέρωθεν των όψεών του. Αύξηση ή μείωση, λοιπόν, του πάχους μιας στρώσης του υλικού επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, όπως και η μεταβολή του συντελεστή λ του υλικού. [11,23] Αναλυτικότερα στην ενότητα 12.5 περιγράφεται πως δύναται να μεταβληθεί το πάχος ενός δομικού υλικού ή ο συντελεστής λ αυτού ή και οι δύο αυτοί παράμετροι και κατά πόσο η μεταβολή αυτή του υλικού επηρεάζει τον συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου που αποτελείται από το αντίστοιχο υλικό.

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας, θα πρέπει η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, αναλόγως της θέσης του στο κτίριο, να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται στον πίνακα 1.1 για κάθε κλιματική ζώνη του ελλαδικού χώρου. [10]

Εάν η τιμή που προκύπτει είναι μεγαλύτερη, θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί, αφού προηγουμένως βελτιωθούν τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου. Ειδικότερα για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ενδεχόμενη αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης ή με αντικατάσταση του θερμομονωτικού υλικού με άλλο (ενδεχομένως και των υλικών άλλων στρώσεων) που θα έχει χαμηλότερη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, έτσι ώστε να προκύπτει μικρότερη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U . [11]

3.8 Θεωρητικός υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου γίνεται για κάθε ένα δομικό στοιχείο ξεχωριστά (τοίχοι, δάπεδα, οροφές και στέγες). [23]

Όπως ήδη προαναφέρθηκε, ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας, U , αυτού οριζομένου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεων του στρώσεις αέρα. [11]

Γενικά, ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων μπορεί να οριστεί από τον τύπο: [11]

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} \quad [W / (m^2 K)] \quad (3.21)$$

όπου

U $[W / (m^2 K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

n $[-]$ το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

d $[m]$ το πάχος της στρώσης

λ $[W / mK]$ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης

R_δ $[m^2 K / W]$ η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος

R_i $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον. [11]

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U ενός δομικού στοιχείου, τα υλικά που λαμβάνονται υπόψη είναι μόνο αυτά που συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου. Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως π.χ. μπουγιές, γόμες κ.λπ. μπορούν να αγνοηθούν κατά τον υπολογισμό της τελικής θερμικής αντίστασης του στοιχείου. [23]

Η τιμή της θερμικής αντίστασης R_δ στρώματος εγκλωβισμένου αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου λαμβάνεται από τον πίνακα 3.2, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.8.1. Ωστόσο, υπάρχει περίπτωση ο αέρας του διακένου να επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον μιας των όψεων του δομικού στοιχείου. Τότε ο τρόπος υπολογισμού της θερμοπερατότητας αλλάζει και παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

Οι συντελεστές θερμικής μετάβασης, α_i και α_a , καθώς και οι αντίστοιχες αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, R_i και R_a , των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου έχουν καθοριστεί και έχουν παρουσιαστεί σε πίνακες σε ελληνική τεχνική οδηγία [11] όπου δίνονται οι τιμές των μεγεθών αυτών αναλόγως της κατεύθυνσης της θερμικής ροής και αναλόγως του τύπου του δομικού στοιχείου. Οι πίνακες αυτοί παρατίθενται στη συνέχεια (πίνακας 3.1α και πίνακας 3.1β). Στους πίνακες αυτούς οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εσωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 20^\circ C$, ενώ οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εξωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εξωτερικού χώρου $\theta_a = 0^\circ C$ και ταχύτητα ανέμου $u = 4$ m/s. [11]

Πίνακας 3.1α: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα κατά ISO 6946 [11]

A/A	Κατεύθυνση θερμικής ροής	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		$W/(m^2K)$	$W/(m^2K)$	$(m^2K)/W$	$(m^2K)/W$
1	Οριζόντια θερμική ροή	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα άνω	10,00	25,00	0,10	0,04
3	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα κάτω	5,88	25,00	0,17	0,04

Πίνακας 3.1β: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο [11]

A/A	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		$W/(m^2K)$	$W/(m^2K)$	$(m^2K)/W$	$(m^2K)/W$
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	—	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,80	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	—	0,17	0,00

Στην περίπτωση της κεκλιμένης στέγης, ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτής και συγκεκριμένα ο καθορισμός των τιμών των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων αυτής, γίνεται αναλόγως της κλίσης της στέγης. Όταν η κλίση της στέγης είναι μικρότερη ή ίση των 30° , αυτή υπολογίζεται σαν να επρόκειτο για οριζόντια επιφάνεια οροφής, ενώ όταν η κλίση της είναι μεγαλύτερη των 30° υπολογίζεται σαν να επρόκειτο για κατακόρυφη επιφάνεια οροφής. [11]

Αξίζει να αναφερθεί ότι 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 3.21, λαμβάνοντας όμως τη θερμική αντίσταση του επιφανειακού στρώματος αέρα προς το μη θερμαινόμενο χώρο ίση με αυτήν του εσωτερικού, δηλαδή $R_a=R_i$. Ως μη θερμαινόμενος χώρος ορίζεται κάθε κλειστός χώρος που δεν θερμαίνεται και περιλαμβάνεται στον όγκο του κτιρίου ή βρίσκεται στην περίμετρό του. Ο μη θερμαινόμενος χώρος δεν συμπεριλαμβάνεται στο θερμομονωτικά προστατευόμενο όγκο του κτιρίου 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 όπως παρουσιάστηκαν στον πίνακα 1.1. [11]

Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κατά τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας ενός κτιρίου στη μελέτη θερμομόνωσης όλα τα δομικά στοιχεία, τα οποία έρχονται σε επαφή με δομικά στοιχεία όμορων κτηρίων, θεωρούνται ως ελεύθερα προς τον εξωτερικό αέρα και κατά τον υπολογισμό το κτίσμα θεωρείται συνολικά ως πανταχόθεν ελεύθερο. [11]

3.8.1 Διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου

Η τιμή της θερμικής αντίστασης R_s οριζόντιου ή κατακόρυφου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου εξαρτάται αρχικά από το αν ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί ή επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι, για τον υπολογισμό αυτής και συνεπώς για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου διακρίνονται η περίπτωση κλειστού διακένου αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου και η περίπτωση διακένου σε επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον.

➤ Κλειστό διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου

Η μετάδοση της θερμότητας μέσα από στρώματα αέρα γίνεται με μετάβαση (συναγωγή) και ακτινοβολία. Η μετάδοση της θερμότητας με μετάβαση επηρεάζεται από την κινητική κατάσταση του αέρα και η μετάδοση με ακτινοβολία από την υφή των υλικών, που περικλείουν το στρώμα του αέρα. [5]

Ο αέρας του διακένου ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου που δεν έρχεται σε επαφή με το εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου εξωτερικό περιβάλλον θεωρείται πρακτικά ακίνητος. [11] Η θερμική αντίσταση R_s του στρώματος αέρα εξαρτάται από τα υλικά που το περικλείουν, από την κατεύθυνση της ροής θερμότητας μέσα σε αυτό και από το πάχος του στρώματος. [5]

Η τιμή της θερμικής αντίστασης R_s οριζόντιου ή κατακόρυφου στρώματος εγκλωβισμένου αέρα στο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 3.2 [11] και ορίζεται για τις εξής περιπτώσεις:

- Για θερμική αντίσταση του αέρα, όταν δεν υπάρχει σε καμία πλευρά του διακένου κάποια μεμβράνη χαμηλής εκπεμπικότητας (απουσία ανακλαστικής επιφάνειας).
- Για θερμική αντίσταση του αέρα, όταν υπάρχει στη μία πλευρά του διακένου μεμβράνη χαμηλής εκπεμπικότητας (ύπαρξη ανακλαστικής επιφάνειας) με εκπεμπικότητα ϵ ίση προς 0,05, 0,10 και 0,20. [11]

Πίνακας 3.2: Θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου στρώματος αέρα, ευρισκόμενου πρακτικά σε κατάσταση ηρεμίας [11]

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Χωρίς ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon=0,80$) σε καμία πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon=0,05$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W
5	0,11	0,11	0,11	0,19	0,19	0,19
7	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26
10	0,15	0,15	0,15	0,36	0,36	0,36
15	0,17	0,16	0,17	0,52	0,45	0,52
25	0,18	0,16	0,19	0,67	0,45	0,80
50	0,18	0,16	0,21	0,67	0,45	0,80
100	0,18	0,16	0,22	0,67	0,45	0,80
300	0,18	0,16	0,23	0,67	0,45	0,80

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon=0,10$) στη μία πλευρά του διακένου			Με ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon=0,20$) στη μία πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W
5	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
7	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,22
10	0,33	0,33	0,33	0,29	0,29	0,29
15	0,46	0,41	0,46	0,38	0,34	0,38
25	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,50
50	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,67
100	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75
300	0,57	0,41	0,66	0,44	0,34	0,75

➤ Διάκενο αέρα σε επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον [11]

Όταν ο αέρας του διακένου επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον μιας των όψεων του δομικού στοιχείου μέσω οπών, σχισμών ή άλλου τύπου ανοιγμάτων, αδιαφόρως του μεγέθους αυτών των στοιχείων επικοινωνίας, τότε δεν θεωρείται ακίνητος αλλά ήπια κινούμενος και η προβαλλόμενη αντίσταση στη ροή θερμότητας θεωρείται ανάλογη αυτής που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην εσωτερική όψη του δομικού στοιχείου. Ισχύει δηλαδή: $R_s = R_i \quad [m^2K / W]$

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, U , του δομικού στοιχείου και ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εσωτερική πλευρά θεωρείται αυτό του διακένου.
- Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον, τότε δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας, U , του δομικού στοιχείου 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 το οποίο λαμβάνει όμως και πάλι, λόγω της θεωρούμενης ήπιας κίνησης του αέρα σ' αυτό, τιμές R_i και όχι R_a .
- 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 κτίριο.

Σημειώνεται ακόμη ότι σε περιπτώσεις δικέλυφων τοιχοποιιών με διάκενο μεταξύ αυτών, εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος, λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, U , μόνο οι αντιστάσεις των στρώσεων του εσωτερικού κελύφους δηλαδή οι αντιστάσεις των στρώσεων από τον εσωτερικό χώρο έως το διάκενο. Ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εξωτερική πλευρά θεωρείται τότε αυτό του διακένου, το οποίο λαμβάνει όμως και πάλι, λόγω της θεωρούμενης ήπιας κίνησης του αέρα σ' αυτό, τιμές R_i και όχι R_a .

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

3.8.2 Θεωρητικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη [11]

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κλειστών χώρων που διαμορφώνονται μεταξύ των οριζόντιων οροφών των τελευταίων ορόφων των κτιρίων 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. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη θα υπολογιστεί βάσει της σχέσης:

$$U_{RU} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_u + R_a} \quad [m^2 K / W] \quad (3.22)$$

όπου

U_{RU} $[W / (m^2 K)]$ 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

λ $[W / mK]$ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής

R_δ $[m^2 K / W]$ η θερμική αντίσταση 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_i $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς την οριζόντια οροφή

R_u $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της κεκλιμένης στέγης. Η τιμή της λαμβάνεται από τον πίνακα 3.3.

R_a $[m^2 K / W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από την κεκλιμένη στέγη προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Πίνακας 3.3: Η θερμική αντίσταση που προβάλλει στρώμα αέρα μεταξύ οριζόντιας θερμομονωμένης οροφής και κεκλιμένης στέγης συμπεριλαμβανομένης και της θερμικής αντίστασης που προβάλλουν οι στρώσεις της κεκλιμένης στέγης. [11]

Α/Α	Περιγραφή της οροφής	R_u
		$m^2 K/W$
1	Κεραμοσκεπή επί τεγίδων και χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη.	0,06
2	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια.	0,20
3	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου ή άλλη χαμηλής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας επιφάνεια κάτω από τα κεραμίδια.	0,30
4	Στέγη αποτελούμενη από σανίδωμα και μεμβράνη.	0,30

Αξίζει να αναφερθεί ότι στην 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 είναι μικρότερη ή ίση των 30° και ως να επρόκειτο για κατακόρυφη επιφάνεια, όταν η κλίση της είναι μεγαλύτερη των 30°.

3.8.3 Θεωρητικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος [11]

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 κτιρίου
- 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 και πάλι του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U του δομικού στοιχείου και του βάθους z , μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο.

Ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας U ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται κανονικά από τη σχέση (3.21), 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 $R_a=0$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας είναι αυτή που υπεισέρχεται στη σχέση για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου, U_m . Ωστόσο, ο έλεγχος επάρκειας θερμομόνωσης δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος γίνεται για τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

Ως χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας, B' (m) ορίζεται το διπλάσιο του λόγου του καθαρού εμβαδού της πλάκας, A (m²) προς την εκτεθειμένη περίμετρό της, Π (m). Ισχύει δηλαδή:

$$B' = 2 \cdot \frac{A}{\Pi} \quad [\text{m}] \quad (3.23)$$

Για κτίριο πανταχόθεν ελεύθερο η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας ισούται με την περίμετρο της πλάκας, ενώ για κτίριο σε επαφή με άλλα θερμαινόμενα κτίρια η εκτεθειμένη περίμετρος ισούται με το άθροισμα των μηκών των πλευρών της που δεν έρχονται σε επαφή με τα όμορα θερμαινόμενα κτίσματα. Ομοίως, όταν από κάποια πλευρά της περιμέτρου της πλάκας υπάρχει μη θερμαινόμενος χώρος του ίδιου κτιρίου, 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 έχει υπολογιστεί και παρουσιαστεί σε ελληνική τεχνική οδηγία [11] όπου δίνεται σε πίνακα συναρτήσει του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U_{FB} , του βάθους έδρασης z και της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας B' . Ενδεικτικές τιμές του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος U_{FB} [W/(m²·K)] παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.4. Αντίστοιχα, ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{TB} ενός κατακόρυφου δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος έχει υπολογιστεί και παρουσιαστεί σε ελληνική τεχνική οδηγία [11] όπου δίνεται σε πίνακα, όπως παρουσιάζεται και παρακάτω (πίνακας 3.5), συναρτήσει του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U_{TB} και του βάθους z , μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο. Για τον υπολογισμό των τιμών των ισοδύναμων αυτών συντελεστών θερμοπερατότητας όπως παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες έγιναν οι εξής παραδοχές:

- ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους θεωρήθηκε ίσος με 2,0 W/(m.K)
- τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία που εδράζονται επί της πλάκας έχουν συνολικό πάχος 30cm
- το συνολικό ισοδύναμο πάχος των κατακόρυφων δομικών στοιχείων είναι μικρότερο από το συνολικό ισοδύναμο πάχος της πλάκας

Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι οι τιμές των πινάκων ισχύουν για χρήση εσωτερικών διαστάσεων. Επειδή όμως για όλους τους υπόλοιπους υπολογισμούς γίνεται χρήση εξωτερικών διαστάσεων και το σφάλμα που προκύπτει από την χρήση των πινάκων με εξωτερικές διαστάσεις είναι μικρό, για λόγους απλοποίησης οι υπολογισμοί που θα γίνουν με χρήση των πινάκων θα βασίζονται σε εξωτερικές διαστάσεις.

Ακόμη, στην περίπτωση που οι εξεταζόμενες ονομαστικές τιμές των μεγεθών δεν ταυτίζονται με αυτές των παρακάτω πινάκων, λαμβάνονται υπόψη οι δύο εκατέρωθεν αυτών πλησιέστερες τιμές, μεταξύ των οποίων γίνεται γραμμική παρεμβολή για την εύρεση της τιμής του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας.

Στην περίπτωση κτιρίου, 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 κτίριο. Το βάθος έκτασης κάθε κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος θα λαμβάνεται ίσο με το μέσο βάθος έκτασης του δομικού στοιχείου. Για παράδειγμα, στην απλή περίπτωση του σχήματος 3.10 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 .



Σχήμα 3.10: Ενδεικτική διατομή κτιρίου για τον προσδιορισμό του το βάθους έδρασης πλάκας επί εδάφους με διαφορετικές στάθμες έδρασης λόγω κεκλιμένου εδάφους. [11]

Στην περίπτωση κατακόρυφου δομικού στοιχείου που ξεκινά από βάθος z_1 και εκτείνεται σε βάθος z_2 από τη στάθμη του εδάφους (σχήμα 3.11) ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{FB}' του δομικού στοιχείου θα προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$U_{FB}' = \frac{z_2 \cdot U'_{FB,z_2} - z_1 \cdot U'_{FB,z_1}}{z_2 - z_1} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})] \quad (3.24)$$

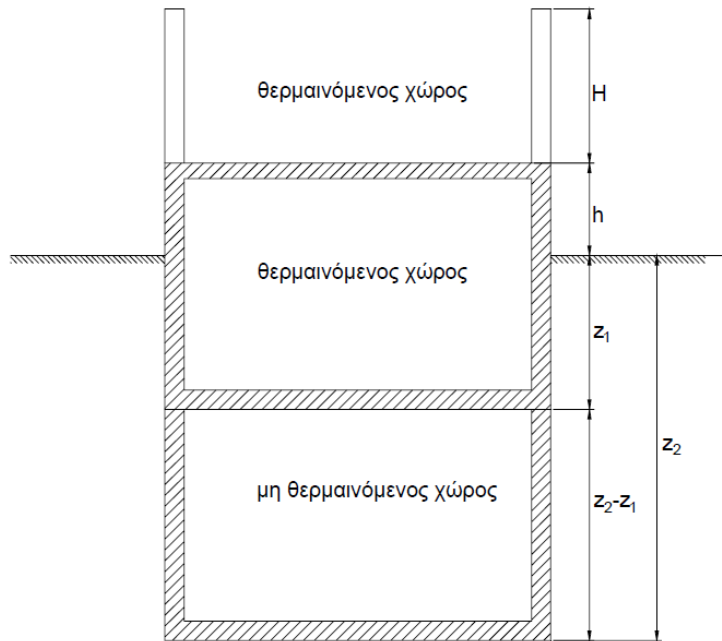
όπου

U'_{FB,z_1} $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$ ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης z_1

U'_{FB,z_2} $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$ ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης z_2

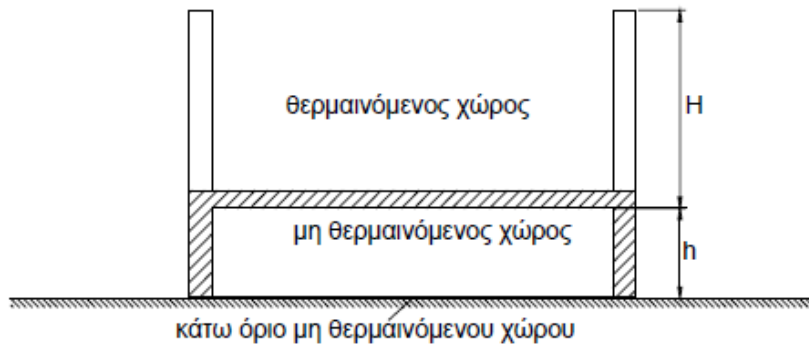
z_1 $[\text{m}]$ το βάθος, από το οποίο ξεκινάει το δομικό στοιχείο

z_2 $[\text{m}]$ το βάθος, μέχρι το οποίο εκτείνεται το δομικό στοιχείο



Σχήμα 3.11: Ενδεικτική διατομή κτιρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας κατακόρυφου δομικού στοιχείου ευρισκόμενου σε στάθμη χαμηλότερη αυτής της επιφάνειας του εδάφους. [11]

Τέλος, στην περίπτωση υπερυψωμένης πλάκας (σχήμα 3.12), 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 $4,50\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.



Σχήμα 3.12: Ενδεικτική διατομή κτιρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας πλάκας υπερυψωμένης κατά απόσταση h από τη στάθμη του εδάφους. [11]

Πίνακας 3.4: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος U_{FB}' [$W/(m^2 \cdot K)$] πλάκας.[11]

Ονομαστικός συντελεστής U_{FB} [$W/(m^2 \cdot K)$]	z (m)	χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' (m)									
		≤2	4	6	8	10	14	18	22	26	≥30
1,00	0,00	0,61	0,49	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	0,50	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15
	1,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	1,50	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	2,00	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	2,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	3,00	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	4,50	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	6,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
9,00	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	
0,90	0,00	0,57	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,17	0,15
	0,50	0,53	0,44	0,37	0,33	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,15
	1,00	0,50	0,41	0,36	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	1,50	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	2,00	0,44	0,37	0,33	0,29	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13
	2,50	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	3,00	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	4,50	0,35	0,30	0,27	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	6,00	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,12
9,00	0,25	0,22	0,20	0,19	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	
0,80	0,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	0,50	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	1,00	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	1,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	2,00	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	2,50	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	3,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	4,50	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	6,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11
9,00	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	

Πίνακας 3.5: Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{TB}' [$W/(m^2 \cdot K)$] ενός κατακόρυφου δομικού στοιχείου ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U_{TB} [$W/(m^2 \cdot K)$] που εκτείνεται σε βάθος z [m]. [11]

z (m)	Ονομαστικός συντελεστής U_{TB} [$W/(m^2 \cdot K)$]											
	4,50	3,00	2,00	1,50	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
0,50	2,14	1,70	1,30	1,06	0,77	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43	0,35	0,27
1,00	1,59	1,31	1,05	0,88	0,67	0,62	0,57	0,51	0,45	0,39	0,32	0,25
1,50	1,30	1,09	0,89	0,76	0,59	0,55	0,51	0,47	0,42	0,36	0,30	0,24
2,00	1,10	0,94	0,78	0,68	0,54	0,50	0,47	0,43	0,39	0,34	0,29	0,23
2,50	0,97	0,83	0,70	0,61	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,32	0,27	0,22
3,00	0,87	0,75	0,64	0,56	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30	0,26	0,21
4,50	0,67	0,59	0,51	0,45	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29	0,26	0,23	0,19
6,00	0,56	0,49	0,43	0,39	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,20	0,17
9,00	0,42	0,38	0,33	0,30	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15

3.8.4 Σύνθετα δομικά στοιχεία [11]

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, παρουσιάζουν μία σχετική επαναληπτικότητα και διαμορφώνουν ένα δομικό στοιχείο με συγκεκριμένη λειτουργία. Παραδείγματα σύνθετων δομικών υλικών είναι η πλάκα σκυροδέματος με διαδοκιδώσεις (πλάκα Zöllner), οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες, τα δομικά στοιχεία με φέροντα οργανισμό από χάλυβα ή ξύλο και πλήρωση από θερμομονωτικά υλικά κ.ά.

Τα σύνθετα δομικά στοιχεία μπορούν να υπεισέλθουν στους υπολογισμούς και να ελεγχθούν ως προς την ικανοποίηση των απαιτήσεων θερμομόνωσης 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:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})] \quad (3.25)$$

όπου

U $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$ ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας του σύνθετου δομικού στοιχείου

n $[-]$ το πλήθος των διαφορετικών διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου

U_j $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε επί μέρους διαφορετικής διατομής του σύνθετου δομικού στοιχείου

A_j $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$ η επιφάνεια που καταλαμβάνει η κάθε επί μέρους διαφορετική διατομή στη συνολική επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου

Η τιμή του ενιαίου συντελεστή θερμοπερατότητας U του σύνθετου δομικού στοιχείου οφείλει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού σύμφωνα με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που έχουν οριστεί στον πίνακα 1.1. Οι τιμές U_j όλων των επί μέρους διαφορετικών διατομών υπολογίζονται όπως υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός οποιουδήποτε δομικού στοιχείου σύμφωνα με τη σχέση (3.21), λαμβάνοντας τιμές των διαφόρων μεγεθών (π.χ. λ , R_i , R_a), που να ανταποκρίνονται στην πραγματική κατάσταση στην οποία βρίσκονται (π.χ. δομικό στοιχείο προς τον ελεύθερο αέρα, προς το έδαφος ή προς μη θερμαινόμενο χώρο). Πρέπει, όμως, να ελέγχονται οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των επί μέρους διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου αν ικανοποιούν τις απαιτήσεις του κανονισμού σαν να επρόκειτο για ανεξάρτητα δομικά στοιχεία που έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο σύμφωνα με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που έχουν οριστεί στον πίνακα 1.1. Αυτή η απαίτηση τίθεται, προκειμένου να περιορισθεί στο ελάχιστο δυνατό ο κίνδυνος δημιουργίας επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών (δρόσου) στις θερμομονωτικά ασθενέστερες θέσεις του σύνθετου δομικού στοιχείου.

3.9 Ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος, U_w , μπορεί είτε να υπολογισθεί αναλυτικά είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής. [11]

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, τον υαλοπίνακα που φέρει, το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς, κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας, για αυτό ο συντελεστής U_w κάθε κουφώματος διαφορετικού μεγέθους πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά. [9]

Στις επόμενες παραγράφους, περιγράφεται ο αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός μονού κουφώματος καθώς επίσης παρουσιάζονται πίνακες όπου δίνονται τυπικές τιμές του συντελεστή U_w για διάφορους τύπους κουφωμάτων.

3.9.1 Αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός μονού κουφώματος [11]

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος, U_w , προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των δύο υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανομένης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα, όπως περιγράφεται παρακάτω για μονό και για διπλό κούφωμα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται και αυτά στον υπολογισμό. Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad \left[W / (m^2 K) \right] \quad (3.26)$$

όπου

U_w $\left[W / (m^2 K) \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,

U_f $\left[W / (m^2 K) \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

U_g $\left[W / (m^2 K) \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),

A_f $\left[m^2 \right]$ το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

A_g $\left[m^2 \right]$ το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

l_g $\left[m \right]$ το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),

Ψ_g $\left[W / (mK) \right]$ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

3.9.1.1 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου, U_f , του κουφώματος μπορεί να ληφθεί από τον παρακάτω πίνακα 3.6 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση μεταλλικού πλαισίου με θερμοδιακοπή, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να ληφθεί ίσος με $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ για θερμοδιακοπή μήκους 12mm και $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ για θερμοδιακοπή μήκους 24mm. Όταν μπορεί να διαπιστωθεί η θερμοδιακοπή αλλά όχι το μήκος της, αυτή λαμβάνεται ίση με 12mm. [9]

Πίνακας 3.6: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου [11]

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]
Μεταλλικό πλάισιο	χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	με θερμοδιακοπή	1,0-4,0
Συνθετικό πλάισιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0-2,0
Ξύλινο πλάισιο	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,4
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,0
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,7
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,5

3.9.1.2 Τυπικές τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας, Ψ_g , του υαλοπίνακα

Για τον προσδιορισμό της θερμοπερατότητας του κουφώματος είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της γραμμικής θερμογέφυρας που εμφανίζεται κατά μήκος της συναρμογής υάλωσης με το πλαίσιο. [9] Η έννοια και η επίδραση των θερμογεφύρων γενικά στο κτιριακό κέλυφος παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 12.6.

Τυπικές τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας, Ψ_g , δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.7, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφύρων μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα. [11] Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_g ισούται με μηδέν. Επίσης, στην περίπτωση κουφωμάτων με μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες, χωρίς κάποια ειδική επίστρωση χαμηλής εκπομπής, η επίδραση της θερμογέφυρας στο συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας είναι μικρή και για το λόγο αυτό γενικά μπορεί να αγνοηθεί. [9]

Πίνακας 3.7: Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα. [11]

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλάισιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλάισιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλάισιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλάισιο	0,06	0,08

3.9.1.3 Αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα [11]

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U_g , του υαλοπίνακα υπολογίζεται αναλυτικά από τον παρακάτω τύπο:

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_{\delta} + R_a} \quad [W / (m^2 K)] \quad (3.27)$$

όπου

U_g [$W / (m^2 K)$] 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,

λ [$W / (mK)$] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της υάλου,

R_{δ} [$(m^2 K) / W$] η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα

R_i [$(m^2 K) / W$] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a [$(m^2 K) / W$] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 3.8 [11]. Στον πίνακα αυτό δίνονται οι τιμές των θερμικών αντιστάσεων του αέρα του διακένου συναρτήσει του πάχους του διακένου καθώς και του τύπου του φύλλου του υαλοπίνακα (με ή χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής) και ισχύουν σε κάθε περίπτωση για κατακόρυφα τοποθετημένα παράθυρα με αέρα στο διάκενο.

Πίνακας 3.8: Θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου υαλοπίνακα [11]

Πάχος διακένου mm	Θερμική αντίσταση διακένου υαλοπινάκων $R_{\delta,w}$ [$W/(m^2K)$]		
	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
20	0,179	0,336	0,406

3.9.2 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων

Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα U_g παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.9 [9]. Στον πίνακα αυτό δίνονται οι τιμές του συντελεστή U_g για μονό και για διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 και 12mm. Ακόμη δίνονται οι τιμές του συντελεστή U_g για διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 και 12mm και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon=0,10$).

Πίνακας 3.9: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα [9]

Τύπος υαλοπίνακα	U_g
	[W/(m ² K)]
Μονός υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon=0,10$)	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon=0,10$)	1,80

Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων, U_g , παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.10 [11] ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα. Στον πίνακα αυτό δίνονται οι τιμές των συντελεστών U_g συναρτήσεως του τύπου της υάλωσης δηλαδή διπλή, τριπλή, χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής ή με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή σε δύο φύλλα όταν πρόκειται για τριπλό υαλοπίνακα, του συντελεστή εκπομπής, του πάχους του διακένου και του τύπου του αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων (αέρας, αργό, κρυπτό).

Πίνακας 3.10: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων [11]

Υάλωση			U_g [W/(m ² K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
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	$\leq 0,1$	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	$\leq 0,05$	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	
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	$\leq 0,1$	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	$\leq 0,05$	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

3.9.3 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , των συνηθέστερων κουφωμάτων που συναντώνται στο κτιριακό απόθεμα έχουν υπολογισθεί και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.11 [9]. Στον πίνακα αυτό δίνεται το εύρος τιμών που αντιστοιχεί σε συνδυασμό διαφορετικών υαλοπινάκων και πλαισίων για διάφορα ποσοστά πλαισίου επί του κουφώματος και μήκη θερμογέφυρας που σχηματίζεται στη συναρμογή υαλοπίνακα και πλαισίου. [9]

Πίνακας 3.11: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων U_w [W/(m²K)] [9]

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
			[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]
	[%]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1

Στη συνέχεια, στον πίνακα 3.12 [11] δίδονται ενδεικτικά τιμές του συντελεστή U_w για διαφορετικούς τύπους κουφώματος συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου (αλουμίνιο, συνθετικό, ξύλο) του τύπου του υαλοπίνακα (διπλός, τριπλός, με επικάλυψη από τη μια πλευρά ή από τις δύο), της ικανότητας θερμικής εκπομπής, του τύπου του αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και της ποσοστιαίας αναλογίας πλαισίου υαλοπίνακα. Στην περίπτωση που τα κουφώματα του υπό μελέτη κτιρίου παρουσιάζουν όμοια γεωμετρικά και θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά με τα κουφώματα του πίνακα τότε μπορεί να γίνει απευθείας χρήση των τιμών του, δηλαδή μπορεί η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος μπορεί να ληφθεί απευθείας από τον πίνακα. Σημειώνεται ότι στις τιμές του πίνακα έχει ληφθεί επίσης υπόψη η παρατηρούμενη θερμογέφυρα που δημιουργείται στην επαφή του υαλοπίνακα με το πλαίσιο του κουφώματος. [11] Τέλος, αναφέρεται ότι οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των κουφωμάτων, U_w , που δίνονται στον παρακάτω πίνακα και έχουν σημειωθεί με γαλάζιο χρώμα προκύπτουν αρκετά υψηλές και δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες, όπως παρουσιάστηκαν στον πίνακα 1.1 και συνεπώς δεν επιτρέπεται η χρήση αυτών των κουφωμάτων.

Πίνακας 3.12α: Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,23mm \times 1,48 mm$. Συνθετικό/ξύλινο πλαίσιο. [11]

	U_i $W/(m^2K)$	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2K)$								
		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 3.12β: Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων 1,48mm x 2,18 mm. Συνθετικό/ξύλινο πλαίσιο. [11]

	U_{T_2} $W/(m^2K)$	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_{B_2} $W/(m^2K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου= 19% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 7,5cm	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= 10cm	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= 12,5cm	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 3.12γ: Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων 1,23mm × 1,48 mm. Μεταλλικό πλαίσιο. [11]

	U_i $W/(m^2K)$	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_e $W/(m^2K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου= 26% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 7,5cm	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= 10cm	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= 12,5cm	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 3.12δ: Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,48mm \times 2,18mm$. Μεταλλικό πλαίσιο. [11]

	U_f $W/(m^2K)$	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_o $W/(m^2K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου= 19% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 7,5cm	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= 10cm	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= 12,5cm	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	

4. Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών δομικών στοιχείων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται θερμική ανάλυση της δομής τυπικών δομικών στοιχείων που δύνανται να συνθέσουν το κέλυφος της κτιριακής κατασκευής και συναντώνται κατά κύριο λόγο στη χώρα μας. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται θερμική ανάλυση της δομής εξωτερικών τοιχοποιιών, κολόνων και δοκών, οροφών καθώς και δαπέδων που μπορεί να βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους ή και σε επαφή με το έδαφος. Για κάθε δομικό στοιχείο γίνεται υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του ο οποίος παρουσιάζεται κάθε φορά στον αντίστοιχο πίνακα, ενώ δίνεται και η αντίστοιχη σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου υπό κλίμακα 1:10.

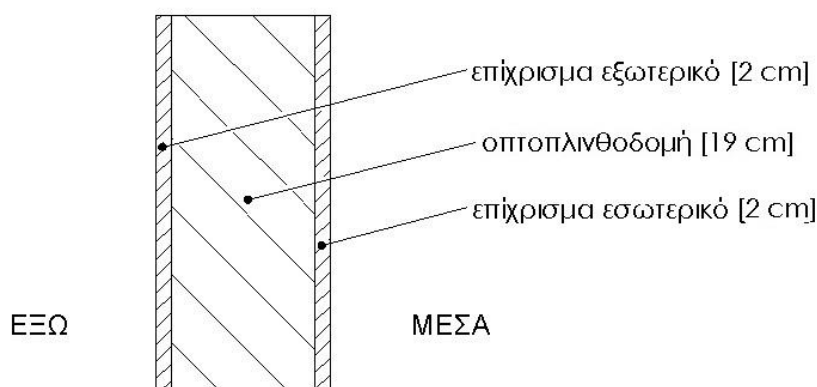
4.1 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών εξωτερικών τοιχοποιιών

ΤΟΙΧΟΣ T1

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 19cm και επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 23cm.

Πίνακας 4.1.1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T1

T1 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 19cm)					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	$\lambda (W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1000	19	0,46	0,413
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$	$R_a (m^2K/W)$	$R (m^2K/W)$			
0,13	0,04	0,459			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,590	



Σχήμα 4.1.1: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T1 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T2

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 19cm. Στην εξωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm και το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T2

T2 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 19cm) με εξωτερική θερμομόνωση 6cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		6	0,033	1,818
3	οπτοπλινθοδομή	1500	19	0,51	0,373
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,237	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,416	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,434 W/m^2K$.

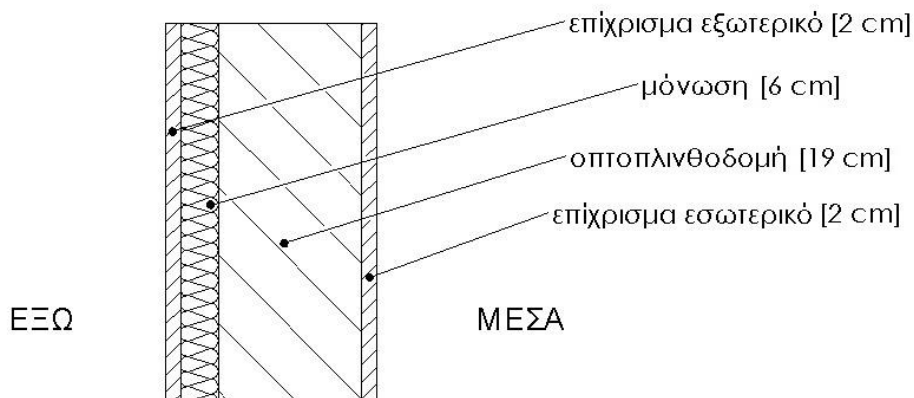
ΤΟΙΧΟΣ T3

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εσωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 19cm και επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 6cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28,25cm.

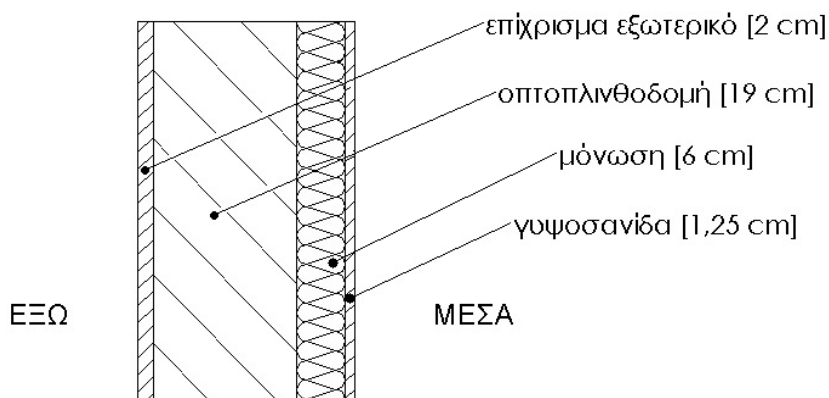
Πίνακας 4.1.3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T3

T3 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 19cm) με εσωτερική θερμομόνωση 6cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1500	19	0,51	0,373
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,273	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,409	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,427\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.2: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T2 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.3: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T3 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T4

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εσωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 12cm και επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής και επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 21cm.

Πίνακας 4.1.4: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T4

T4 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 12cm) με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1200	12	0,45	0,267
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,828	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,501	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,533 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T5

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 12cm και επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής και επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 21cm.

Πίνακας 4.1.5: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T5

T5 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 12cm) με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1200	12	0,45	0,267
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,828	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,501	

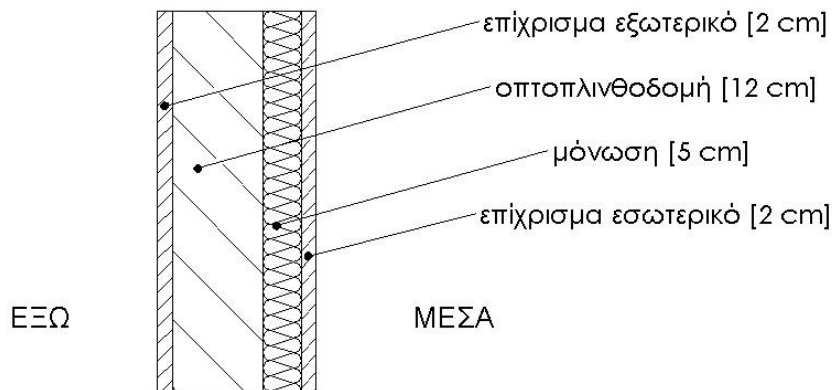
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,533 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ Τ6

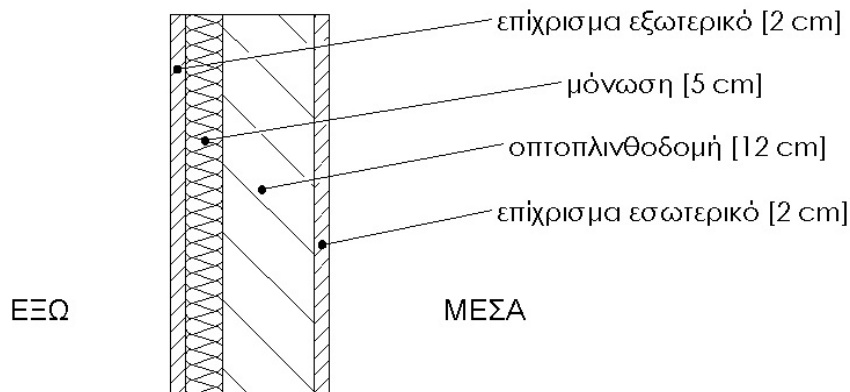
Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος χωρίς ενδιάμεσο διάκενο. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 22cm.

Πίνακας 4.1.6: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου Τ6

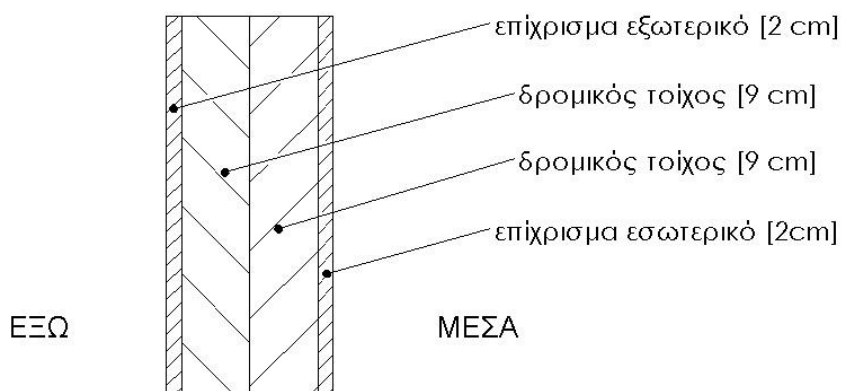
T6		Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm)			
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	0,392			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			1,779		



Σχήμα 4.1.4: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου Τ4 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.5: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου Τ5 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.6: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T6 υπό κλίμακα 1:10

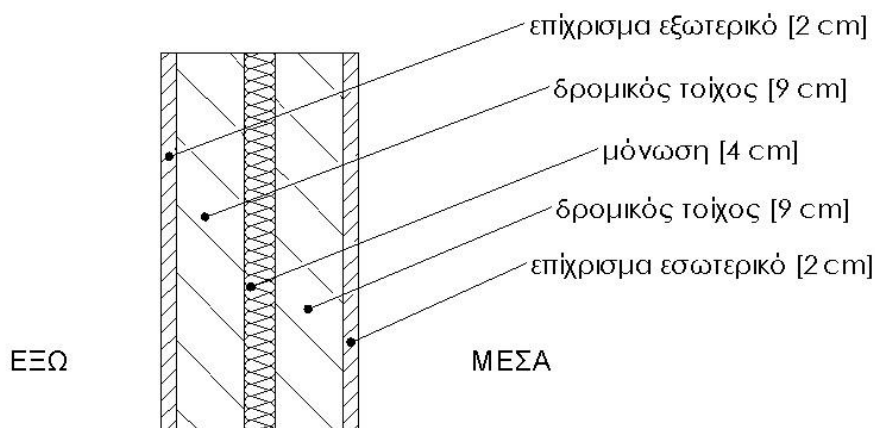
ΤΟΙΧΟΣ T7

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από σπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 4cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 26cm.

Πίνακας 4.1.7: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T7

T7 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 4cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	μόνωση		4	0,033	1,212
4	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,604	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,564	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,587 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.7: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T7 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T8α

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 27cm.

Πίνακας 4.1.8α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T8α

T8α Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομικός τοίχος	1200	9	0,45	0,200
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	ορθοδρομικός τοίχος	1200	9	0,45	0,200
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,961	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,469	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,489 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T8β

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 27cm.

Πίνακας 4.1.8β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T8β

T8β Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1500	9	0,51	0,176
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	οπτοπλινθοδομή	1500	9	0,51	0,176
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,913	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,480	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,501 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T9

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 6cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28cm.

Πίνακας 4.1.9: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T9

T9 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm) με διάκενο αέρα 6 cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	διάκενο αέρα		6		0,180
4	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,572	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,347	

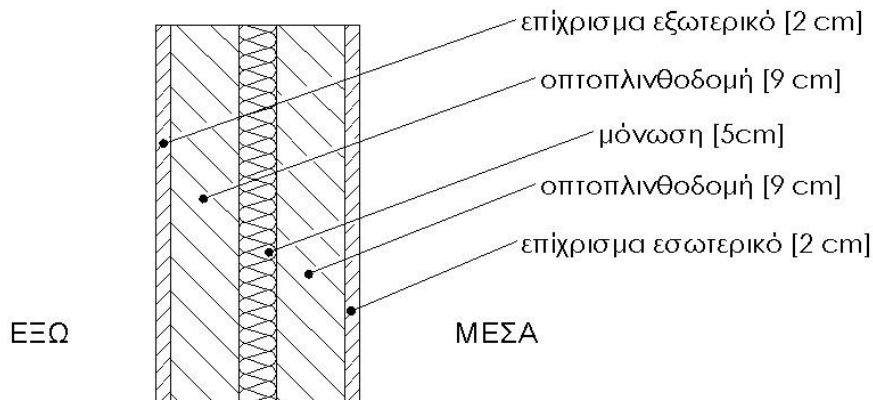
ΤΟΙΧΟΣ T10

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 6cm (μη αεριζόμενο) και εσωτερική θερμομόνωση. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 4cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου εκ των υστέρων, καθώς ο ρόλος του είναι η θερμομόνωση υφιστάμενης κατασκευής και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 33,25cm.

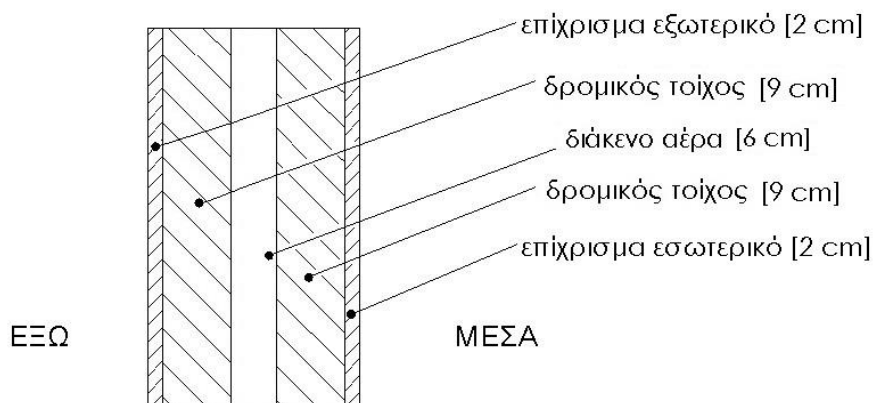
Πίνακας 4.1.10: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T10

T10 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm) με διάκενο αέρα 6 cm και εσωτερική θερμομόνωση 4cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	διάκενο αέρα		6		0,180
4	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
5	επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
6	μόνωση		4	0,033	1,212
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,844	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,497	

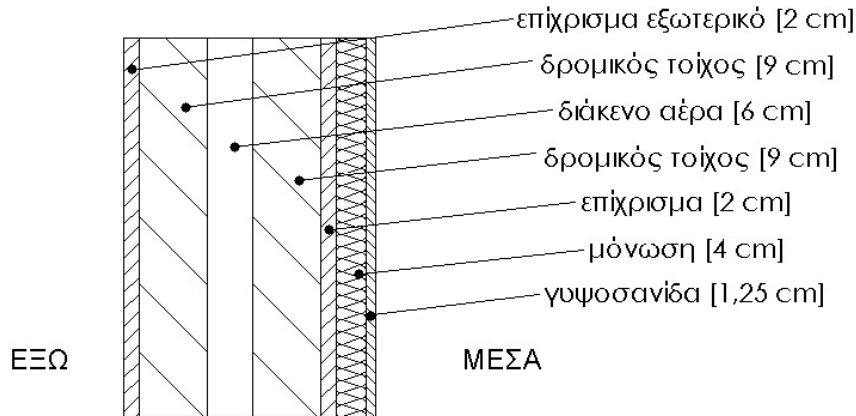
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,514 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.8: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής των τοίχων T8α και T8β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.9: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T9 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.10: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T10 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T11

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 7cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης (εσωτερικό κέλυφος). Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του είναι 34cm.

Πίνακας 4.1.11: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T11

T11 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm) με διάκενο αέρα 7cm και με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	διάκενο αέρα		7		0,180
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,087	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,443	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,461 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T12

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με αεριζόμενο διάκενο 4cm και εξωτερική θερμομόνωση. Το εσωτερικό κέλυφος του τοίχου (τοίχος στήριξης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής στερεώνονται προκατασκευασμένες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος,

έτσι ώστε να δημιουργείται ένα διάκενο αερισμού μεταξύ αυτών και της θερμομονωτικής στρώσης. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 1,5cm και 2cm αντίστοιχα. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 24cm.

Πίνακας 4.1.12: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T12

T12 Αεριζόμενος τοίχος (οπτοπλινθοδομή 9cm) και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό		1,5		-
2	πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος		2,5		-
3	αεριζόμενο διάκενο		4		-
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	οπτοπλινθοδομή	1500	9	0,51	0,176
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		1,715	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,506	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,530 W/m^2K$.

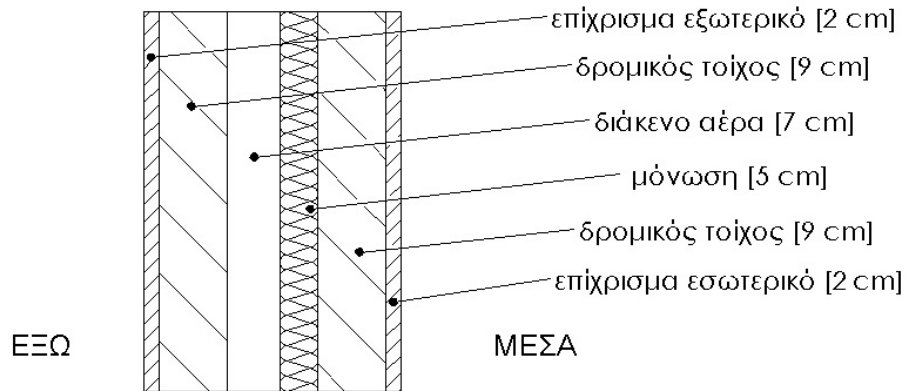
ΤΟΙΧΟΣ T13

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 6cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 21cm.

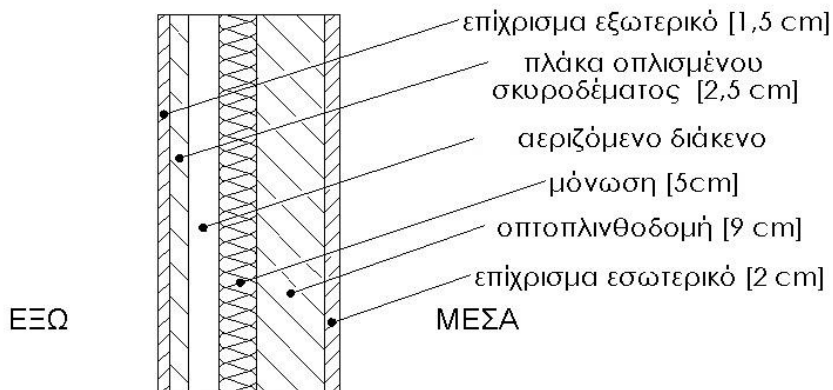
Πίνακας 4.1.13: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T13

T13 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,792	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,510	

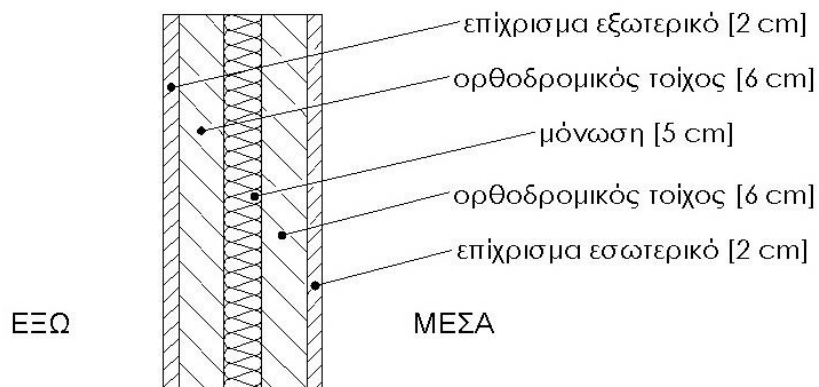
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,533\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.11: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T11 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.12: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T12 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.13: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T13 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T14

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 6cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 6cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 22cm.

Πίνακας 4.1.14: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T14

T14 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm) με διάκενο αέρα 6cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
3	διάκενο αέρα		6		0,180
4	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	0,457			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			1,596		

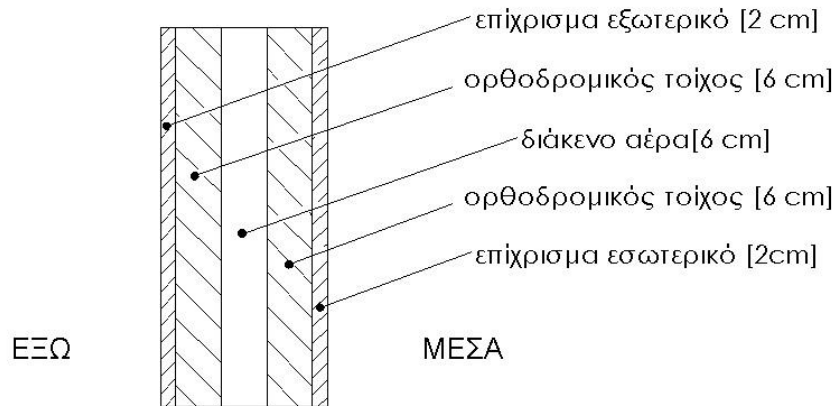
ΤΟΙΧΟΣ T15

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm και ο τοίχος στήριξης σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 4cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 23cm.

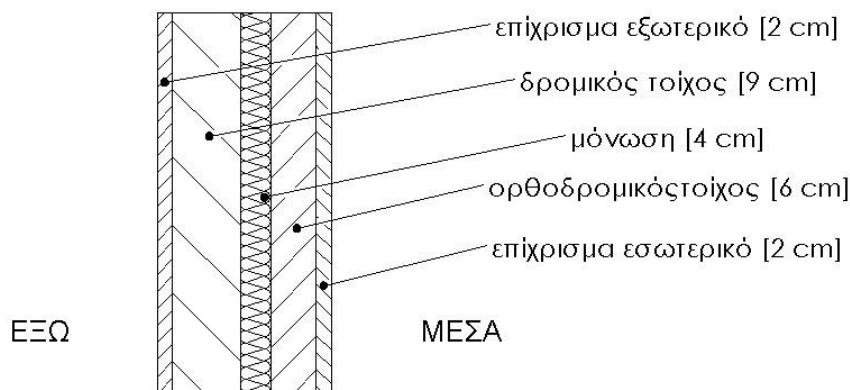
Πίνακας 4.1.15: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T15

T15 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm και ορθοδρομικός 6cm) με θερμομόνωση πυρήνα 4cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	μόνωση		4	0,033	1,212
4	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	1,547			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,583		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,607 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.14: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T14 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.15: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T15 υπό κλίμακα 1:10

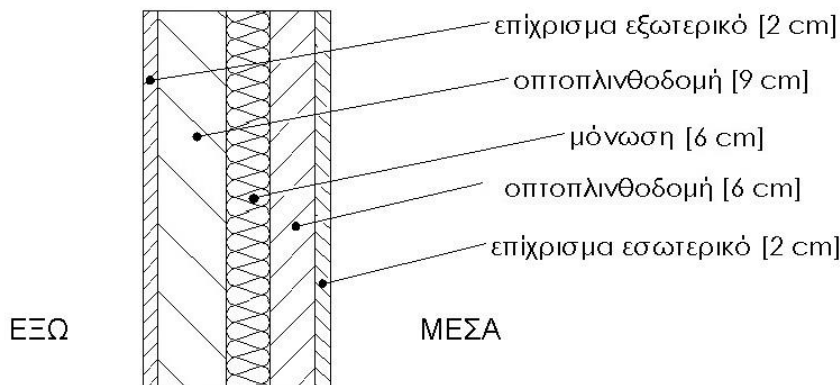
ΤΟΙΧΟΣ T16

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτοπλινθούς διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε πάχος 9cm και ο τοίχος στήριξης σε πάχος 6cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 6cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 25cm.

Πίνακας 4.1.16: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T16

T16 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 9cm και 6cm) με θερμομόνωση πυρήνα 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1200	9	0,52	0,173
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	οπτοπλινθοδομή	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		2,153	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,431	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,451\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.16: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T16 υπό κλίμακα 1:10

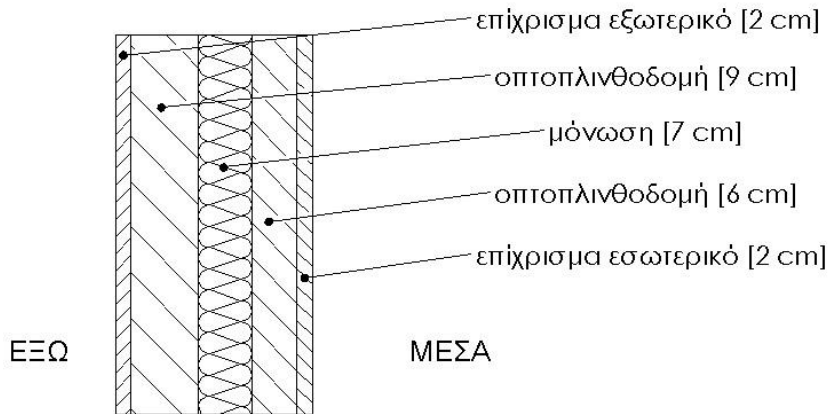
ΤΟΙΧΟΣ T17

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε πάχος 9cm και ο τοίχος στήριξης σε πάχος 6cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 7cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 26cm.

Πίνακας 4.1.17: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T17

T17 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 9cm και 6cm) με θερμομόνωση πυρήνα 7cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1500	9	0,51	0,176
3	μόνωση		7	0,033	2,121
4	οπτοπλινθοδομή	1500	6	0,51	0,118
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		2,461	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,380	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,398\text{ W/m}^2\text{K}$.



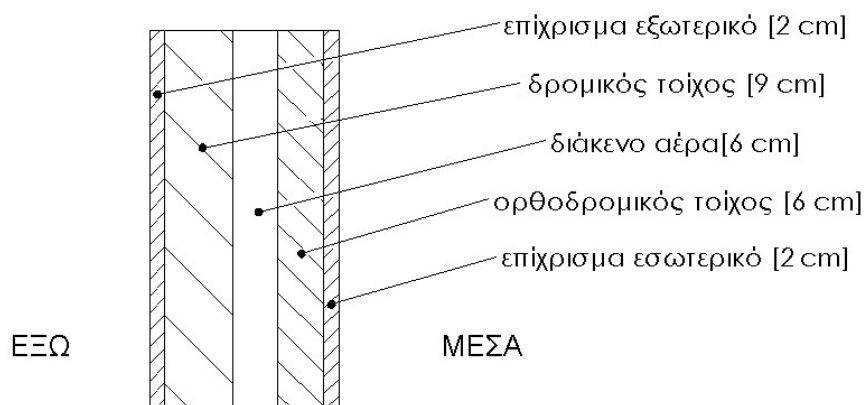
Σχήμα 4.1.17: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T17 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T18

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 6cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm και ο τοίχος στήριξης σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 25cm.

Πίνακας 4.1.18: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T18

T18 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm και ορθοδρομικός 6cm) με διάκενο αέρα 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
3	διάκενο αέρα		6		0,180
4	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,514	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,461	



Σχήμα 4.1.18: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T18 υπό κλίμακα 1:10

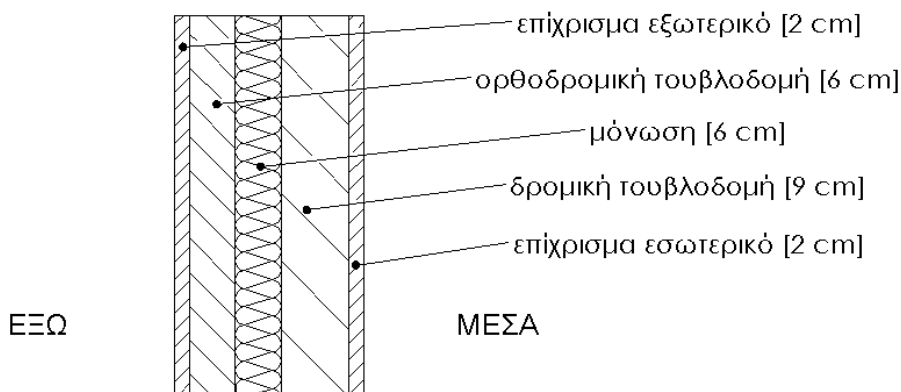
ΤΟΙΧΟΣ T19

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm και ο τοίχος στήριξης σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 6cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 25cm.

Πίνακας 4.1.19: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T19

T19	Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm και δρομικός 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 6cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομική τουβλοδομή	1200	6	0,52	0,115
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	δρομική τουβλοδομή	1200	9	0,52	0,173
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	2,153			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,431		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,451 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.19: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T19 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T20

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm και ο τοίχος στήριξης σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 7cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 26cm.

Πίνακας 4.1.20: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T20

T20 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm και δρομικός 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 7cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομικός	1500	6	0,51	0,118
3	μόνωση		7	0,033	2,121
4	δρομικός	1500	9	0,51	0,176
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,461	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,380	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,398 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T21

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλφος με διάκενο αέρα 4cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm και ο τοίχος στήριξης σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 23cm.

Πίνακας 4.1.21: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T21

T21 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm και δρομικός 9cm) με διάκενο αέρα 4cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομικός τοίχος	1000	6	0,46	0,130
3	διάκενο αέρα		4		0,180
4	δρομικός τοίχος	1000	9	0,46	0,196
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,552	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,385	

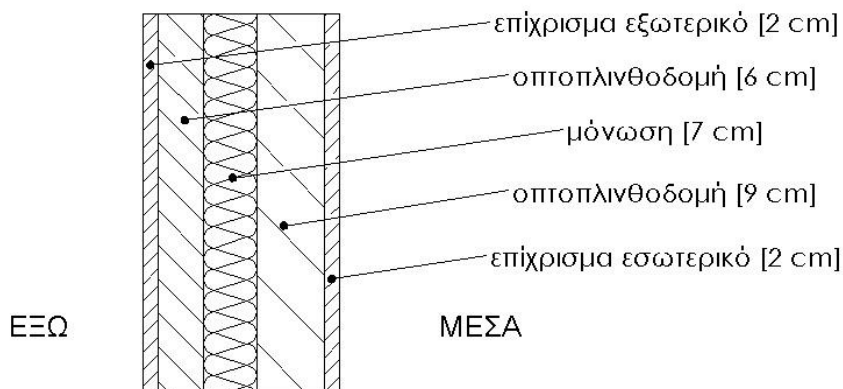
ΤΟΙΧΟΣ T22

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 5cm (μη αεριζόμενο) και εσωτερική θερμομόνωση. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτοπλινθούς διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm και ο τοίχος στήριξης σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 4cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου εκ των υστέρων, καθώς ο ρόλος της είναι η θερμομόνωση υφιστάμενης κατασκευής και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29,25cm.

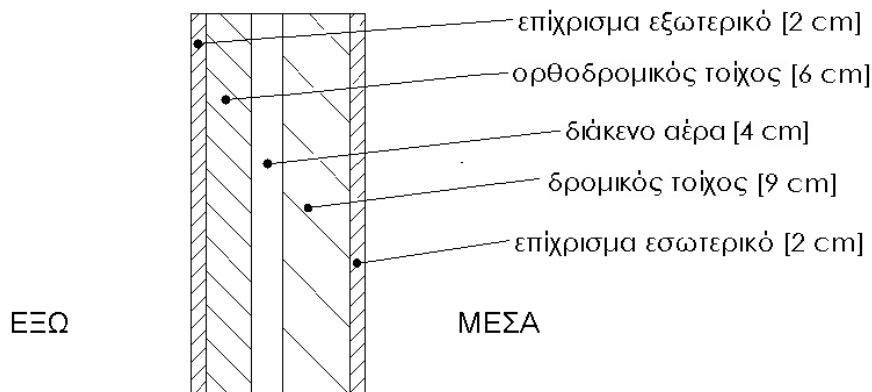
Πίνακας 4.1.22: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T22

T22 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm και 9cm) με διάκενο αέρα 5cm και εσωτερική θερμομόνωση 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	ορθοδρομικός τοίχος	1000	6	0,46	0,130
3	διάκενο αέρα		5		0,180
4	ορθοδρομικός τοίχος	1000	9	0,46	0,196
5	επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
6	μόνωση		4	0,033	1,212
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,824	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,502	

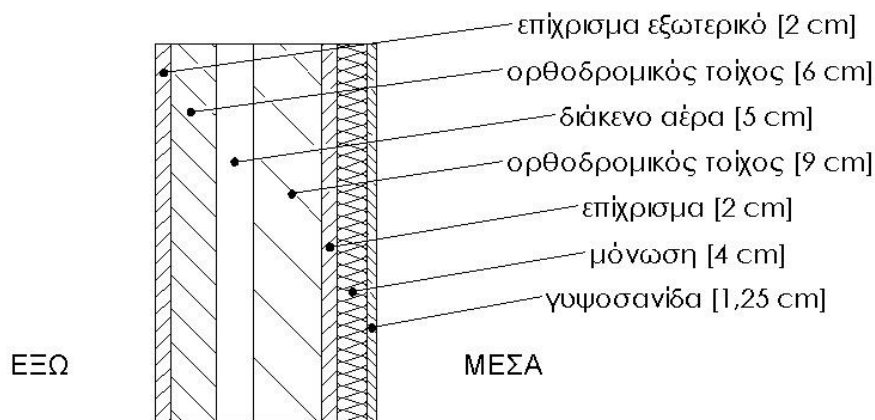
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,520 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.20: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T20 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.21: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T21 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.22: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T22 υπό κλίμακα 1:10

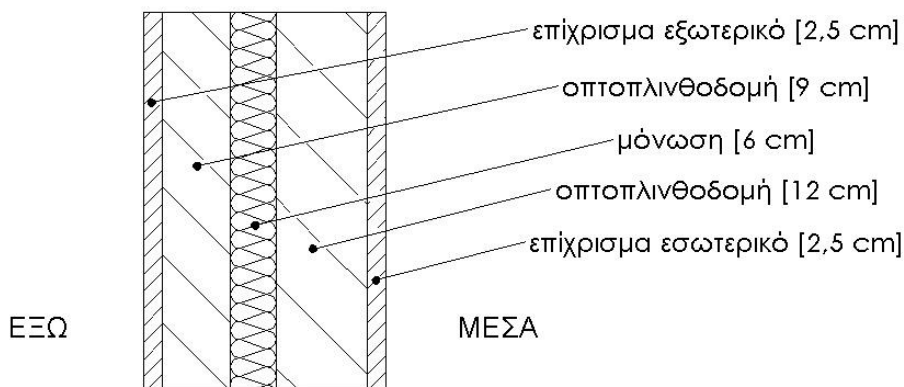
ΤΟΙΧΟΣ T23

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το εξωτερικό κέλυφος (τοίχος πρόσοψης) του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm. Το εσωτερικό κέλυφος του τοίχου (τοίχος στήριξης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 12cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 6cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 32cm.

Πίνακας 4.1.23: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T23

T23 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 9cm και 12cm) με θερμομόνωση πυρήνα 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	οπτοπλινθοδομή	1200	9	0,45	0,200
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	οπτοπλινθοδομή	1200	12	0,45	0,267
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,342	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,398	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,415\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.23: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T23 υπό κλίμακα 1:10

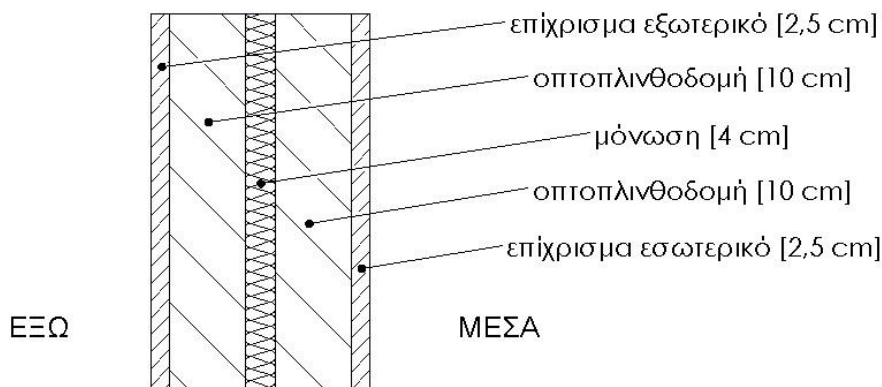
ΤΟΙΧΟΣ T24

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτοπλινθούς διάτρητους σε πάχος 10cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 4cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.24: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T24

T24 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 10cm) με θερμομόνωση πυρήνα 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	οπτοπλινθοδομή	1200	10	0,52	0,192
3	μόνωση		4	0,033	1,212
4	οπτοπλινθοδομή	1200	10	0,52	0,192
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		1,654	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,548	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,570\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.24: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T24 υπό κλίμακα 1:10

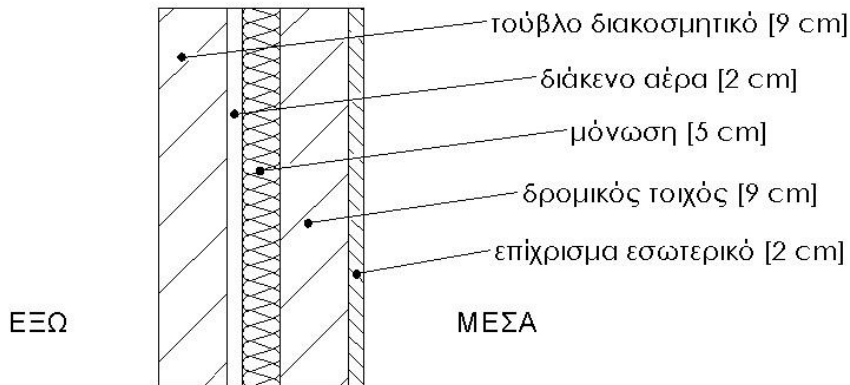
ΤΟΙΧΟΣ T25

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 2cm (μη αεριζόμενο). Το εξωτερικό κέλυφος (τοίχος πρόσοψης) κατασκευάζεται από πλήρεις οπτόπλινθους (διακοσμητικά τούβλα) σε πάχος 9cm. Το εσωτερικό κέλυφος (τοίχος στήριξης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 27cm.

Πίνακας 4.1.25: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T25

T25 Διπλός τοίχος (τοίχος με διακοσμητικό τούβλο 9cm και δομικός 9cm) με διάκενο αέρα 2cm και θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	τούβλο διακοσμητικό	1800	9	0,79	0,114
2	διάκενο αέρα		2		0,175
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	δομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,000	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,461	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,480 W/m^2K$.



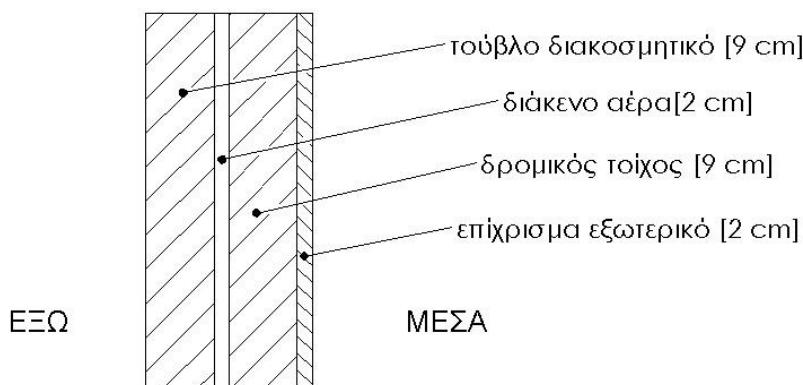
Σχήμα 4.1.25: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T25 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T26

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με διάκενο αέρα 2cm (μη αεριζόμενο). Το εξωτερικό κέλυφος (τοίχος πρόσοψης) κατασκευάζεται από πλήρεις οπτόπλινθους διαστάσεων (διακοσμητικά τούβλα) σε πάχος 9cm. Το εσωτερικό κέλυφος (τοίχος στήριξης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 22cm.

Πίνακας 4.1.26: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T26

T26 Διπλός τοίχος (τοίχος με διακοσμητικό τούβλο 9cm και δρομικός 9cm με διάκενο αέρα 2cm)					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	τούβλο διακοσμητικό	1800	9	0,79	0,114
2	διάκενο αέρα		2		0,175
3	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		0,485	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				1,527	



Σχήμα 4.1.26: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T26 υπό κλίμακα 1:10

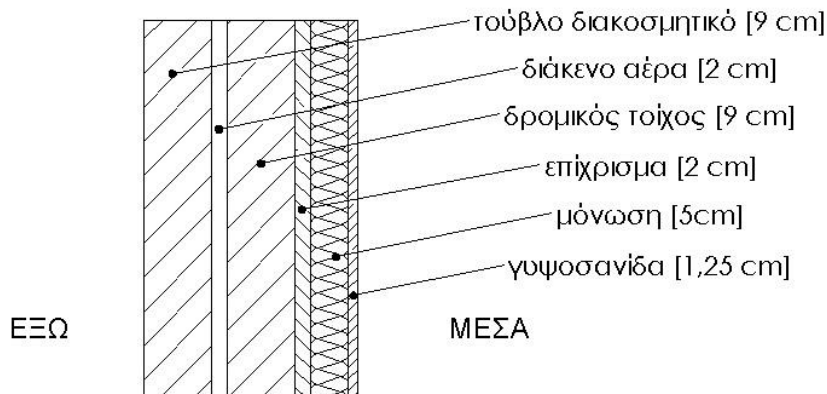
ΤΟΙΧΟΣ T27

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με διάκενο αέρα 2cm (μη αεριζόμενο) και εσωτερική θερμομόνωση. Το εξωτερικό κέλυφος (τοίχος πρόσοψης) κατασκευάζεται από πλήρεις οπτόπλινθους (διακοσμητικά τούβλα) σε πάχος 9cm. Το εσωτερικό κέλυφος (τοίχος στήριξης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης εκ των υστέρων, καθώς ο ρόλος της είναι η θερμομόνωση υφιστάμενης τοιχοποιίας, και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28,25cm.

Πίνακας 4.1.27: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T27

T27 Διπλός τοίχος (τοίχος με διακοσμητικό τούβλο 9cm και δρομικός 9cm) με διάκενο αέρα 2cm και εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	τούβλο διακοσμητικό	1800	9	0,79	0,114
2	διάκενο αέρα		2		0,175
3	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
4	επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
5	μόνωση		5	0,033	1,515
6	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,060	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,448	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,467 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.27: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T27 υπό κλίμακα 1:10

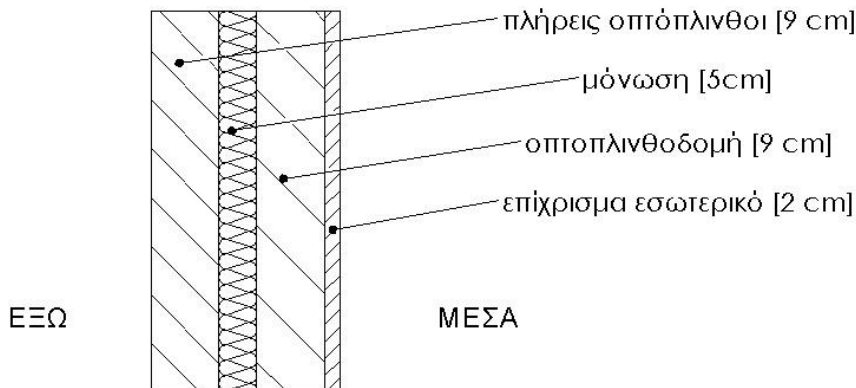
ΤΟΙΧΟΣ T28

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το εξωτερικό κέλυφος (τοίχος πρόσοψης) κατασκευάζεται από πλήρεις οπτόπλινθους (διακοσμητικά τούβλα) σε πάχος 9cm. Το εσωτερικό κέλυφος (τοίχος στήριξης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 25cm.

Πίνακας 4.1.28: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T28

T28	Διπλός τοίχος (τοίχος με διακοσμητικό τούβλο 9cm και οπτοπλινθοδομή 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	πλήρεις οπτόπλινθοι	1800	9	0,79	0,114
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1200	9	0,52	0,173
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,825	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,501	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,524 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.28: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T28 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T29

Ο τοίχος είναι δικέλφος εξωτερικός χωρίς ενδιάμεσο διάκενο και με εξωτερική θερμομόνωση. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 9cm*9cm*18cm σε δρομικό (ή ορθοδρομικό) σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Στην εξωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα σε πάχος 10cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 31cm.

Πίνακας 4.1.29: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T29

T29 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 18cm) με θερμομονωτικό επίχρισμα					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	10	0,056	1,786
3	οπτοπλινθοδομή	1200	18	0,52	0,346
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,166	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,428	

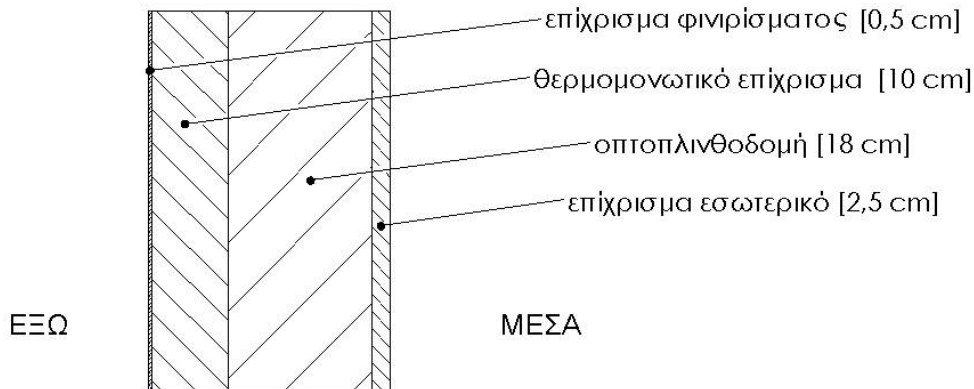
ΤΟΙΧΟΣ T30

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση στο διάκενο και με εξωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 9cm*9cm*18cm σε δρομικό (ή και ορθοδρομικό) σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό στρώση, που τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων, έχει πάχος 5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα σε πάχος 10cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 36cm.

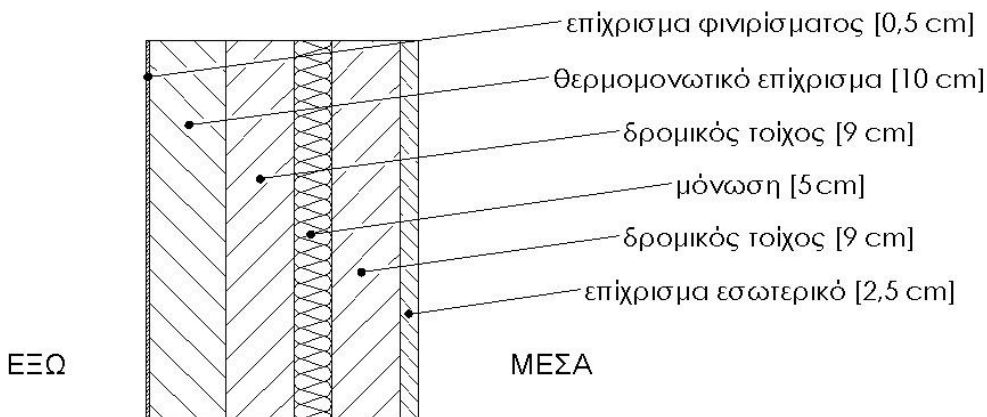
Πίνακας 4.1.30: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T30

T30 Διπλός τοίχος (δρομικός 9cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm και θερμομονωτικό επίχρισμα					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	10	0,056	1,786
3	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	δρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		3,682	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,260	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,266\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.29: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T29 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.30: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T30 υπό κλίμακα 1:10

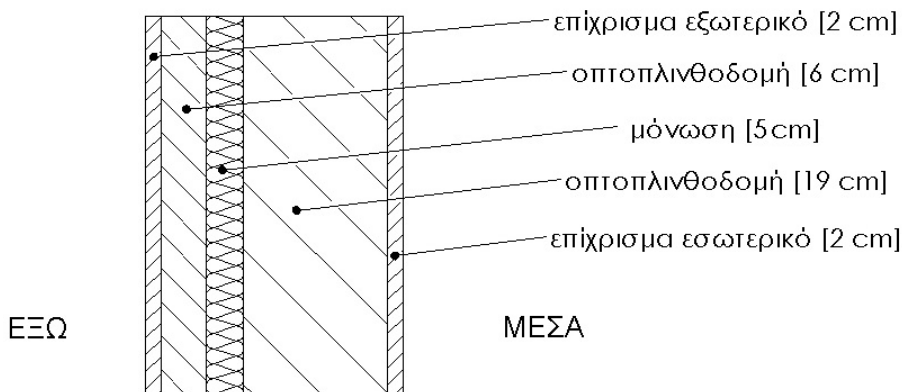
ΤΟΙΧΟΣ T31

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε πάχος 6cm και ο τοίχος στήριξης σε πάχος 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 34cm.

Πίνακας 4.1.31: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T31

T31 Διπλός τοίχος (οπτόπλινθοδομή 6cm και 19cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτόπλινθοδομή	1000	6	0,46	0,130
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	οπτόπλινθοδομή	1000	19	0,46	0,413
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,105	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,440	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,457\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.31: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T31 υπό κλίμακα 1:10

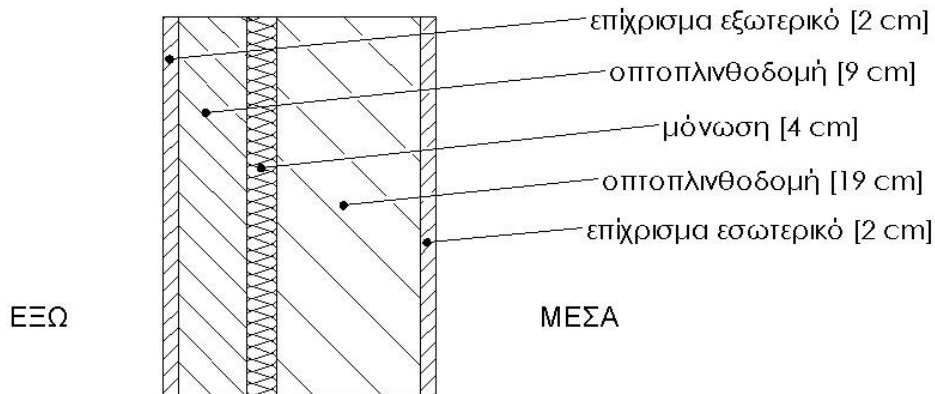
ΤΟΙΧΟΣ T32

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε πάχος 9cm και ο τοίχος στήριξης σε πάχος 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 4cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 36cm.

Πίνακας 4.1.32: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T32

T32					
Διπλός τοίχος (οπτόπλινθοδομή 9cm και 19cm) με θερμομόνωση πυρήνα 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτόπλινθοδομή	1200	9	0,52	0,173
3	μόνωση		4	0,033	1,212
4	οπτόπλινθοδομή	1200	19	0,52	0,365
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		1,797	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,509	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,527\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.32: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T32 υπό κλίμακα 1:10

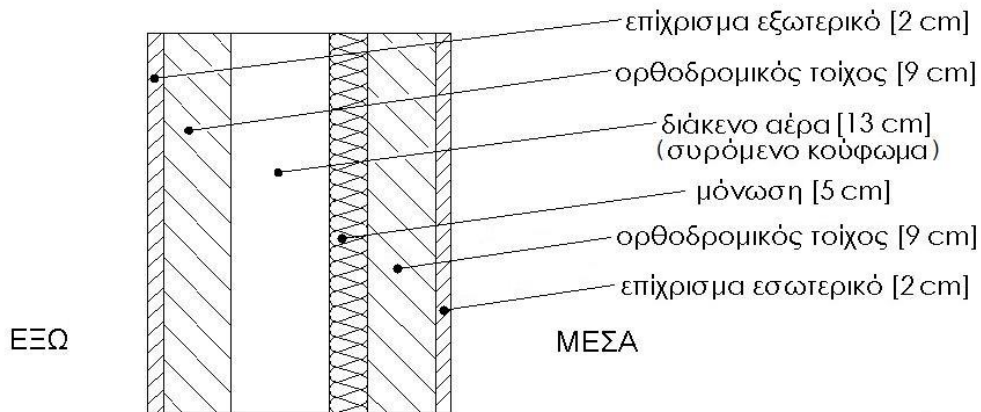
ΤΟΙΧΟΣ T33

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 13cm εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 40cm.

Πίνακας 4.1.33: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T33

T33					
Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 9cm) συρόμενου κουφώματος με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		-
2	ορθοδρομικός τοίχος		9		-
3	διάκενο αέρα		13		-
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	ορθοδρομικός τοίχος	1200	9	0,52	0,173
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		1,711	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,507	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,531 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.33: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T33 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T34

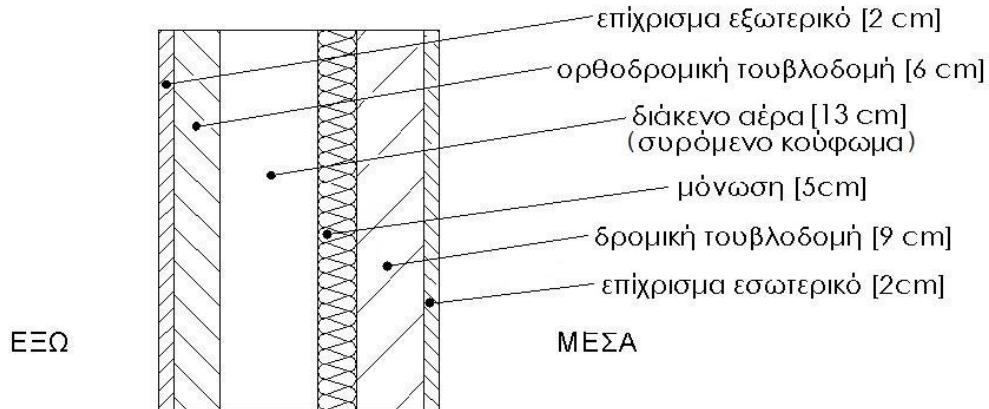
Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 13cm εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm και ο τοίχος στήριξης σε δρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 9cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 37cm.

Πίνακας 4.1.34: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T34

T34 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm και δρομικός 9cm) συρόμενου κουφώματος με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		-
2	ορθοδρομική τουβλοδομή		6		-
3	διάκενο αέρα		13		-
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	δρομική τουβλοδομή	1200	9	0,52	0,173
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		1,711	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,507	

Αντίστοιχα, μπορούν να κατασκευασθούν εξωτερικοί τοίχοι με τα ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αλλά με διάκενο αέρα εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος σε πάχος 15cm.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,531 W/m^2K$.



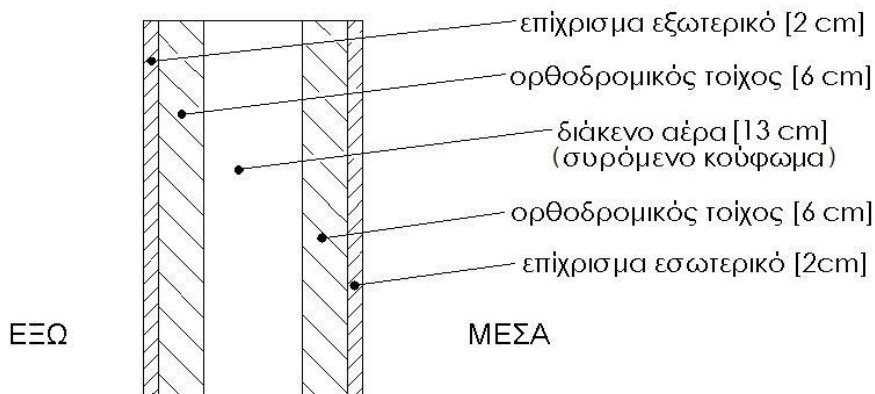
Σχήμα 4.1.34: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T34 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T35

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 13cm εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.35: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T35

T35 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm) συρόμενου κουφώματος					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		-
2	ορθοδρομικός τοίχος		6		-
3	διάκενο αέρα		13		-
4	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		0,138	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				2,510	



Σχήμα 4.1.35: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T35 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T36

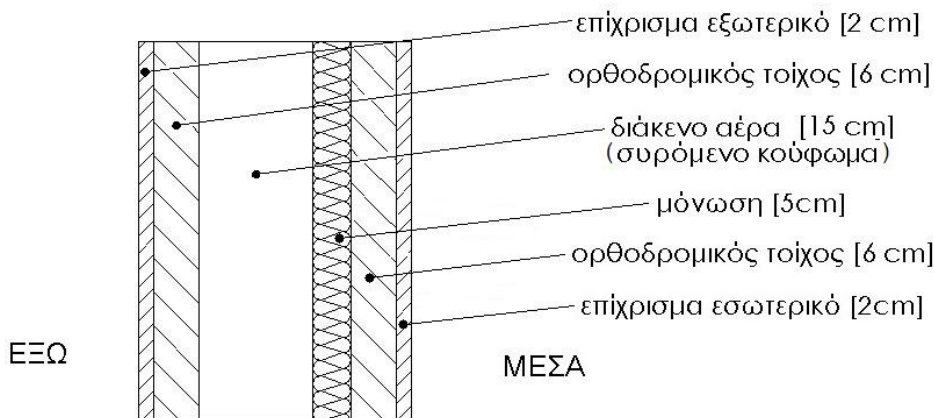
Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 15cm εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 6cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 36cm.

Πίνακας 4.1.36: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T36

T36 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm) συρόμενου κουφώματος με διάκενο αέρα 15cm και με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		-
2	ορθοδρομικός τοίχος		6		-
3	διάκενο αέρα		15		-
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	ορθοδρομικός τοίχος	1200	6	0,52	0,115
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		1,654	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,523	

Αντίστοιχα, μπορούν να κατασκευασθούν εξωτερικοί τοίχοι με τα ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αλλά με διάκενο αέρα εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος σε πάχος 13cm.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημισκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,557 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.36: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T36 υπό κλίμακα 1:10

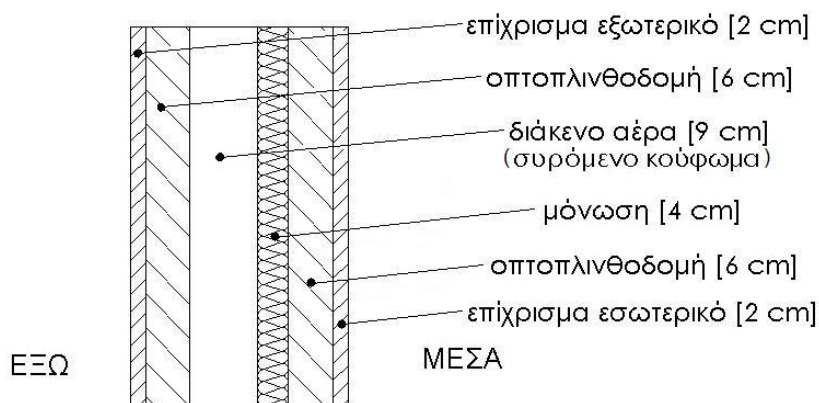
ΤΟΙΧΟΣ T37

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 9cm εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτοπλινθούς διάτρητους σε πάχος 6cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 4cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.37: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T37

T37 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 6cm) συρόμενου κουφώματος με διάκενο αέρα 9cm και με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		-
2	οπτοπλινθοδομή		6		-
3	διάκενο αέρα		9		-
4	μόνωση		4	0,033	1,212
5	οπτοπλινθοδομή	1000	6	0,46	0,130
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		1,366	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,615	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,643 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.37: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T37 υπό κλίμακα 1:10

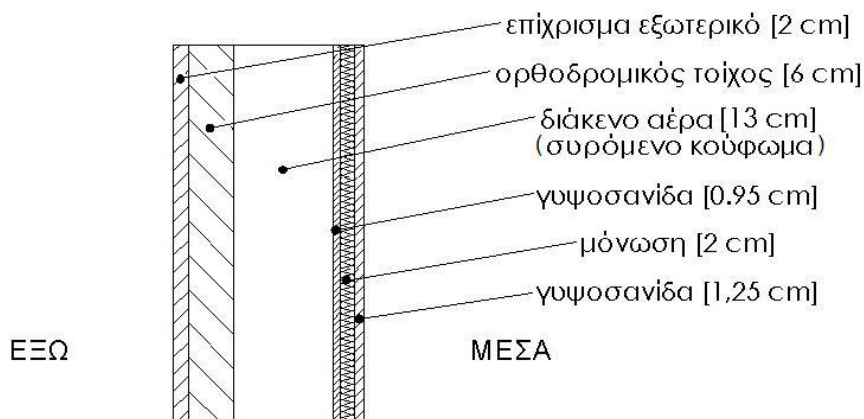
ΤΟΙΧΟΣ T38

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με εσωτερική θερμομόνωση και με διάκενο αέρα 13cm εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. Το εξωτερικό κέλυφος του τοίχου (τοίχος πρόσφυσης) κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm. Το εσωτερικό κέλυφος αποτελεί σύστημα ξηράς δόμησης και κατασκευάζεται από ένα σύστημα 2 γυψοσανίδων πάχους 9,5mm (εξωτερικά) και 12,5mm (εσωτερικά), μεταξύ των οποίων τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 2cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του είναι 25,2cm.

Πίνακας 4.1.38: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T38

T38 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 6cm) συρόμενου κουφώματος με γυψοσανίδες και θερμομόνωση 2cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		
2	ορθοδρομικός τοίχος		6		
3	διάκενο αέρα		13		
4	γυψοσανίδα	680	0,95	0,21	0,045
5	μόνωση	28	2	0,033	0,606
6	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,13		0,711	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,030	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=1,068 W/m^2K$, ενώ αν χρησιμοποιηθεί μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=1,122 W/m^2K$.



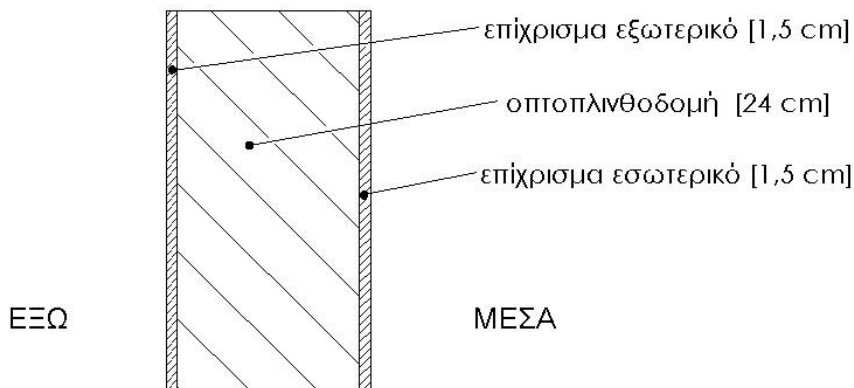
Σχήμα 4.1.38: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T38 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T39

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 24cm και επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 1,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 27cm.

Πίνακας 4.1.39: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T39

T39 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 24cm)					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
2	οπτοπλινθοδομή	1200	24	0,45	0,533
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	0,568			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			1,355		



Σχήμα 4.1.39: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T39 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T40

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εσωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 24cm και επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 32,25cm.

Πίνακας 4.1.40: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T40

T40 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 24cm) με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1200	24	0,45	0,533
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,131	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,435	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,035W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με U=0,452 W/m²K.

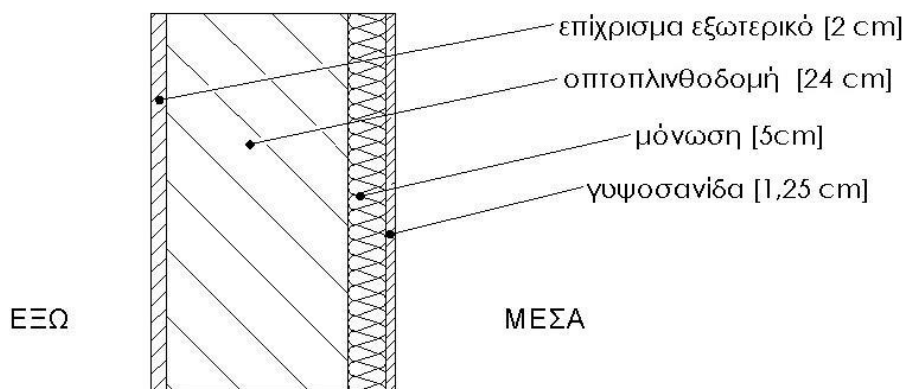
ΤΟΙΧΟΣ T41

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 24cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής και επιχρίεται με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 33cm.

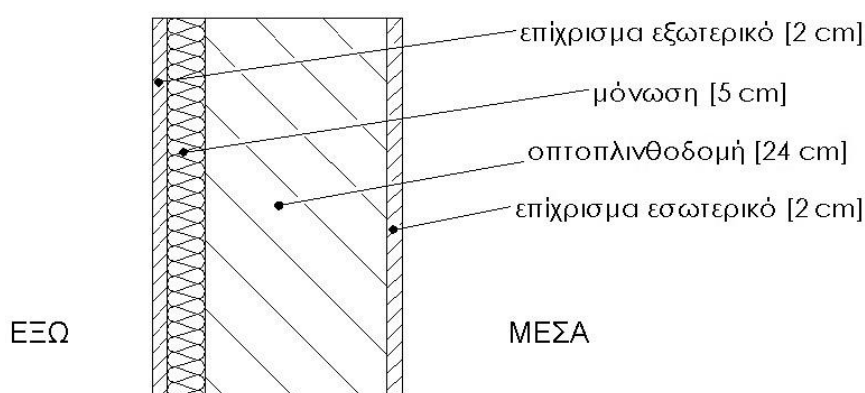
Πίνακας 4.1.41: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T41

T41 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 24cm) με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1200	24	0,45	0,533
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,094	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,442	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,035W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με U=0,459 W/m²K.



Σχήμα 4.1.40: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T40 υπό κλίμακα 1:10



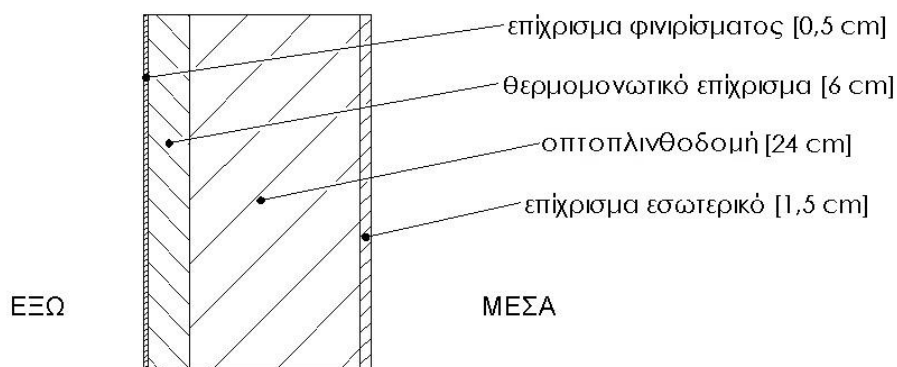
Σχήμα 4.1.41: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T41 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T42

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 24cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 1,5cm. Στην εξωτερικά πλευρά της οπτοπλινθοδομής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα σε πάχος 6cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 32cm.

Πίνακας 4.1.42: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T42

T42	Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 24cm) με εξωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα 6cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	6	0,056	1,071
3	οπτοπλινθοδομή	1200	24	0,45	0,533
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		1,628	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,556	



Σχήμα 4.1.42: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T42 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T43

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Ο τοίχος πρόσοψης κατασκευάζεται από πλήρεις οπτόπλινθους (διακοσμητικά τούβλα) σε πάχος 11,5cm ενώ ο τοίχος στήριξης από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 24cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 1,5cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 42cm.

Πίνακας 4.1.43: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T43

T43 Διπλός τοίχος (οπτόπλινθοι πλήρεις 11,5cm και οπτοπλινθοδομή 24cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	οπτόπλινθοι πλήρεις	1800	11,5	0,79	0,146
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1200	24	0,45	0,533
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,211	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,420	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,436 W/m^2K$.

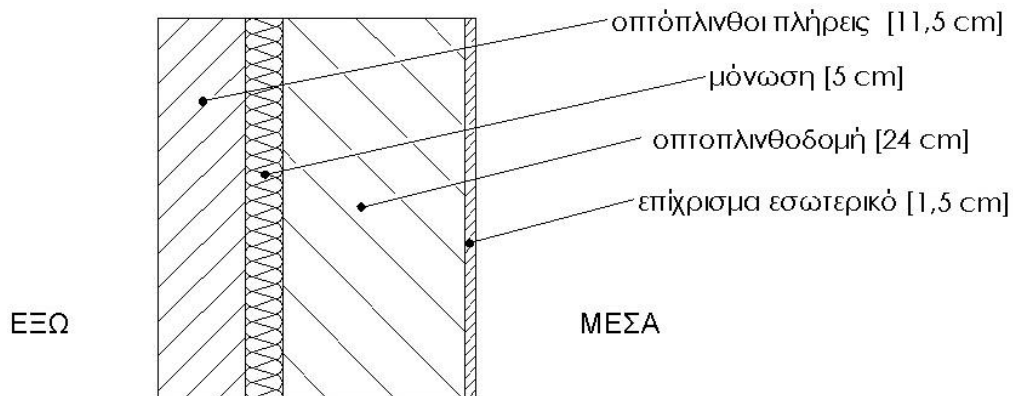
ΤΟΙΧΟΣ T44

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm και 1cm αντίστοιχα. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 33cm.

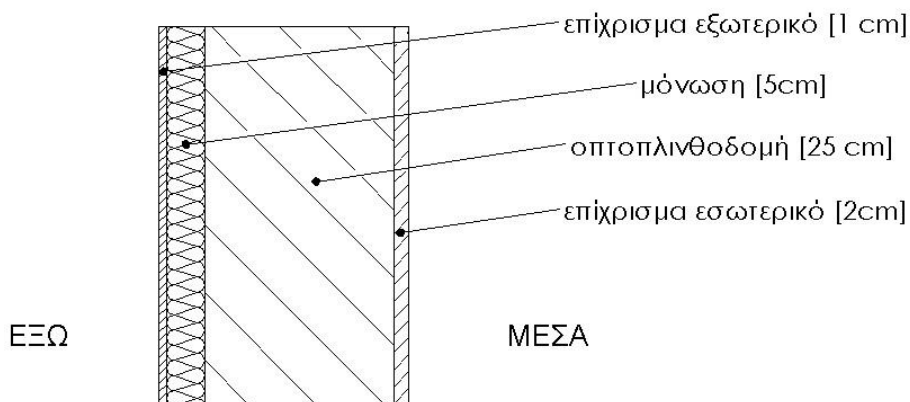
Πίνακας 4.1.44: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T44

T44 Μονός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 25cm) με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	1	0,87	0,011
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1200	25	0,45	0,556
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	2,105			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,440	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,457 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.43: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T43 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.44: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T44 υπό κλίμακα 1:10

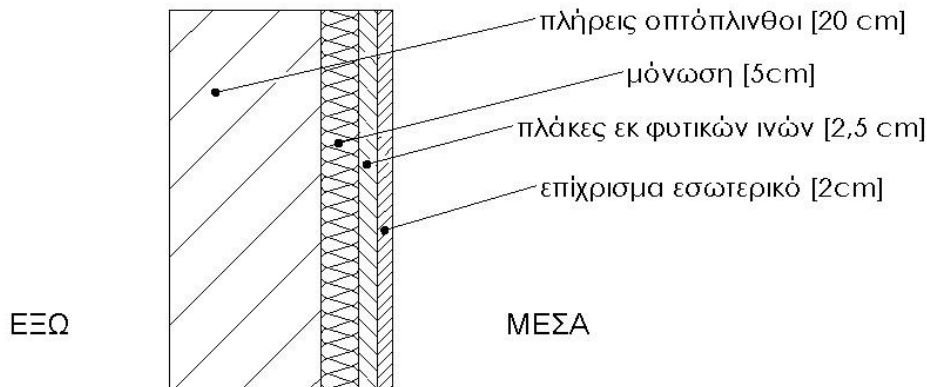
ΤΟΙΧΟΣ Τ45

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εσωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από πλήρεις οπτόπλινθους (διακοσμητικά τούβλα) σε πάχος 20cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής και επενδύεται με μία δεύτερη στρώση θερμομονωτικού υλικού, από πλάκες εκ φυτικών ινών πάχους 2,5cm, οι οποίες επιχρίονται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29,5cm.

Πίνακας 4.1.45: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου Τ45

T45 Μονός τοίχος (πλήρεις οπτόπλινθοι 20cm) με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλήρεις οπτόπλινθοι	1800	20	0,79	0,253
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	πλάκες εκ φυτικών ινών	460	2,5	0,093	0,269
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,060	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,448	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,467 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.45: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου Τ45 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T46

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε δρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 20cm και επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 25cm.

Πίνακας 4.1.46: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T46

T46 Μονός τοίχος δρομικός 20cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	δρομικός τοίχος	1000	20	0,4	0,500
3	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)	R_a (m ² K/W)	R (m ² K/W)			
0,13	0,04				0,550
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				1,389	

ΤΟΙΧΟΣ T47

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε δρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 20cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 3cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28cm.

Πίνακας 4.1.47: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T47

T47 Μονός τοίχος δρομικός 20cm με εξωτερική θερμομόνωση 3cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	μόνωση		3	0,033	0,909
3	δρομικός τοίχος	1000	20	0,4	0,500
4	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)	R_a (m ² K/W)	R (m ² K/W)			
0,13	0,04				1,459
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,614	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,634\text{ W/m}^2\text{K}$.

ΤΟΙΧΟΣ T48

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε δρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 20cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 30cm.

Πίνακας 4.1.48: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T48

T48 Μονός τοίχος δρομικός 20cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	δρομικός τοίχος	1000	20	0,4	0,500
4	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,065	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,447	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,465\text{ W/m}^2\text{K}$.

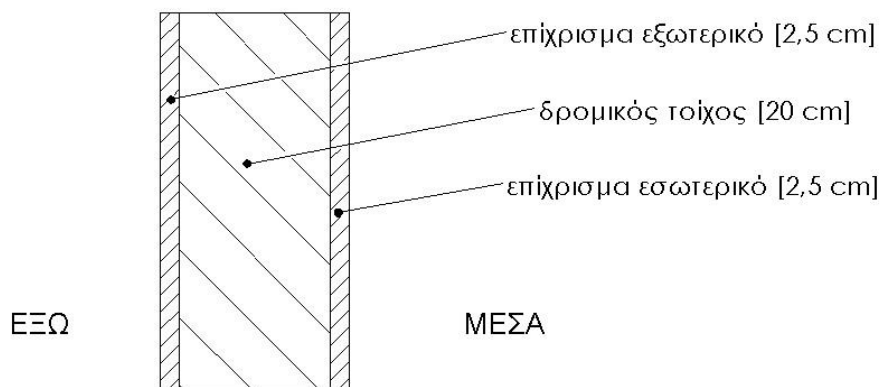
ΤΟΙΧΟΣ T49

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εσωτερική θερμομόνωση. Η οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε δρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 20cm και επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της οπτοπλινθοδομής και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28,75cm.

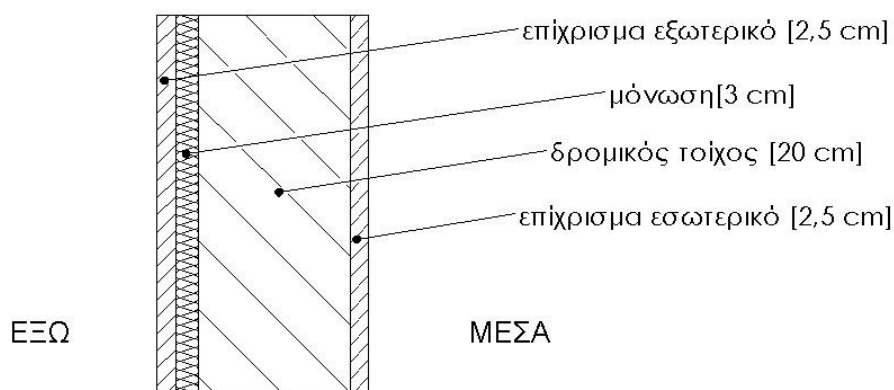
Πίνακας 4.1.49: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T49

T49 Μονός τοίχος δρομικός 20cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	δρομικός τοίχος	1000	20	0,4	0,500
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,100	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,441	

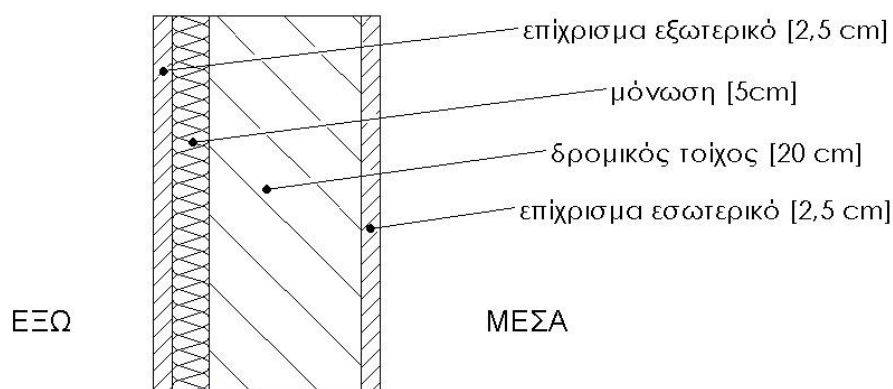
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,458\text{ W/m}^2\text{K}$.



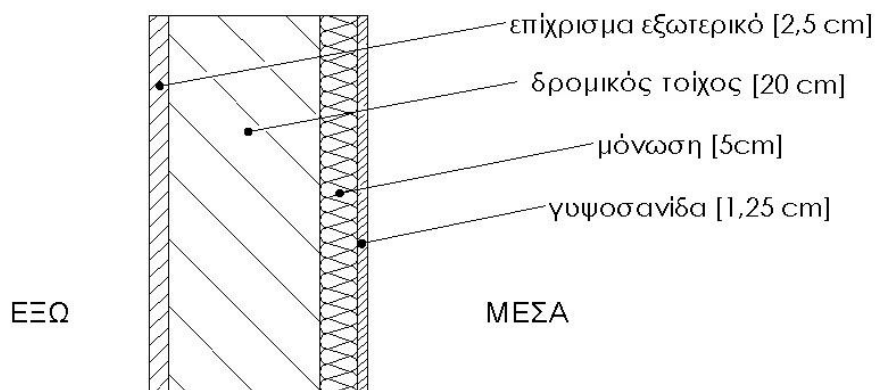
Σχήμα 4.1.46: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T46 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.47: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T47 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.48: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T48 υπό κλίμακα 1:10



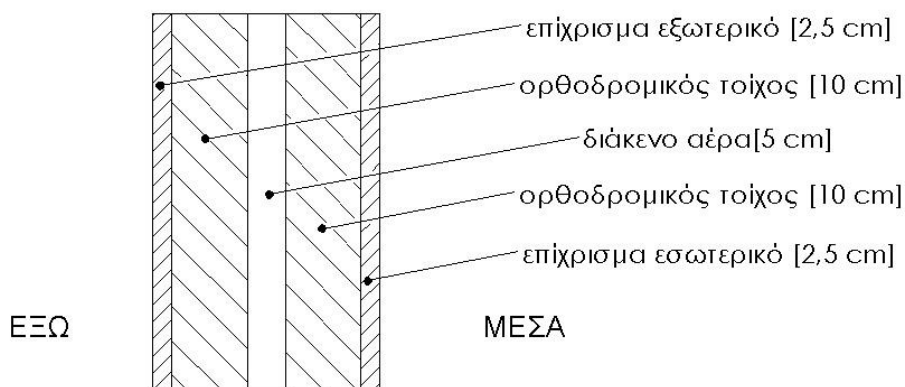
Σχήμα 4.1.49: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T49 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T50

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με διάκενο αέρα 5cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 10cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 30cm.

Πίνακας 4.1.50: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T50

T50 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 10cm) με διάκενο αέρα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα ρ(kg/m ³)	πάχος d(cm)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ(W/mK)	θερμική αντίσταση R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	ορθοδρομικός τοίχος	1000	10	0,4	0,250
3	διάκενο αέρα		5		0,180
4	ορθοδρομικός τοίχος	1000	10	0,4	0,250
5	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		1,111	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,73	



Σχήμα 4.1.50: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T50 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T51

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα 5cm (μη αεριζόμενο). Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 10cm. Το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου στήριξης. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Η θερμομόνωση έχει πάχος 5cm και το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 35cm.

Πίνακας 4.1.51: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T51

T51 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 10cm) με διάκενο αέρα 5cm και με θερμομόνωση πυρήνα 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	ορθοδρομικός τοίχος	1000	10	0,4	0,250
3	διάκενο αέρα		5		0,180
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	ορθοδρομικός τοίχος	1000	10	0,4	0,250
6	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,245	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,414	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,429 W/m^2K$.

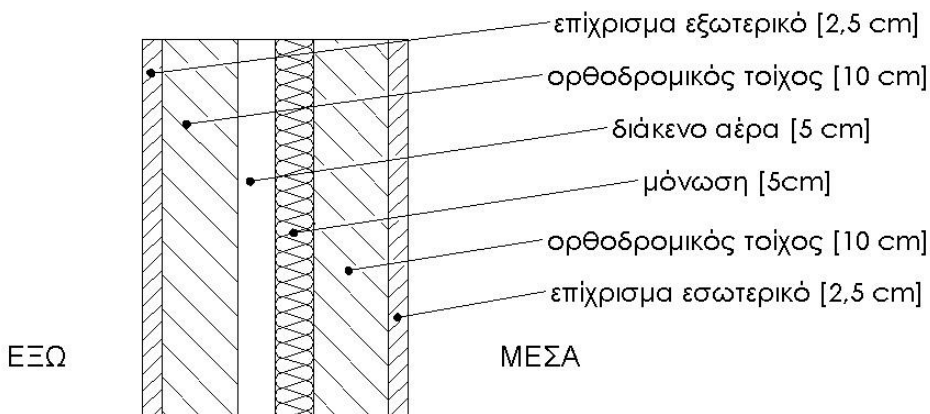
ΤΟΙΧΟΣ T52

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικάλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το κάθε κέλυφος του τοίχου κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους διαστάσεων 10cm*20cm*30cm σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 10cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 8cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 33cm.

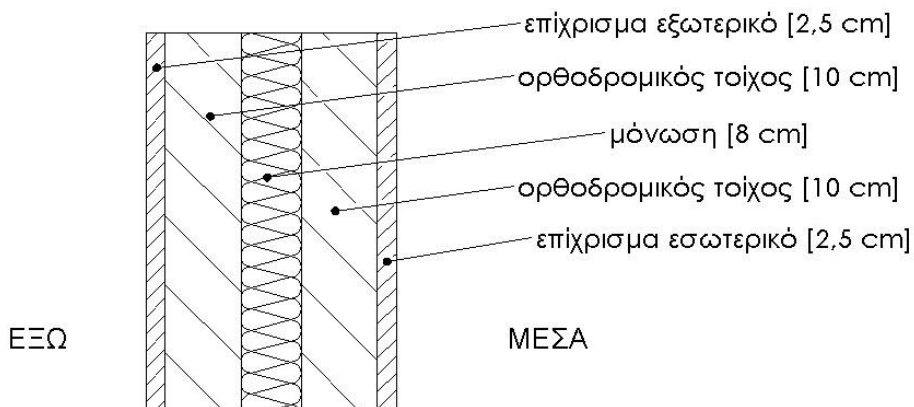
Πίνακας 4.1.52: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T52

T52 Διπλός τοίχος (ορθοδρομικός 10cm) με θερμομόνωση πυρήνα 8cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d(cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	ορθοδρομικός τοίχος	1000	10	0,4	0,250
3	μόνωση		8	0,033	2,424
4	ορθοδρομικός τοίχος	1000	10	0,4	0,250
5	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,974	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,318	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,333\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.51: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T51 υπό κλίμακα 1:10



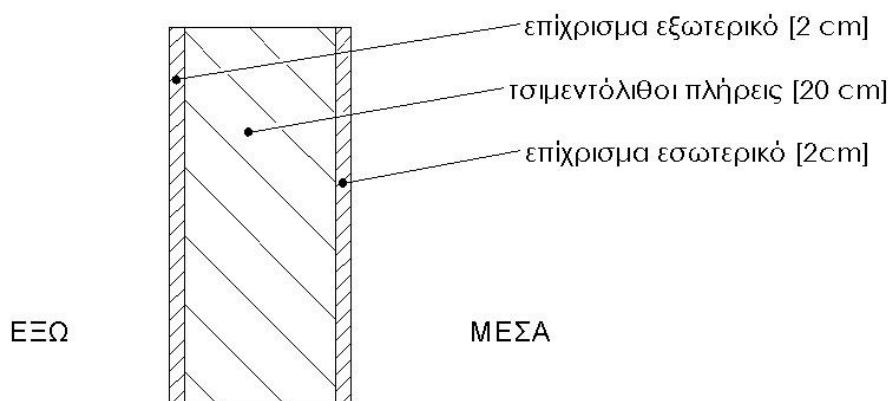
Σχήμα 4.1.52: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T52 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T53

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους πλήρεις διαστάσεων $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 40\text{cm}$ σε πάχος 20cm . Επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm . Το συνολικό του πάχος είναι 24cm .

Πίνακας 4.1.53: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T53

T53					
Τοίχος με τσιμεντόλιθους πλήρεις 20cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	τσιμεντόλιθοι πλήρεις	1800	20	0,99	0,202
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		0,248	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				2,392	



Σχήμα 4.1.53: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T53 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T54

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm. Κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους πλήρεις διαστάσεων 20cm*20cm*40cm σε πάχος 20cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.54: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T54

T54 Τοίχος με τσιμεντόλιθους πλήρεις 20cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	τσιμεντόλιθοι πλήρεις	1800	20	0,99	0,202
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		1,763	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,517	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,542\text{ W/m}^2\text{K}$.

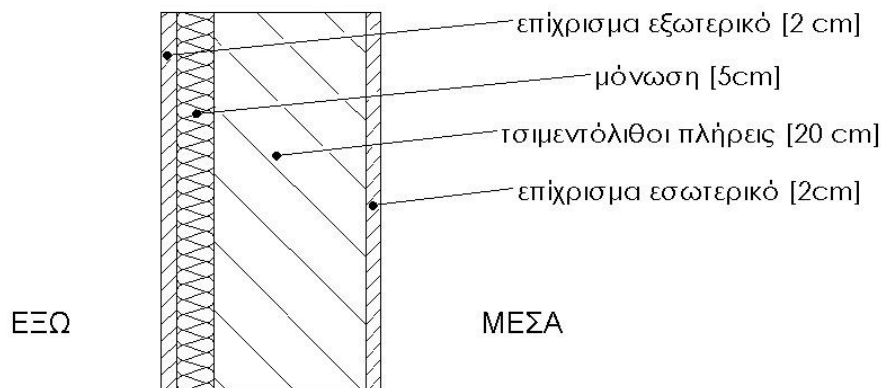
ΤΟΙΧΟΣ T55

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εσωτερική θερμομόνωση. Κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους πλήρεις διαστάσεων 20cm*20cm*40cm σε πάχος 20cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28,25cm.

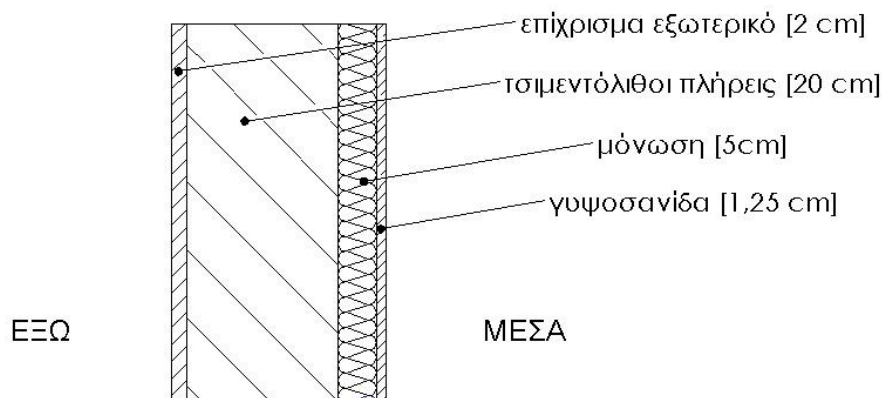
Πίνακας 4.1.55: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T55

T55 Τοίχος με τσιμεντόλιθους πλήρεις 20cm και εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	τσιμεντόλιθοι πλήρεις	1800	20	0,99	0,202
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,800	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,508	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,531 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.54: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T54 υπό κλίμακα 1:10



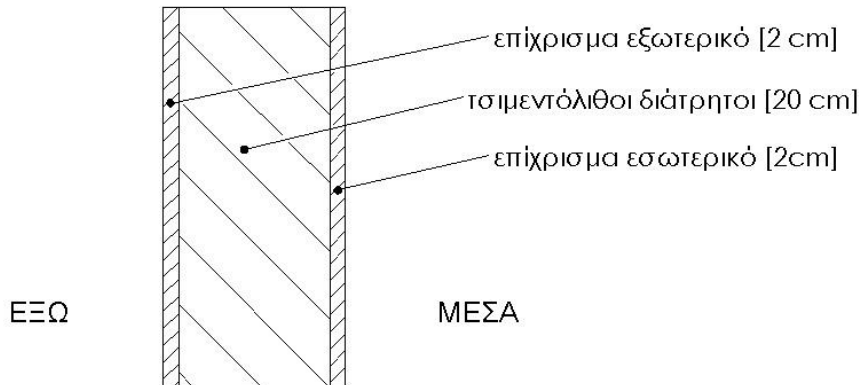
Σχήμα 4.1.55: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T55 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T56

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους διάτρητους διαστάσεων 20cm*20cm*40cm σε πάχος 20cm. Επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό του πάχος είναι 24cm.

Πίνακας 4.1.56: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T56

T56 Τοίχος με τσιμεντόλιθους διάτρητους 20cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	τσιμεντόλιθοι διάτρητοι	1200	20	0,56	0,357
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)	R_a (m ² K/W)	R (m ² K/W)			
0,13	0,04	0,403			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				1,745	



Σχήμα 4.1.56: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T56 υπό κλίμακα 1:10

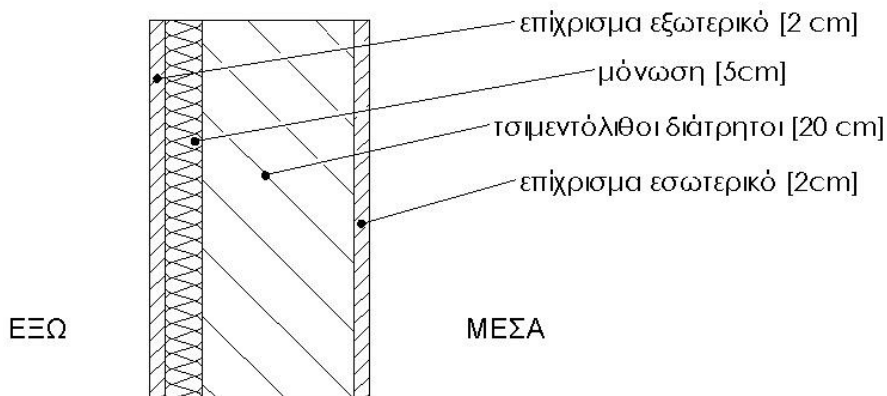
ΤΟΙΧΟΣ T57

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm. Κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους διάτρητους διαστάσεων 20cm*20cm*40cm σε πάχος 20cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.57: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T57

T57 Τοίχος με τσιμεντόλιθους διάτρητους 20cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	τσιμεντόλιθοι διάτρητοι	1200	20	0,56	0,357
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)	R_a (m ² K/W)	R (m ² K/W)			
0,13	0,04	1,918			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,479	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,500\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.57: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T57 υπό κλίμακα 1:10

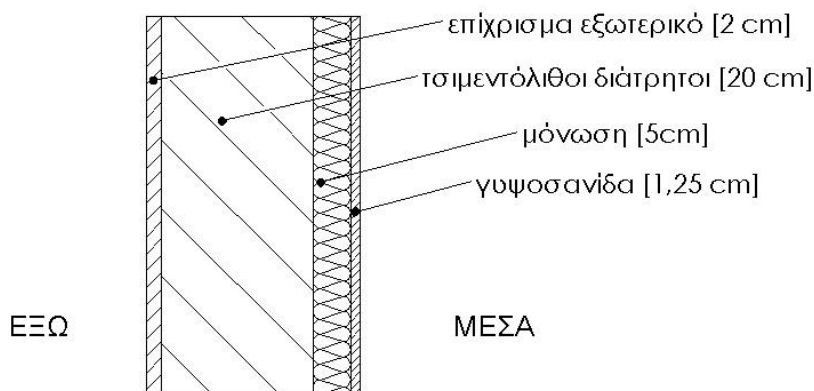
ΤΟΙΧΟΣ T58

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εσωτερική θερμομόνωση. Κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους διάτρητους διαστάσεων $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 40\text{cm}$ σε πάχος 20cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα 2cm και το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 28,25cm.

Πίνακας 4.1.58: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T58

T58 Τοίχος με τσιμεντόλιθους διάτρητους 20cm και εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	τσιμεντόλιθοι διάτρητοι	1200	20	0,56	0,357
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		1,955	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,471	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,491\text{ W/m}^2\text{K}$.



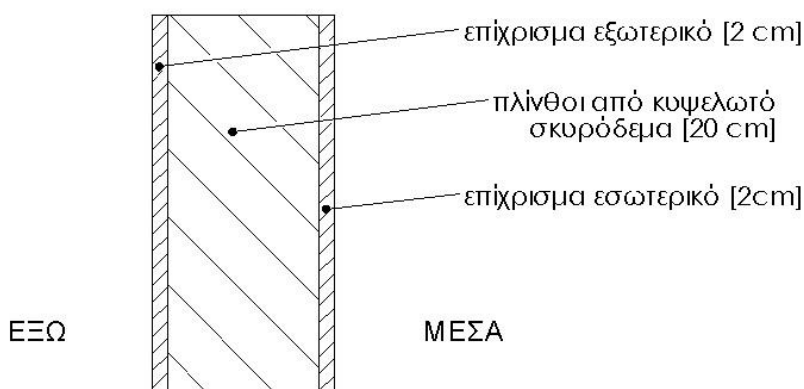
Σχήμα 4.1.58: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T58 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T59

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα διαστάσεων 60cm*25cm*20cm σε πάχος 20cm. Η πλινθοδομή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 24cm.

Πίνακας 4.1.59: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T59

T59 Τοίχος με πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα 20cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	400	20	0,11	1,818
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		1,864	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,492	



Σχήμα 4.1.59: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T59 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T60

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα διαστάσεων 60cm*25cm*25cm σε πάχος 25cm. Η πλινθοδομή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.60: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T60

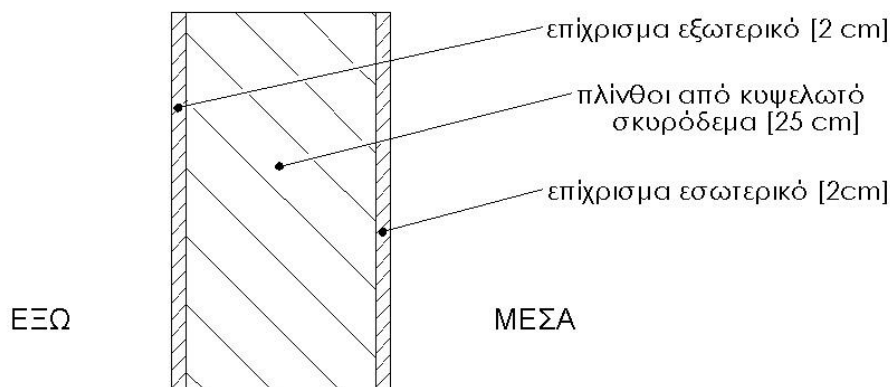
T60 Τοίχος με πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα 25cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	400	25	0,11	2,273
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,319	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)			0,402		

ΤΟΙΧΟΣ T61

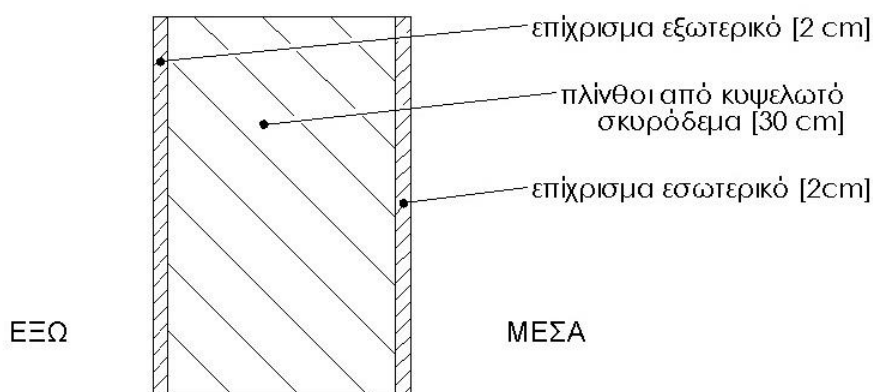
Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα διαστάσεων 60cm*25cm*30cm σε πάχος 30cm. Η πλινθοδομή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 34cm.

Πίνακας 4.1.61: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T61

T61 Τοίχος με πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα 30cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	400	30	0,11	2,727
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,773	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)			0,340		



Σχήμα 4.1.60: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T60 υπό κλίμακα 1:10



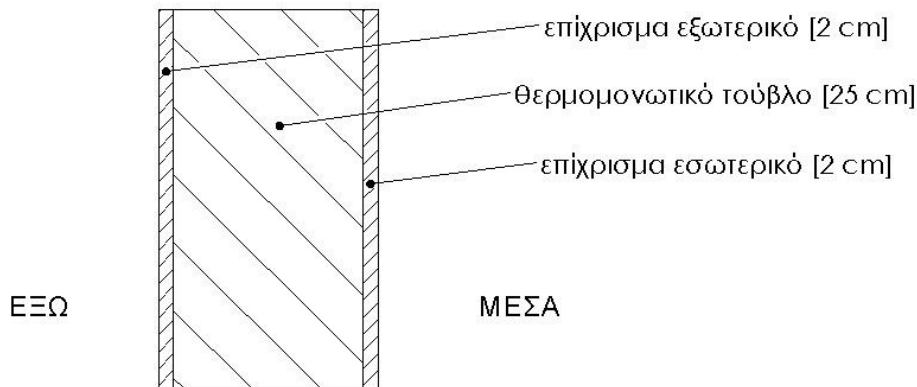
Σχήμα 4.1.61: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T61 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T62

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους διαστάσεων 25cm*24cm*25cm σε πάχος 25cm. Η πλινθοδομή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.62: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T62

T62 Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 25cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	θερμομονωτικό τούβλο		25	0,116	2,155
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		2,201	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,422	



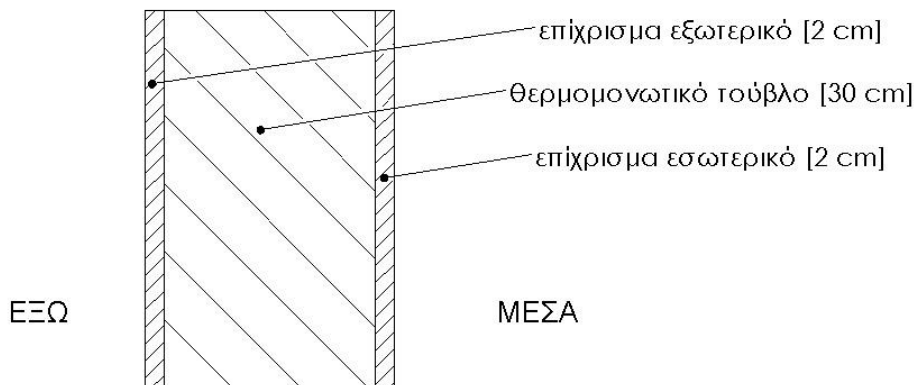
Σχήμα 4.1.62: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T62 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T63

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος και κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους διαστάσεων 30cm*24cm*25cm σε πάχος 30cm. Η πλινθοδομή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 34cm.

Πίνακας 4.1.63: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T63

T63 Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 30cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	θερμομονωτικό τούβλο		30	0,115	2,609
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,655	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,354	



Σχήμα 4.1.63: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T63 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T64

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους διαστάσεων 25cm*14cm*33cm σε πάχος 25cm. Στην εξωτερική πλευρά της πλινθοδομής τοποθετείται ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 35cm.

Πίνακας 4.1.64: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T64

T64 Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 25cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	25	0,27	0,926
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,499	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)			0,375		

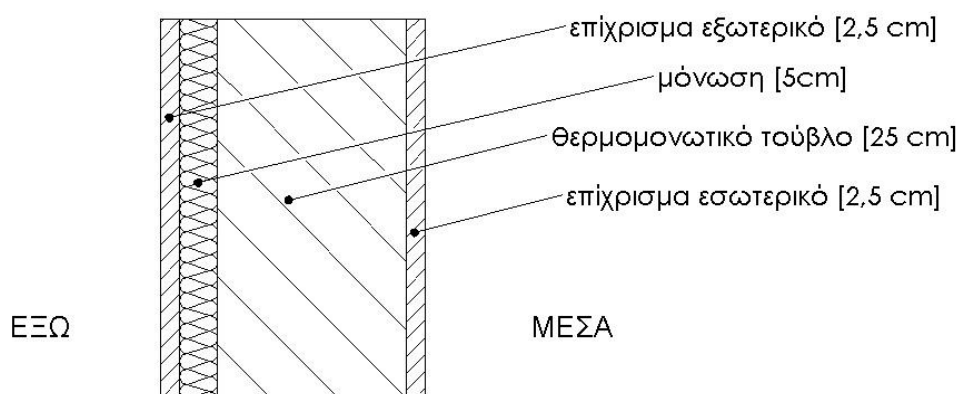
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,387\text{ W/m}^2\text{K}$.

ΤΟΙΧΟΣ T65

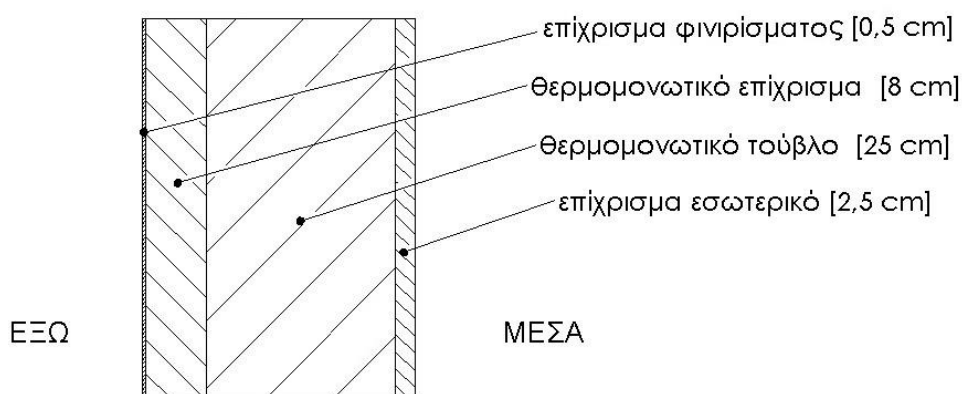
Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους διαστάσεων 25cm*14cm*33cm σε πάχος 25cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Στην εξωτερική πλευρά της πλινθοδομής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 8cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 36cm.

Πίνακας 4.1.65: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T65

T65 Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 25cm και με θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	8	0,056	1,429
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	25	0,27	0,926
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,389	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)			0,391		



Σχήμα 4.1.64: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T64 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.65: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T65 υπό κλίμακα 1:10

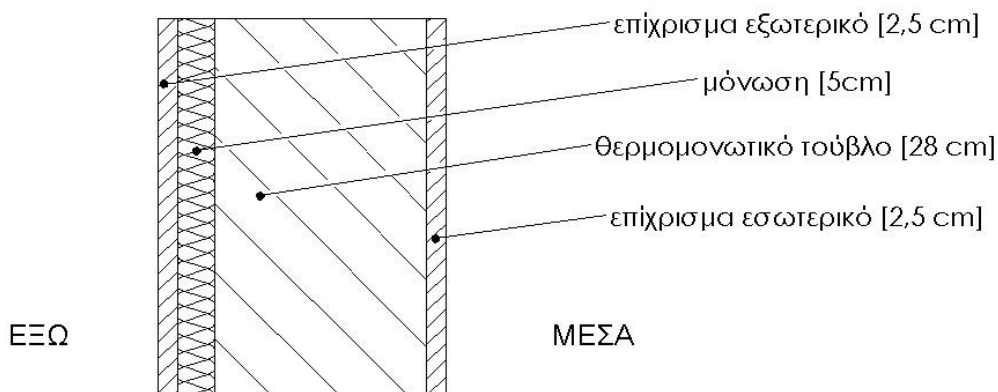
ΤΟΙΧΟΣ T66

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους διαστάσεων 15cm*28cm*33cm σε πάχος 28cm. Στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής τοποθετείται ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 38cm.

Πίνακας 4.1.66: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T66

T66 Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 28cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	28	0,23	1,217
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,790	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,338	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,348\text{ W/m}^2\text{K}$.



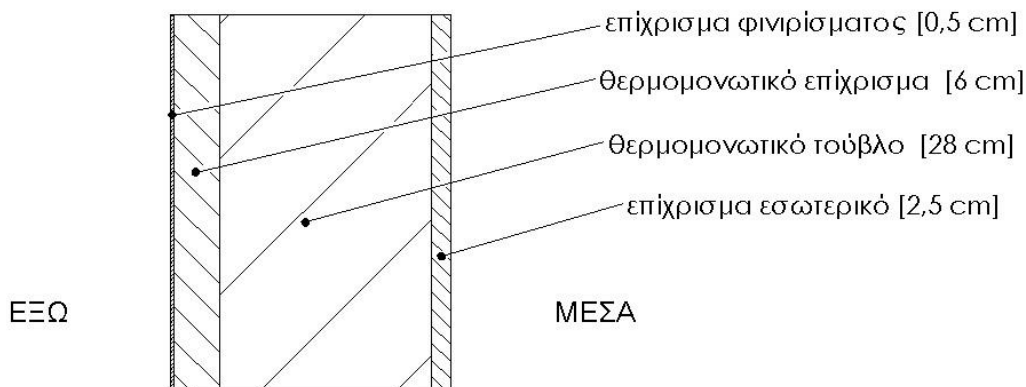
Σχήμα 4.1.66: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T66 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T67

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους διαστάσεων $15\text{cm} \times 28\text{cm} \times 33\text{cm}$ σε πάχος 28cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 6cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 37cm.

Πίνακας 4.1.67: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T67

T67	Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 28cm και με θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	6	0,056	1,071
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	28	0,23	1,217
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		2,323	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,401	



Σχήμα 4.1.67: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T67 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T68

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους σε πάχος 30cm. Στην εξωτερική πλευρά της πλινθοδομής τοποθετείται ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 40cm.

Πίνακας 4.1.68: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T68

T68	Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 30cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	μόνωση	28	5	0,033	1,515
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	30	0,23	1,304
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,877	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,328	

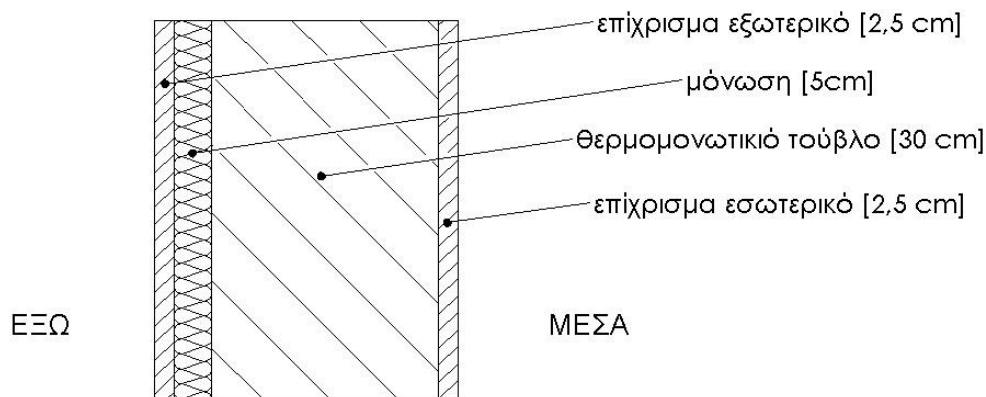
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,338 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T69

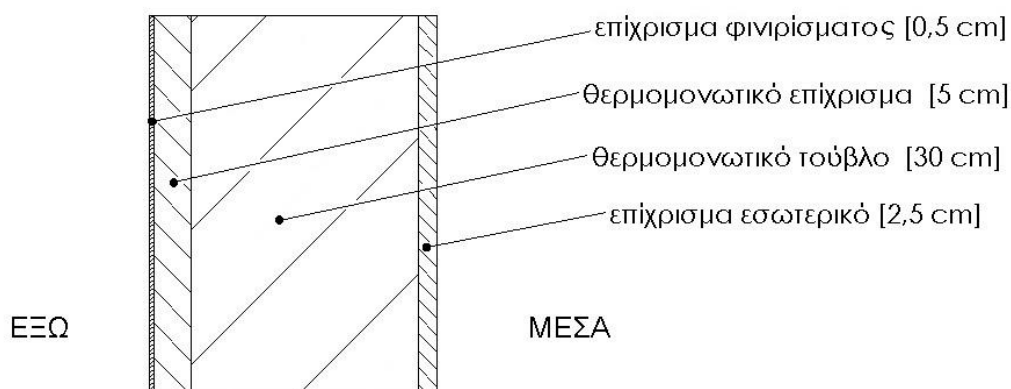
Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους σε πάχος 30cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Στην εξωτερική πλευρά της πλινθοδομής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 5cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 38cm.

Πίνακας 4.1.69: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T69

T69 Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 30cm και με θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά) 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	5	0,056	0,893
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	30	0,23	1,304
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,232	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,416	



Σχήμα 4.1.68: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T68 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.69: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T69 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T70

Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός με εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικούς οπτόπλινθους σε πάχος 25cm. Στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά της κατασκευής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 3cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 32cm.

Πίνακας 4.1.70: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T70

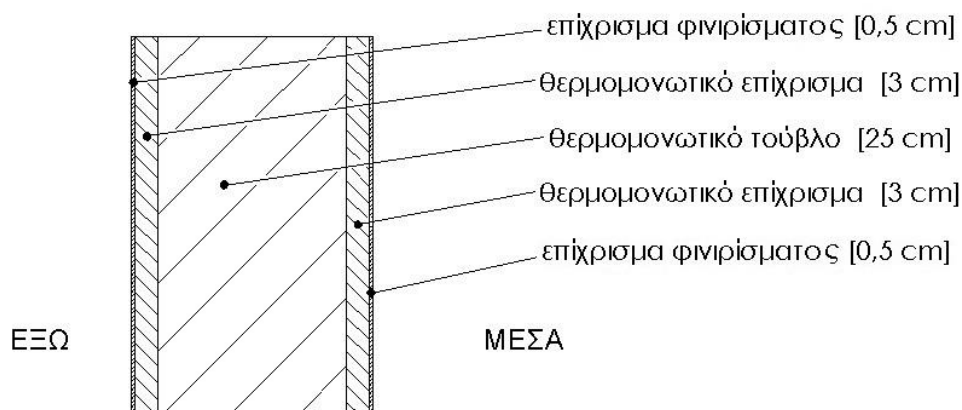
T70	Μονός τοίχος με θερμομονωτικά τούβλα 25cm και με θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά και εσωτερικά)				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	3	0,056	0,536
3	θερμομονωτικό τούβλο	800	25	0,23	1,087
4	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	3	0,056	0,536
5	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,170	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,427	

ΤΟΙΧΟΣ T71

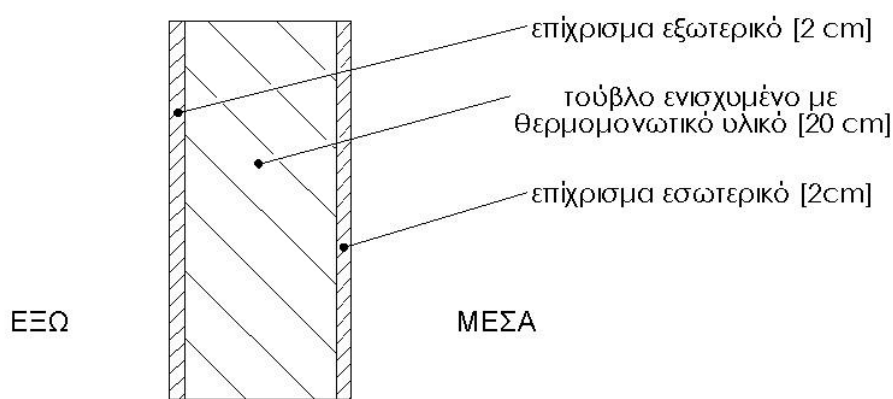
Ο τοίχος είναι μονοκέλυφος εξωτερικός και κατασκευάζεται από θερμομονωτικό τούβλο διαστάσεων 15cm*20cm*33cm σε πάχος 20cm. Το τούβλο αυτό περιέχει διογκωμένη πολυστερίνη πυκνότητας 20kg/m³ σε πάχος 3cm. Η πλινθοδομή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 24cm.

Πίνακας 4.1.71: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T71

T71	Μονός τοίχος με θερμομονωτικό τούβλο 20cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	τούβλο ενισχυμένο με θερμομονωτικό υλικό	690	20	0,22	0,909
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		0,955	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,889	



Σχήμα 4.1.70: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T70 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.71: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T71 υπό κλίμακα 1:10

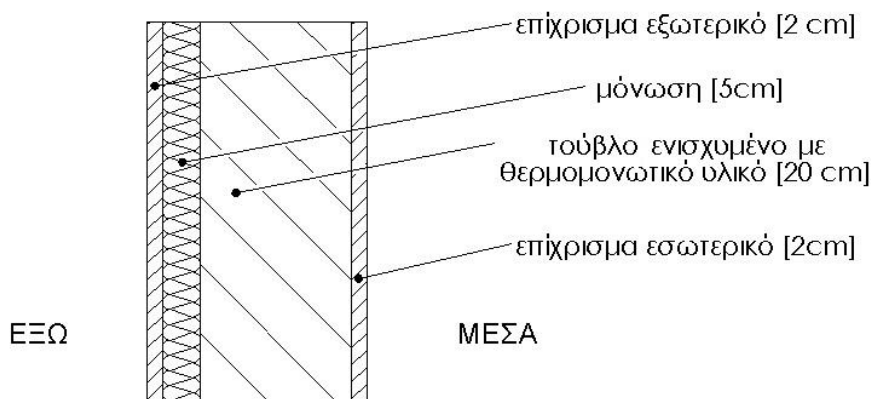
ΤΟΙΧΟΣ T72

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικό τούβλο διαστάσεων 15cm*20cm*33cm σε πάχος 20cm. Το τούβλο αυτό περιέχει διογκωμένη πολυστερίνη πυκνότητας 20kg/m³ σε πάχος 3cm. Στην εξωτερική πλευρά της πλινθοδομής τοποθετείται ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 29cm.

Πίνακας 4.1.72: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T72

T72 Μονός τοίχος με θερμομονωτικό τούβλο 20cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	τούβλο ενισχυμένο με θερμομονωτικό υλικό	690	20	0,22	0,909
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,47	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,378	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,392\text{ W/m}^2\text{K}$.



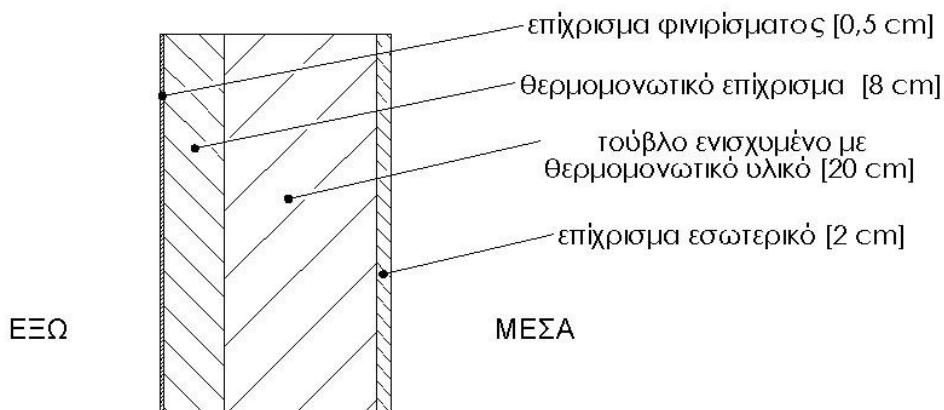
Σχήμα 4.1.72: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T72 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T73

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος με εξωτερική θερμομόνωση. Η πλινθοδομή κατασκευάζεται από θερμομονωτικό τούβλο διαστάσεων $15\text{cm} \times 20\text{cm} \times 33\text{cm}$ σε πάχος 20cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το τούβλο αυτό περιέχει διογκωμένη πολυστερίνη πυκνότητας 20kg/m^3 σε πάχος 3cm. Στην εξωτερική πλευρά της πλινθοδομής διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 8cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 30,5cm.

Πίνακας 4.1.73: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T73

T73	Μονός τοίχος με θερμομονωτικό τούβλο 20cm και με θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	8	0,056	1,429
3	τούβλο ενισχυμένο με θερμομονωτικό υλικό	690	20	0,22	0,909
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)			
0,13	0,04	2,321			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,401	



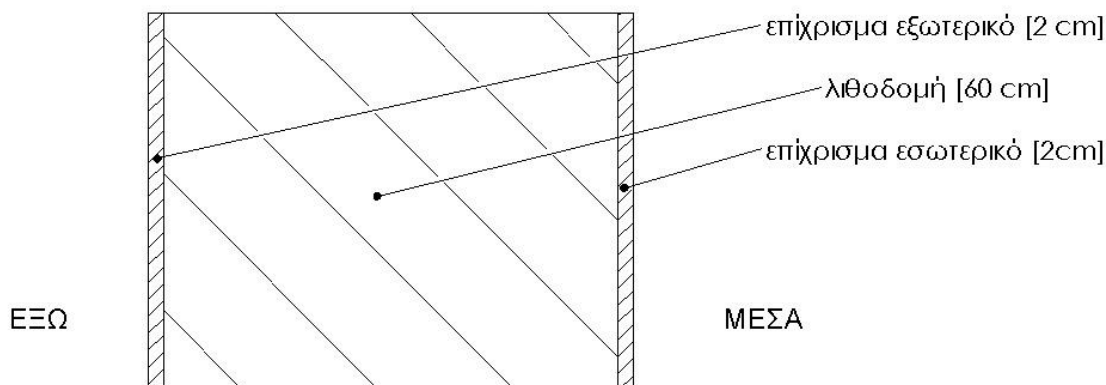
Σχήμα 4.1.73: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T73 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T74

Ο τοίχος είναι εξωτερικός μονοκέλυφος. Κατασκευάζεται από φυσικούς λίθους σε πάχος 60cm. Ο τοίχος επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα 2cm και το συνολικό του πάχος είναι 64cm.

Πίνακας 4.1.74: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T74

T74					
Μονός τοίχος – Λιθοδομή 60cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	λιθοδομή	2800	60	3,5	0,171
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		0,217	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				2,581	



Σχήμα 4.1.74: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T74 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T75

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το εξωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από φυσικούς λίθους σε πάχος 35cm. Το εσωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων της κατασκευής. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 51cm.

Πίνακας 4.1.75: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T75

T75 Διπλός τοίχος με θερμομόνωση πυρήνα 5cm, λιθοδομή 35cm και οπτοπλινθοδομή 9cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	λιθοδομή	2800	35	3,5	0,100
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1200	9	0,52	0,173
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,811	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,505	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,528 W/m^2K$.

ΤΟΙΧΟΣ T76

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το εξωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από φυσικούς λίθους σε πάχος 50cm. Το εσωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 6cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 6cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων της κατασκευής. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 64,5cm.

Πίνακας 4.1.76: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T76

T76 Διπλός τοίχος με θερμομόνωση πυρήνα 5cm, λιθοδομή 35cm και οπτοπλινθοδομή 9cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	λιθοδομή	2800	50	3,5	0,143
2	μόνωση		6	0,033	1,818
3	οπτοπλινθοδομή	1200	6	0,52	0,115
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,105	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,440	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,461\text{ W/m}^2\text{K}$.

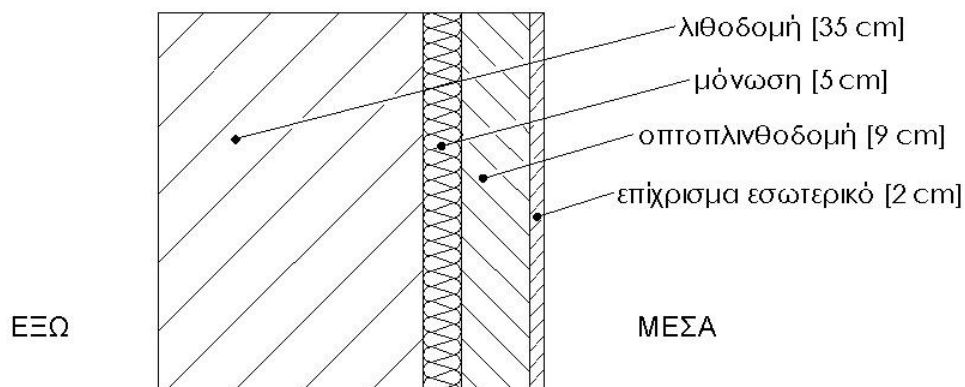
ΤΟΙΧΟΣ T77

Ο τοίχος είναι εξωτερικός δικέλυφος με θερμομόνωση πυρήνα. Το εξωτερικό και εσωτερικό κέλυφος της τοιχοποιίας κατασκευάζονται από οπτοπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm και 6cm αντίστοιχα. Στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους τοποθετούνται φυσικοί λίθοι σε πάχος 5cm, οι οποίοι λειτουργούν ως επενδυτική και διακοσμητική στρώση στην τοιχοποιία. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων της κατασκευής. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα 2,5cm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 27,5cm.

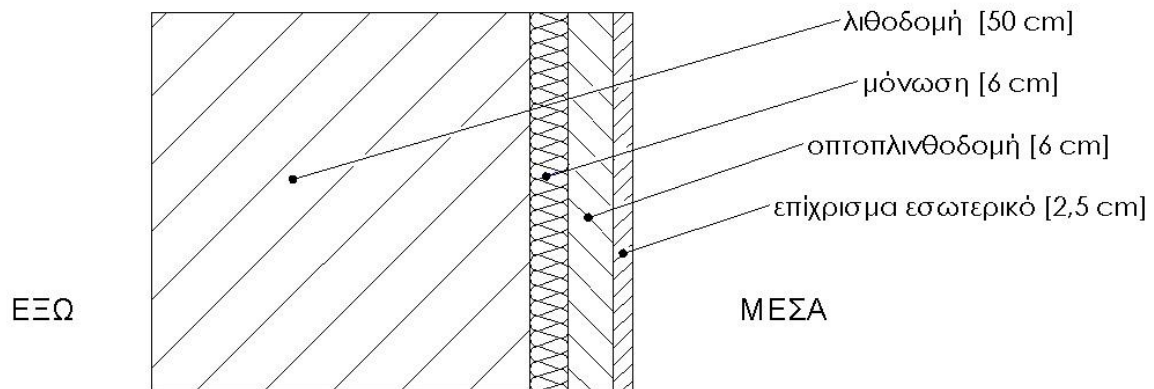
Πίνακας 4.1.77: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T77

T77 Διπλός τοίχος (οπτοπλινθοδομή 9cm και 6cm) με θερμομόνωση πυρήνα 5cm και εξωτερική επένδυση με λιθοδομή 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	λιθοδομή	2800	5	3,5	0,014
2	οπτοπλινθοδομή	1200	9	0,52	0,173
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	οπτοπλινθοδομή	1200	6	0,52	0,115
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		1,847	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,496	

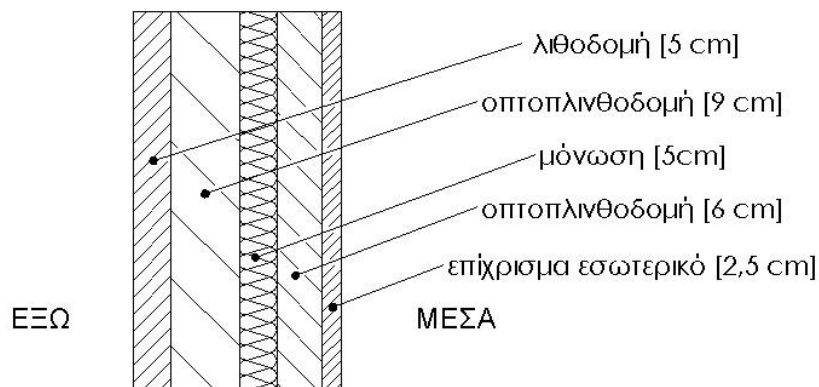
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,518\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.75: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T75 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.76: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T76 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.77: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T77 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T78

Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν μονό μεταλλικό σκελετό. Ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 75/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 75/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 6cm. Το διάκενο αέρα πάχους 1,5cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 0,7cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 11,95cm.

Πίνακας 4.1.78: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T78

T78 Τοίχος από μονό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 6cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	0,7	0,87	0,008
2	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
3	διάκενο αέρα		1,5		0,170
4	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		6	0,035	1,714
5	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
6	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,046	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,451	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,471\text{ W/m}^2\text{K}$.

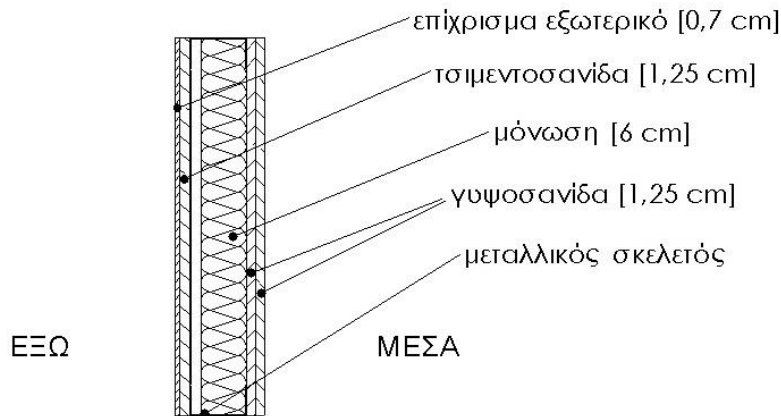
ΤΟΙΧΟΣ T79

Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν μονό μεταλλικό σκελετό. Ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 100/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 100/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 8cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 0,7cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 14,45cm.

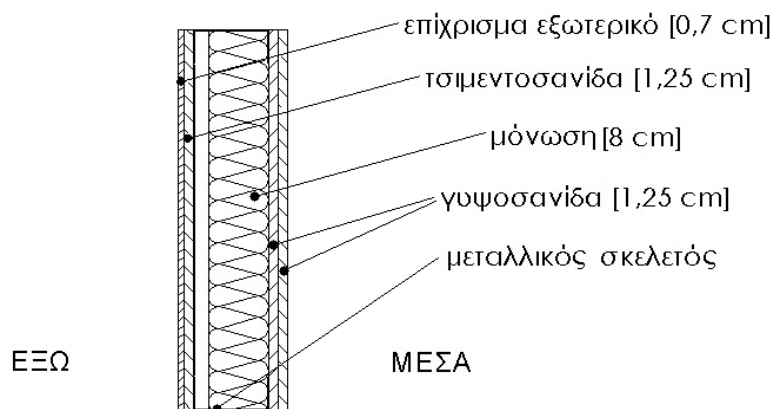
Πίνακας 4.1.79: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του εξωτερικού τοίχου T79

T79 Τοίχος από μονό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 8cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	0,7	0,87	0,008
2	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
3	διάκενο αέρα		2		0,175
4	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		8	0,035	2,286
5	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
6	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		2,623	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,358	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,375\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.78: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T78 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.1.79: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T79 υπό κλίμακα 1:10

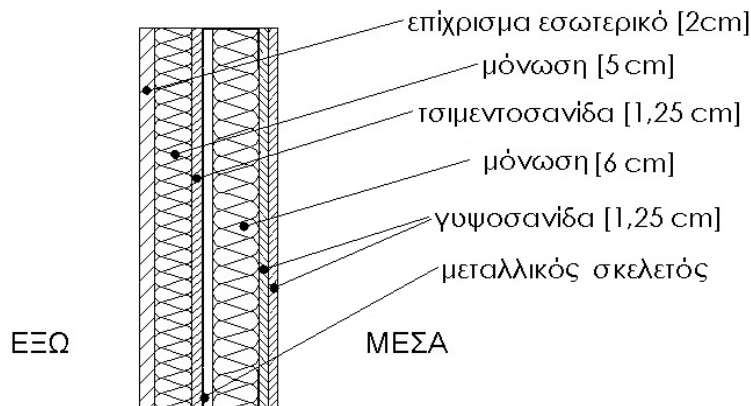
ΤΟΙΧΟΣ T80

Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν μόνο μεταλλικό σκελετό με εξωτερική θερμομόνωση. Ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 75/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 75/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται η μονωτική πλάκα πετροβάμβακα πάχους 6cm. Το διάκενο αέρα πάχους 1,5cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm πάνω στην οποία τοποθετείται ένα πρόσθετο θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Εξωτερικά το μονωτικό υλικό επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Μετάξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 18,25cm.

Πίνακας 4.1.80: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T80

T80	Τοίχος από μονό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 6cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		5	0,032	1,563
3	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
4	διάκενο αέρα		1,5		0,170
5	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		6	0,035	1,714
6	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		3,624	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,264	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό εντός του μεταλλικού σκελετού πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ και ως μονωτικό υλικό στην εξωτερική πλευρά του τοίχου χρησιμοποιήθηκε γραφитоύχα διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,032W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό εντός του μεταλλικού σκελετού χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,270 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.80: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T80 υπό κλίμακα 1:10

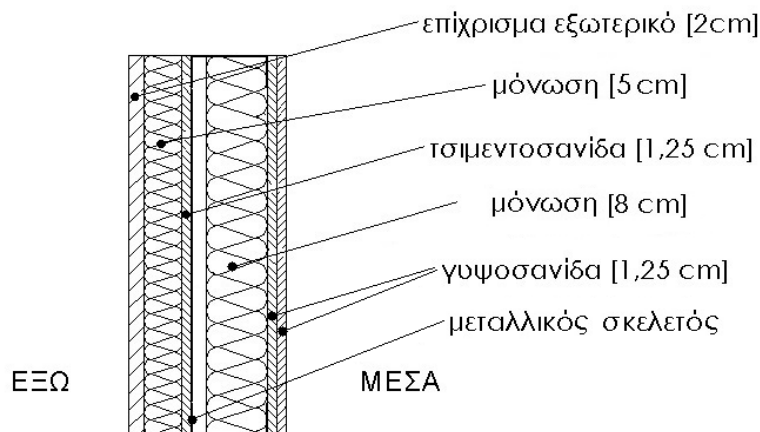
ΤΟΙΧΟΣ T81

Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν μονό μεταλλικό σκελετό με εξωτερική θερμομόνωση. Ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 100/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 100/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 8cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm πάνω στην οποία τοποθετείται ένα πρόσθετο θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Εξωτερικά το μονωτικό υλικό επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 20,75cm.

Πίνακας 4.1.81: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T81

Τοίχος από μονό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 8cm και εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση	18	5	0,032	1,563
3	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
4	διάκενο αέρα		2		0,175
5	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		8	0,035	2,286
6	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		4,200	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,229	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό εντός του μεταλλικού σκελετού πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ και ως μονωτικό υλικό στην εξωτερική πλευρά του τοίχου χρησιμοποιήθηκε γραφитоύχα διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,032W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό εντός του μεταλλικού σκελετού χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,235 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.81: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T81 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T82

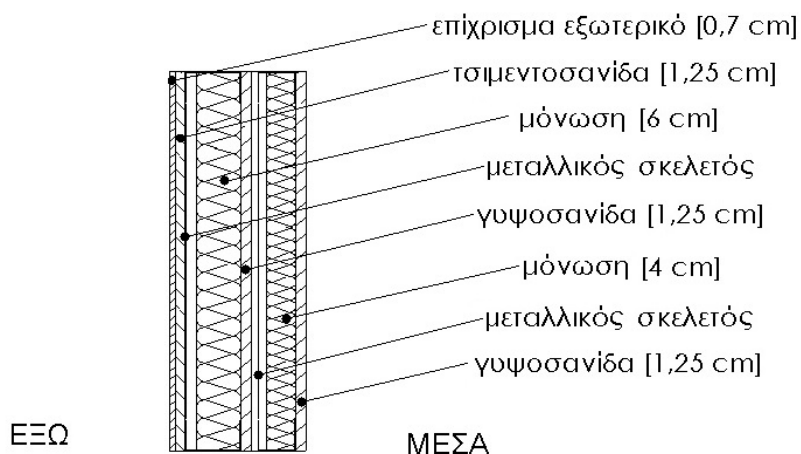
Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν διπλό μεταλλικό σκελετό. Ο εξωτερικός μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 75/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 75/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 6cm. Το διάκενο αέρα πάχους 1,5cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός αυτός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 0,7cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού

επενδύεται με μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Στην εσωτερική πλευρά της κατασκευής αυτής κατασκευάζεται ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός με ορθοστάτες πλάτους 50mm μεταξύ των οποίων τοποθετείται ένα δεύτερο θερμομονωτικό υλικό πάχους 4cm. Μεταξύ της γυψοσανίδας και του δεύτερου μεταλλικού σκελετού απαιτείται κενό τουλάχιστον 1cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Η εσωτερική πλευρά του δεύτερου μεταλλικού σκελετού επενδύεται με μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 17,95cm.

Πίνακας 4.1.82: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T82

Τ82					
Τοίχος από διπλό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 6cm και 4cm και ενδιάμεση γυψοσανίδα					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	0,7	0,87	0,008
2	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
3	διάκενο αέρα		1,5		0,170
4	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		6	0,035	1,714
5	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
6	διάκενο αέρα		2		0,175
7	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		4	0,035	1,143
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		3,364	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,283	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό εντός των μεταλλικών σκελετών πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,296 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.82: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T82 υπό κλίμακα 1:10

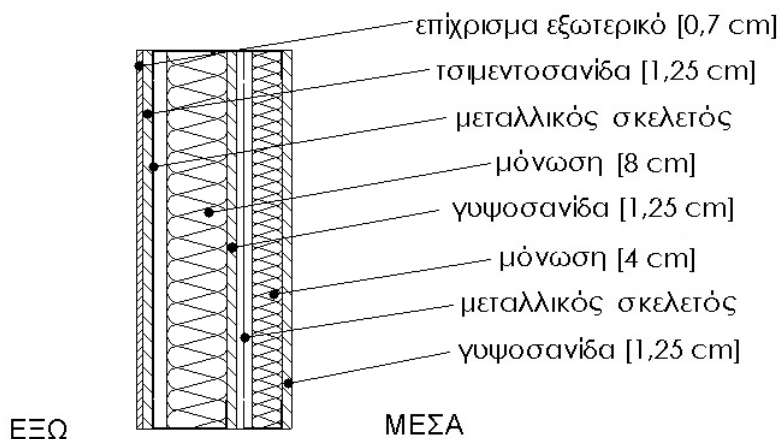
ΤΟΙΧΟΣ T83

Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν διπλό μεταλλικό σκελετό. Ο εξωτερικός μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 100/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 100/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 8cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός αυτός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 0,7cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με μια στρώση γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Στην εσωτερική πλευρά της κατασκευής αυτής κατασκευάζεται ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός με ορθοστάτες πλάτους 50mm μεταξύ των οποίων τοποθετείται ένα δεύτερο θερμομονωτικό υλικό πάχους 4cm. Μεταξύ της γυψοσανίδας και του δεύτερου μεταλλικού σκελετού απαιτείται κενό τουλάχιστον 1cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 1 στρώση γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 20,45cm.

Πίνακας 4.1.83: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T83

T83	Τοίχος από διπλό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 8cm και 4cm και ενδιάμεση γυψοσανίδα				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	0,7	0,87	0,008
2	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
3	διάκενο αέρα		2		0,175
4	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		8	0,035	2,286
5	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
6	διάκενο αέρα		2		0,175
7	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		4	0,035	1,143
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	3,940			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,243	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό εντός των μεταλλικών σκελετών πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,255 W/m^2K$.



Σχήμα 4.1.83: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T83 υπό κλίμακα 1:10

ΤΟΙΧΟΣ T84

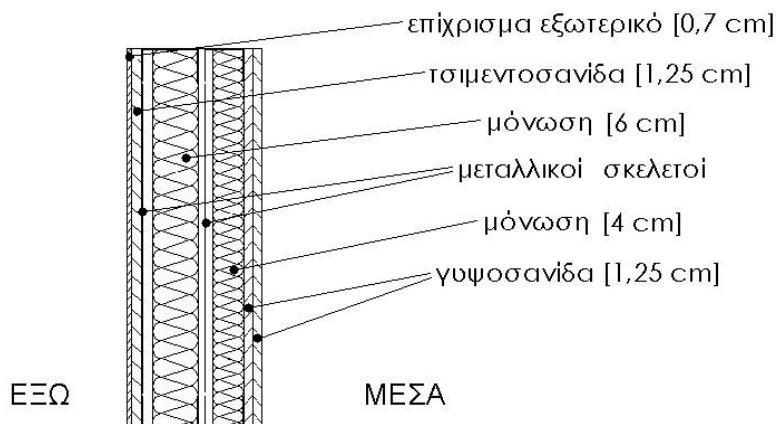
Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν διπλό μεταλλικό σκελετό. Ο εξωτερικός μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 75/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 75/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 6cm. Το διάκενο αέρα πάχους 1,5cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός αυτός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 0,7cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Στην εσωτερική πλευρά της κατασκευής αυτής κατασκευάζεται ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός με ορθοστάτες πλάτους 50mm μεταξύ των οποίων τοποθετείται ένα δεύτερο μονωτικό υλικό πάχους 4cm. Μεταξύ των δύο μεταλλικών σκελετών απαιτείται κενό τουλάχιστον 1cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 17,95cm.

Πίνακας 4.1.84: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του εξωτερικού τοίχου T84

T84 Τοίχος από διπλό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 6cm και 4cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	0,7	0,87	0,008
2	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
3	διάκενο αέρα		1,5		0,170
4	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		6	0,035	1,714
5	διάκενο αέρα		2		0,175
6	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		4	0,035	1,143
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		3,364	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,283	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό εντός των μεταλλικών σκελετών πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής

αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,255\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.84: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T85 υπό κλίμακα 1:10

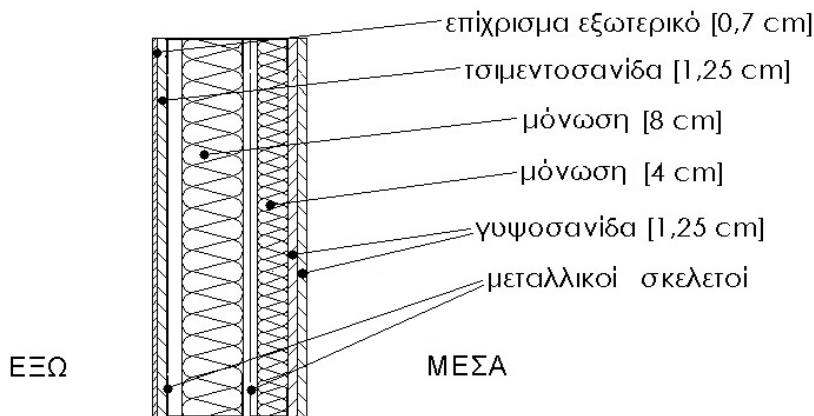
ΤΟΙΧΟΣ T85

Ο τοίχος είναι εξωτερικός και κατασκευάζεται με βάση έναν διπλό μεταλλικό σκελετό. Ο εξωτερικός μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες με διαστάσεις διατομής 100/40/0,6 mm και από ορθοστάτες με διαστάσεις διατομής 100/50/0,6 mm. Στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 8cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Εξωτερικά ο σκελετός αυτός επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 0,7cm. Μεταξύ της τσιμεντοσανίδας και του σκελετού συνίσταται η τοποθέτηση διαπνέουσας μεμβράνης πάχους 0,018mm. Στην εσωτερική πλευρά της κατασκευής αυτής κατασκευάζεται ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός με ορθοστάτες πλάτους 50mm μεταξύ των οποίων τοποθετείται ένα δεύτερο μονωτικό υλικό πάχους 4cm. Μεταξύ των δύο μεταλλικών σκελετών απαιτείται κενό τουλάχιστον 1cm. Το διάκενο αέρα πάχους 2cm που δημιουργείται είναι μη αεριζόμενο. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι 20,45cm.

Πίνακας 4.1.85: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του εξωτερικού τοίχου T85

T85 Τοίχος από διπλό μεταλλικό σκελετό με θερμομόνωση 8cm και 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	0,7	0,87	0,008
2	τσιμεντοσανίδα	1150	1,25	0,36	0,035
3	διάκενο αέρα		2		0,175
4	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		8	0,035	2,286
5	διάκενο αέρα		2		0,175
6	μόνωση (σε μεταλλικό σκελετό)		4	0,035	1,143
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		3,940	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,243	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό εντός των μεταλλικών σκελετών πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί ορυκτοβάμβακας (υπό μορφή ρολού ή πλάκας) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,037\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,255\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.1.85: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του τοίχου T85 υπό κλίμακα 1:10

4.2 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U , και περιγραφή τυπικών εξωτερικών κολόνων και δοκών

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ1

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 19cm το οποίο επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 23cm.

Πίνακας 4.2.1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δομικού στοιχείου Σ1

Σ1	Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 19cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)			
0,13	0,04	0,140			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				3,230	

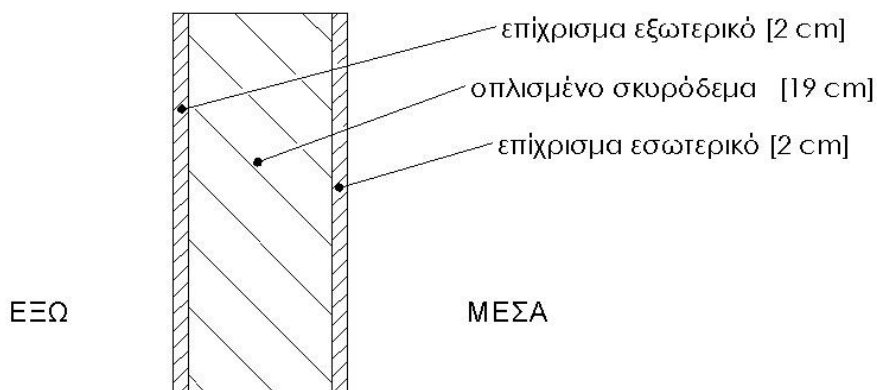
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ2

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 28cm.

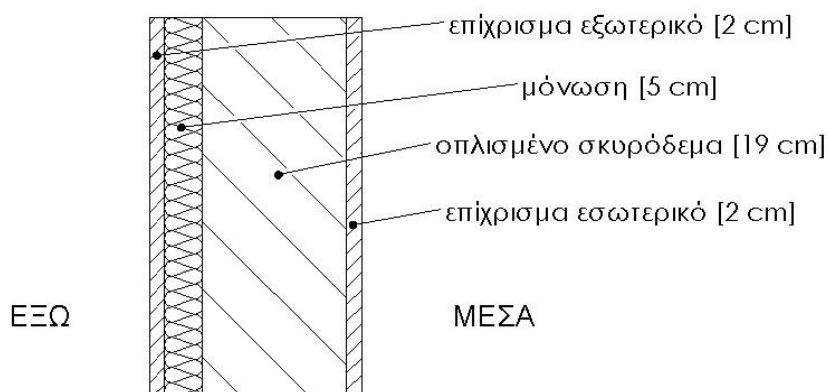
Πίνακας 4.2.2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ2

Σ2 Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 19cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση	28	5	0,033	1,515
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,655	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,548	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της δοκού στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της δοκού θα ισούται με $U=0,575 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.1: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ1 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.2: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ2 υπό κλίμακα 1:10

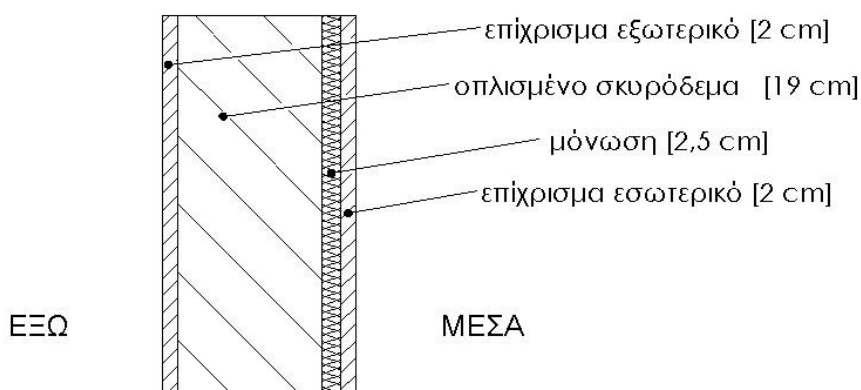
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ3

Το τοιχίο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 2,5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 25,5cm.

Πίνακας 4.2.3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ3

Σ3 Τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος 19cm με εσωτερική θερμομόνωση 2,5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R(m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
3	μόνωση		2,5	0,033	0,758
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,897	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,937	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=0,977 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.3: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ3 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ4

Το τοιχίο-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος τους στοιχείου είναι 28cm.

Πίνακας 4.2.4: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του δομικού στοιχείου Σ4

Σ4 Τοιχίο-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 19cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		1,655	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,548	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,035W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με U=0,575 W/m²K.

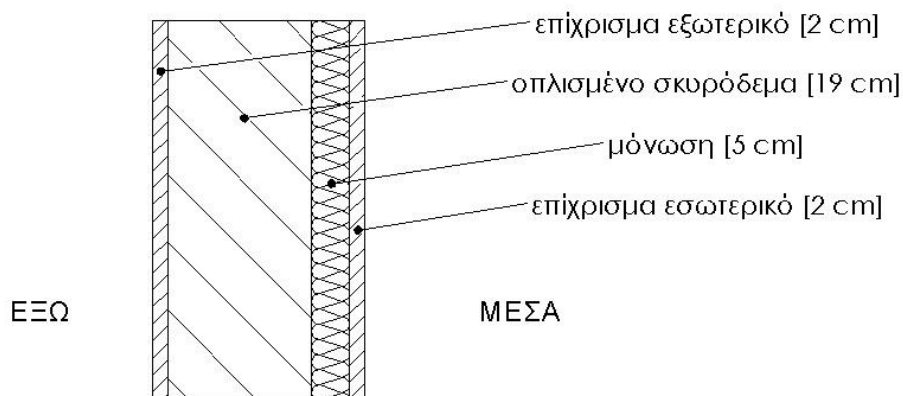
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ5

Το υποστύλωμα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας ≥C16/20) πάχους 20cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 29cm.

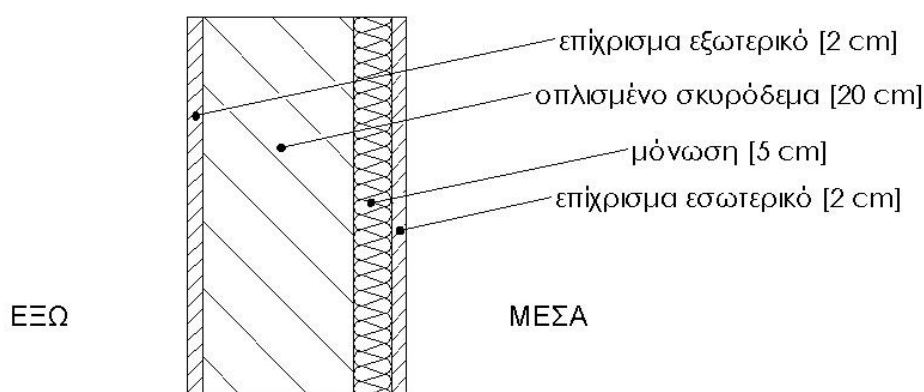
Πίνακας 4.2.5: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του δομικού στοιχείου Σ5

Σ5 Υποστύλωμα- δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 20cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d (cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		1,660	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,547	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,035W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με U=0,574 W/m²K.



Σχήμα 4.2.4: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ4 υπό κλίμακα 1:10



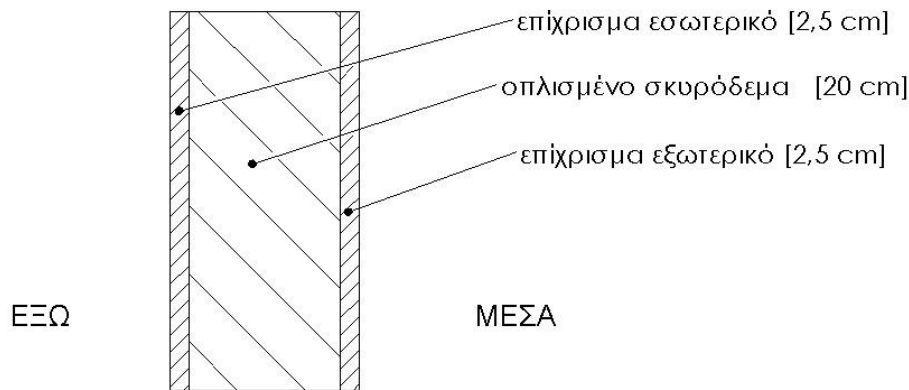
Σχήμα 4.2.5: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ5 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ6

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm το οποίο επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 25cm.

Πίνακας 4.2.6: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ6

Σ6 Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 20cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	0,156			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				3,068	



Σχήμα 4.2.6: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ6 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ7

Το τοιχίο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 26cm.

Πίνακας 4.2.7: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ7

Σ7 Τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος 19cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m ³)	d (cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)		R_a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,13		0,04		1,632	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,555	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=0,583 W/m^2K$.

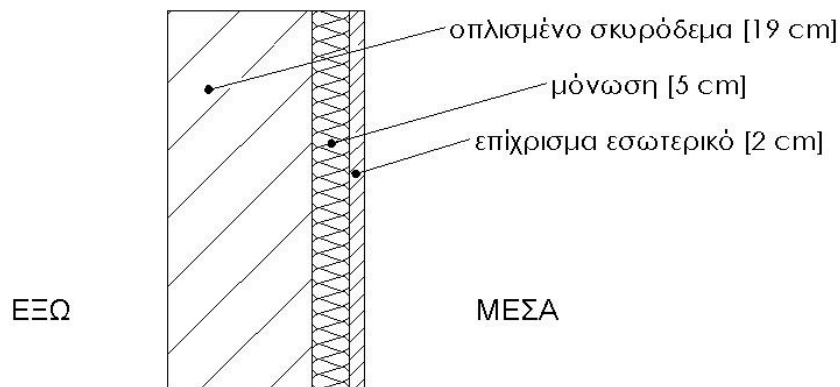
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ8

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 19cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Στη συνέχεια το μονωτικό υλικό καλύπτεται από οπτοπλινθοδομή κατασκευασμένη από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης, σε πάχος 6cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 34cm.

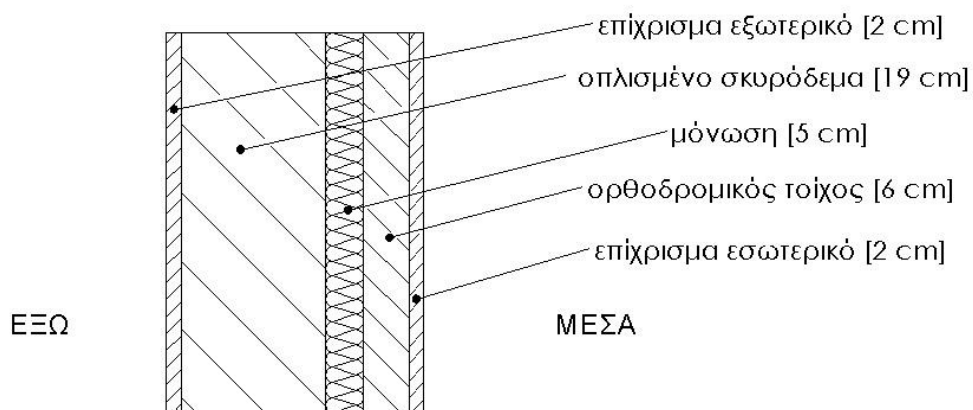
Πίνακας 4.2.8: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ8

Σ8 Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 19cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm και εσωτερική στρώση από τούβλο (ορθοδρομικός 6cm)					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	ορθοδρομικός τοίχος	1000	6	0,46	0,130
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,785	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,511	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της δοκού στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της δοκού θα ισούται με $U=0,535 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.7: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ7 υπό κλίμακα 1:10



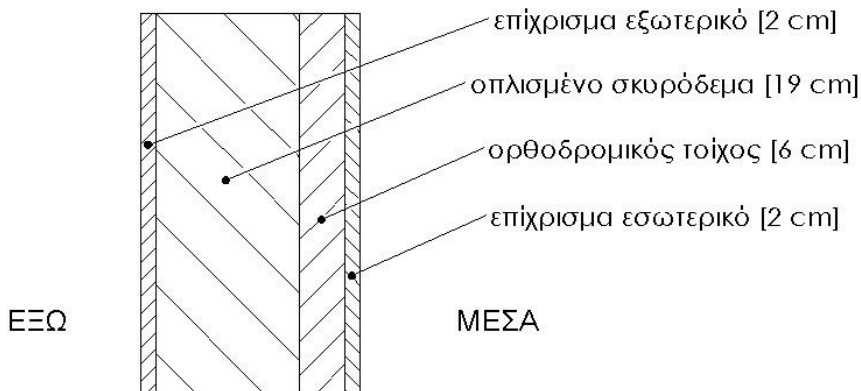
Σχήμα 4.2.8: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ8 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ9

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 19cm. Στην εσωτερική πλευρά του σκυροδέματος κατασκευάζεται οπτοπλινθοδομή από οπτόπλινθους διάτρητους σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 6cm. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 29cm.

Πίνακας 4.2.9: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ9

A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,03	0,094
3	ορθοδρομικός τοίχος	1000	6	0,46	0,130
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,270	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				2,273	



Σχήμα 4.2.9: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ9 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ10

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 6cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 35cm.

Πίνακας 4.2.10: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ10

Σ10	Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 6cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		6	0,033	1,818
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	2,03	0,123
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	1,987			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,464		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,487 W/m^2K$.

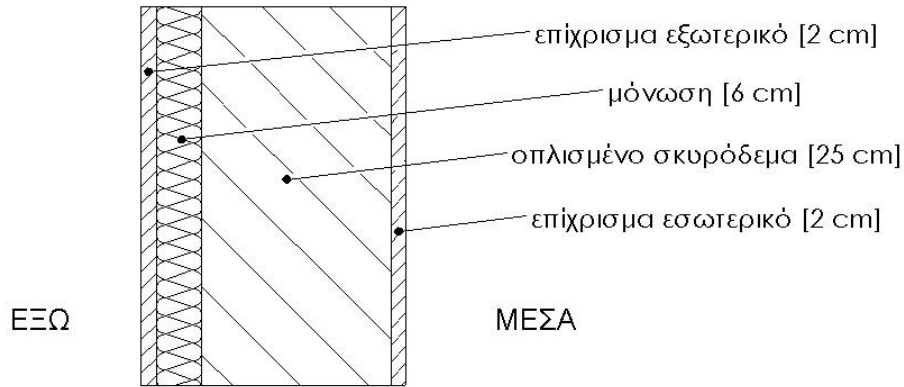
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ11

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 34,5cm.

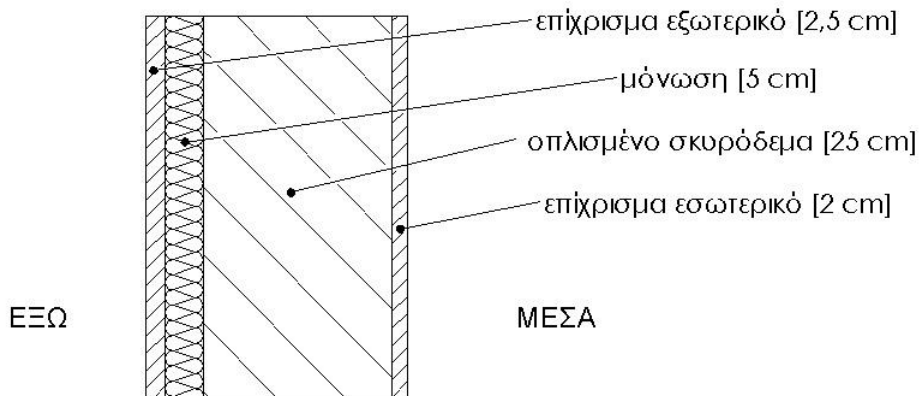
Πίνακας 4.2.11: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ11

Σ11	Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2300	25	2,2	0,114
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,13	0,04	1,681			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,540		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,567 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.10: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ10 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.11: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ11 υπό κλίμακα 1:10

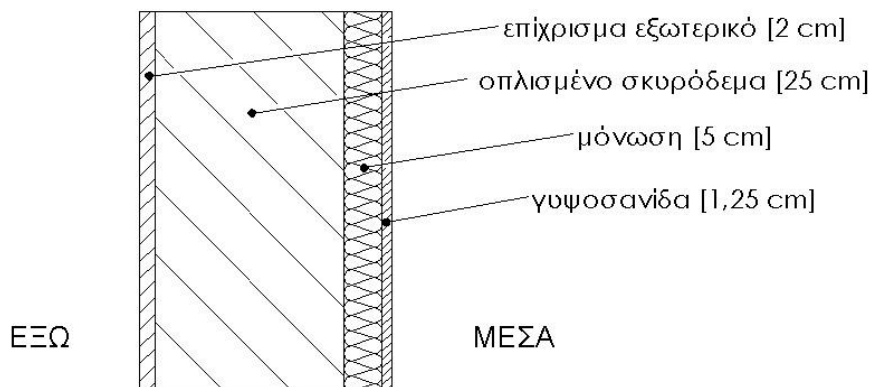
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ12

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 25cm, το οποίο επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος και επενδύεται με γυψοσανίδα πάχους 12,5mm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 33,25cm.

Πίνακας 4.2.12: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ12

Σ12	Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 25cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm και γυψοσανίδα				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	2,03	0,123
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,721	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,529	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της δοκού στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της δοκού θα ισούται με $U=0,554\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.2.12: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ12 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ13

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της δοκού είναι 34cm.

Πίνακας 4.2.13: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δομικού στοιχείου Σ13

Σ13 Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 25cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	2,03	0,123
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,13		0,04		1,684	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,539	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της δοκού στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της δοκού θα ισούται με $U=0,566\text{ W/m}^2\text{K}$.

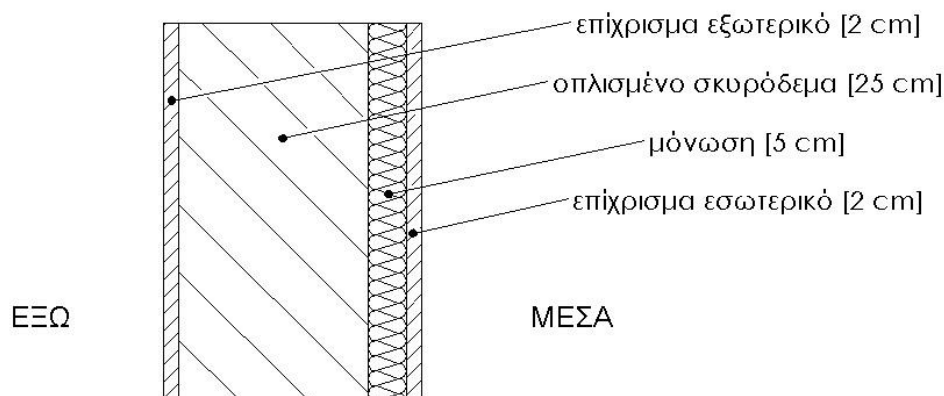
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ14

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 8cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 38cm.

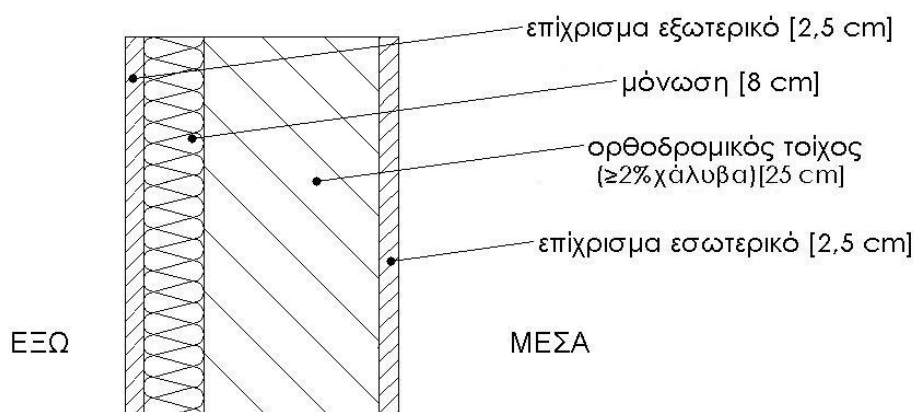
Πίνακας 4.2.14: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ14

Σ14 Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 8cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	μόνωση		8	0,033	2,424
3	οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ χάλυβα)	2400	25	2,5	0,100
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,582	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,363	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου σκυροδέματος στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου σκυροδέματος θα ισούται με $U=0,383 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.13: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ13 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.14: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ14 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ15

Το τοιχίο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 25cm, το οποίο επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 3cm. Στην εξωτερική πλευρά του σκυροδέματος διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 12cm και πάνω σε αυτό εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 40,5cm.

Πίνακας 4.2.15: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ15

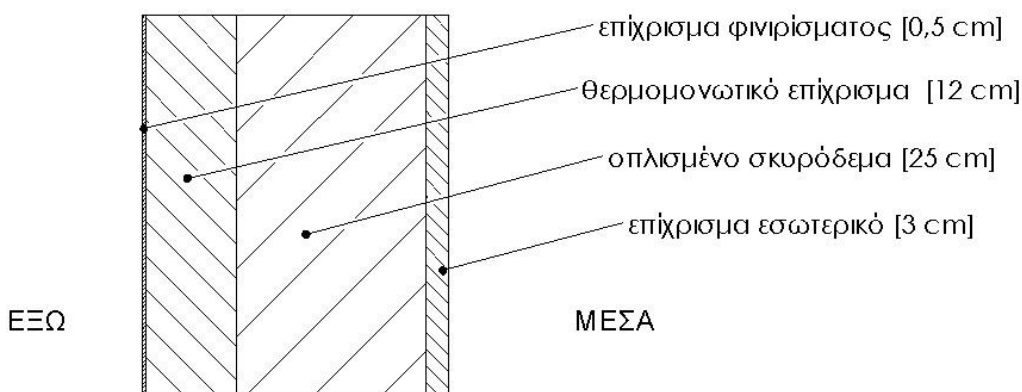
Σ15	Τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος 25cm με θερμομονωτικό επίχρισμα εξωτερικά 12cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	12	0,056	2,143
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	2,03	0,123
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	3	0,87	0,034
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,306	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,404		

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ16

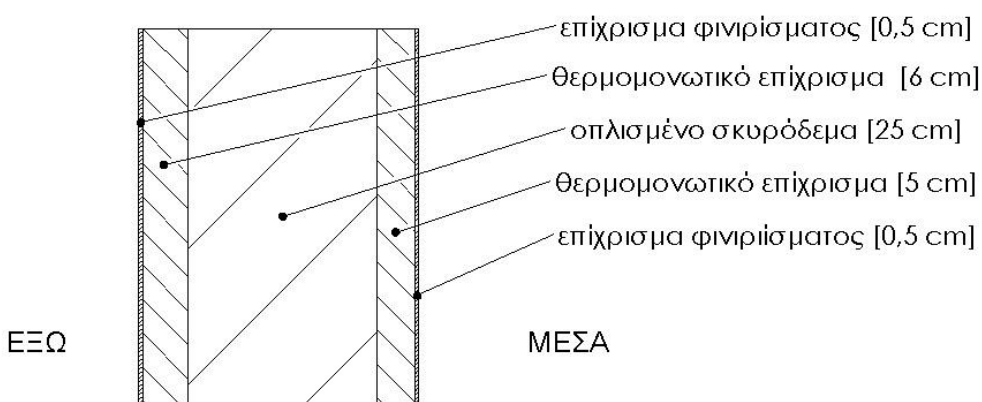
Το τοιχίο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά και εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 25cm. Στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του σκυροδέματος διαστρώνεται θερμομονωτικό επίχρισμα σε πάχη 6cm και 5cm αντίστοιχα και πάνω σε αυτά εφαρμόζεται επίχρισμα φινιρίσματος 0,5cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 37cm.

Πίνακας 4.2.16: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ16

Σ16	Τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος 25cm με θερμομονωτικό επίχρισμα εξωτερικά 6cm και εσωτερικά 5cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
2	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	6	0,056	1,071
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	2,03	0,123
4	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	5	0,056	0,893
5	επίχρισμα φινιρίσματος	1800	0,5	0,87	0,006
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,099	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,441		



Σχήμα 4.2.15: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ15 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.16: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ16 υπό κλίμακα 1:10

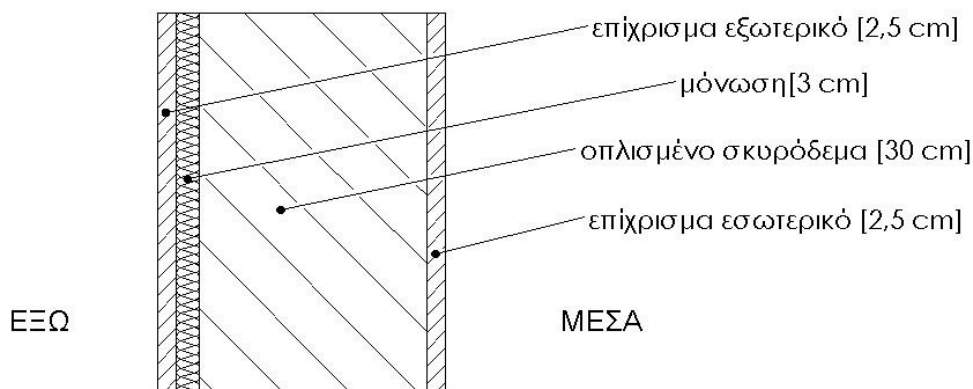
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ17

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 30cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 3cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 38cm.

Πίνακας 4.2.17: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ17

Σ17	Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 30cm με εξωτερική θερμομόνωση 3cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
2	μόνωση		3	0,033	0,909
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	2,03	0,148
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,114	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,779	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,811\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.2.17: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ17 υπό κλίμακα 1:10

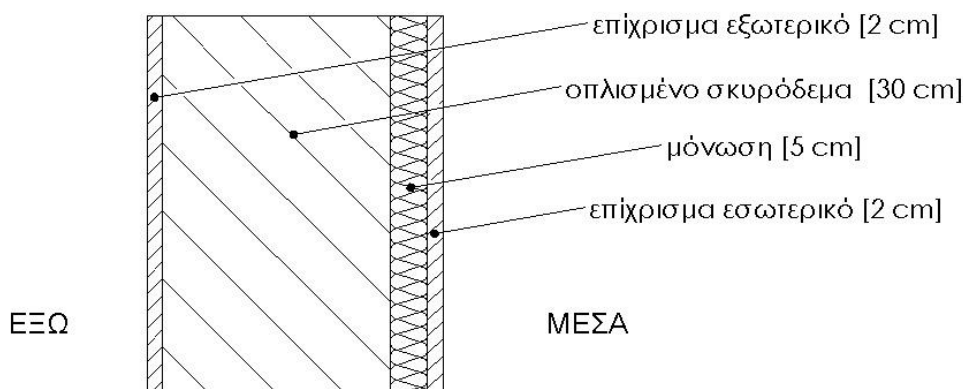
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ18

Το υποστύλωμα/δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 30cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 39cm.

Πίνακας 4.2.18: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δομικού στοιχείου Σ18

Σ18	Υποστύλωμα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 30cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	2,03	0,148
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)			
0,13	0,04	1,709			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,532	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,558\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.2.18: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ18 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ19

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (1% χάλυβα) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 3cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 33cm.

Πίνακας 4.2.19: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ19

Σ19 Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος (1% χάλυβα) 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 3cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	μόνωση		3	0,033	0,909
3	οπλισμένο σκυρόδεμα (1% χάλυβα)	2300	25	2,3	0,109
4	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,068	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,808	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,843 W/m^2K$.

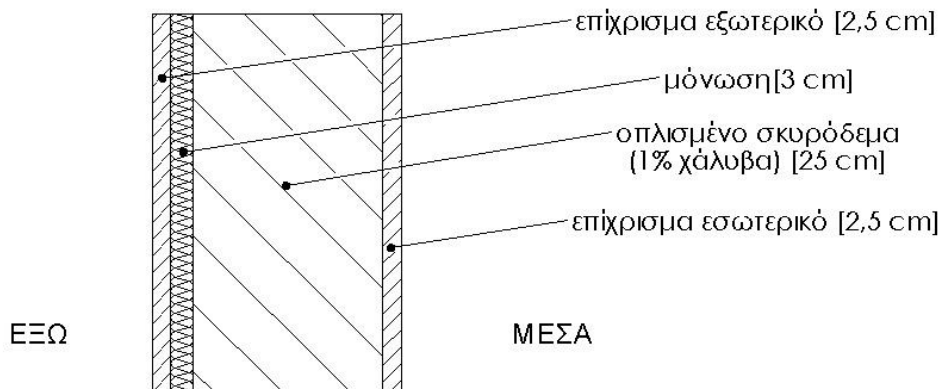
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ20

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (1% χάλυβα) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 35cm.

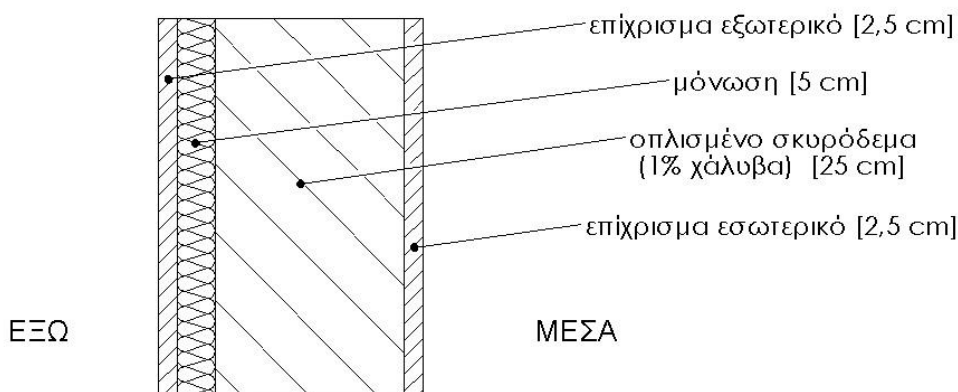
Πίνακας 4.2.20: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ20

Σ20 Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος (1% χάλυβα) 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1900	2,5	1	0,025
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπλισμένο σκυρόδεμα (1% χάλυβα)	2300	25	2,3	0,109
4	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,674	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,542	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,569 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.19: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ19 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.20: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ20 υπό κλίμακα 1:10

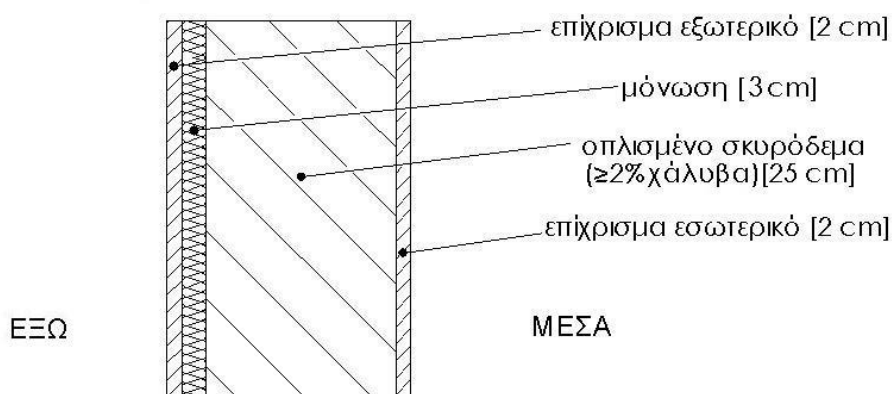
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ21

Η κολόνα-δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 3cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 32cm.

Πίνακας 4.2.21: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ21

Σ21 Κολόνα-δοκός οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 3cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		3	0,033	0,909
3	οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ χάλυβα)	2400	25	2,5	0,100
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,055	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,816	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,852 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.21: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ21 υπό κλίμακα 1:10

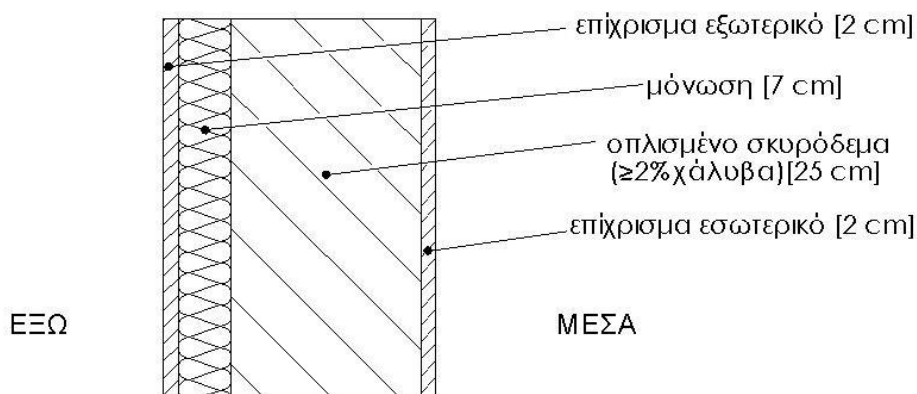
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ22

Το υποστύλωμα/δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 25cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 7cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του στοιχείου είναι 36cm.

Πίνακας 4.2.22: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ22

Σ22	Υποστύλωμα/δοκός οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) 25cm με εξωτερική θερμομόνωση 7cm				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	μόνωση		7	0,033	2,121
3	οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ χάλυβα)	2400	25	2,5	0,100
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		2,267	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,410	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου θα ισούται με $U=0,432 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.22: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ22 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ23

Το τοίχιο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 10cm, το οποίο επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm, τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος και επενδύεται εξωτερικά με φύλλο αλουμινίου πάχους 0,4cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 17,4cm.

Πίνακας 4.2.23: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ23

Σ23 Τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος 10cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	φύλλο αλουμινίου	2500	0,4	54	0,0007
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	10	2,03	0,049
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,587	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,569	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=0,598 W/m^2K$.

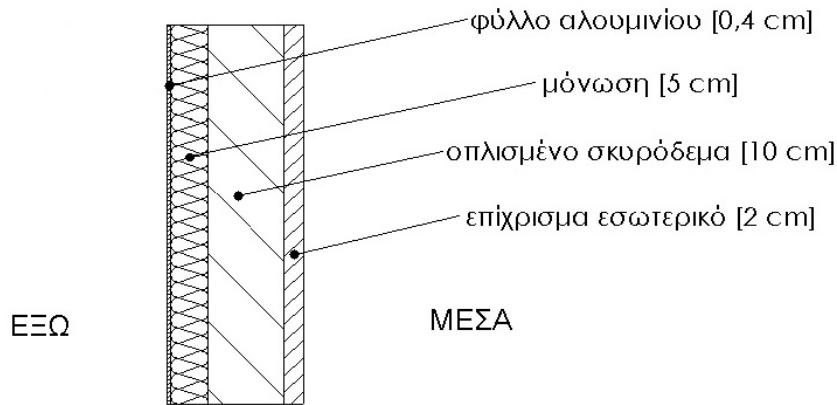
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ24

Το τοίχιο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 10cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 2,5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Η κατασκευή επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 16,5cm.

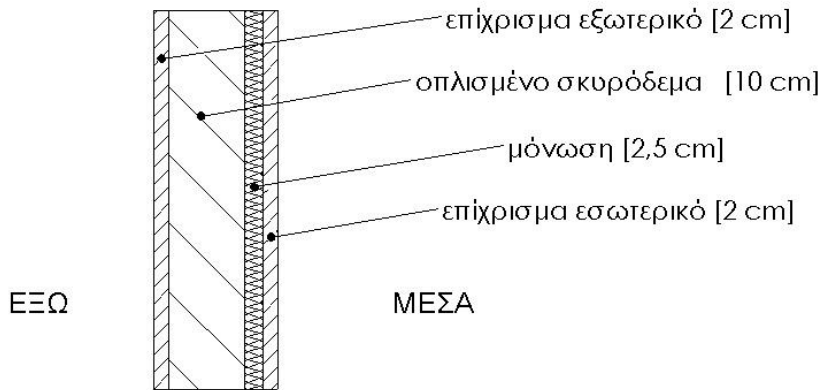
Πίνακας 4.2.24: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ24

Σ24 Τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος 10cm με εσωτερική θερμομόνωση 2,5cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	10	2,03	0,049
3	μόνωση		2,5	0,033	0,758
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,853	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,978	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημισκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=1,021 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.23: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ23 υπό κλίμακα 1:10



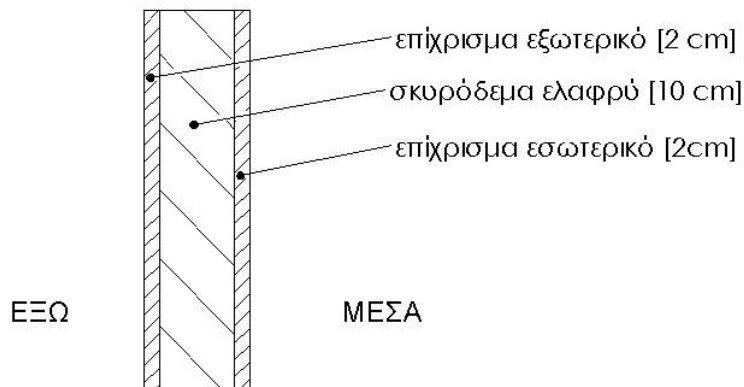
Σχήμα 4.2.24: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ24 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ25

Το τοίχιο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου. Κατασκευάζεται από σκυρόδεμα ελαφρύ (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 10cm, το οποίο επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 14cm.

Πίνακας 4.2.25: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ25

Σ25 Τοίχιο ελαφρού σκυροδέματος 10cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα $\rho(kg/m^3)$	πάχος $d(cm)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(W/mK)$	θερμική αντίσταση $R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	σκυρόδεμα ελαφρύ		10	1,51	0,066
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		0,112	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				3,544	



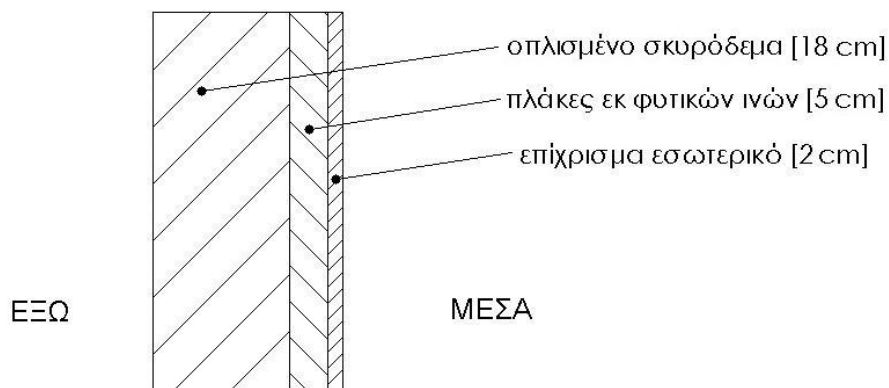
Σχήμα 4.2.25: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ25 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ26

Η δοκός είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένη εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 18cm. Στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Ως θερμομονωτικό υλικό επιλέγονται πλάκες εκ φυτικών ινών (ξυλόμαλλο) πάχους 5cm, οι οποίες στη συνέχεια επιχρίονται με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 25cm.

Πίνακας 4.2.26: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ26

Σ26	Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος 18cm με πλάκες εκ φυτικών ινών 5cm στην εσωτερική πλευρά				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	18	2,03	0,089
2	πλάκες εκ φυτικών ινών	390	5	0,081	0,617
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		0,729	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,112	



Σχήμα 4.2.26: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ26 υπό κλίμακα 1:10

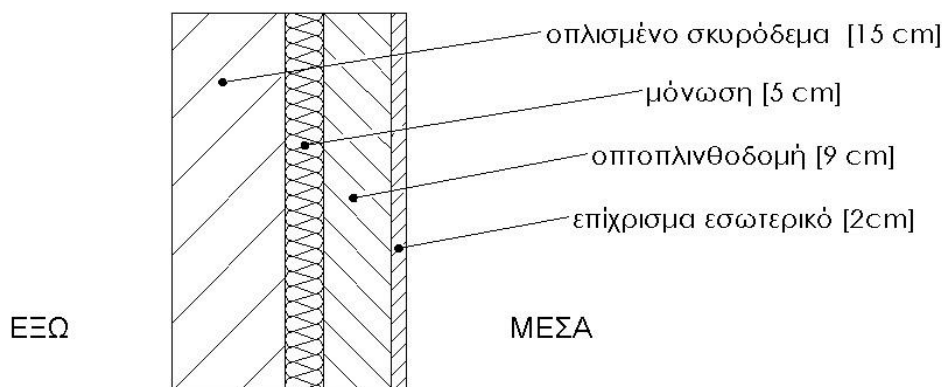
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ27

Το τοίχιο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Στη συνέχεια το μονωτικό υλικό καλύπτεται από μία οπτοπλινθοδομή κατασκευασμένη από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 31cm.

Πίνακας 4.2.27: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ27

Σ27	Τοίχιο σκυροδέματος 15cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm και εσωτερική στρώση από τούβλο (οπτοπλινθοδομή 9cm)				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
2	μόνωση		5	0,033	1,515
3	οπτοπλινθοδομή	1000	9	0,46	0,196
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,808	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,506	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=0,529 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.27: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ27 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ28

Το τοίχιο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου, με εξωτερική θερμομόνωση και με διάκενο αερισμού. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής, κατασκευάζεται η εξωτερική πρόσοψη του τοιχίου (αεριζόμενη πρόσοψη) από οπτόπλινθους διάτρητους σε δομικό σύστημα δόμησης σε πάχος 9cm. Μεταξύ του τοίχου πρόσοψης και του μονωτικού υλικού δημιουργείται ένα αεριζόμενο διάκενο πάχους 3cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 36cm.

Πίνακας 4.2.28: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ28

Σ28 Τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος 15cm με εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm, με αεριζόμενο διάκενο και εξωτερική πρόσοψη από διάτρητους οπτόπλινθους (δρομικός 9cm)					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό		2		-
2	δρομικός τοίχος		9		-
3	διάκενο αερισμού		3		-
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,13		1,612	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,534	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=0,560 W/m^2K$.

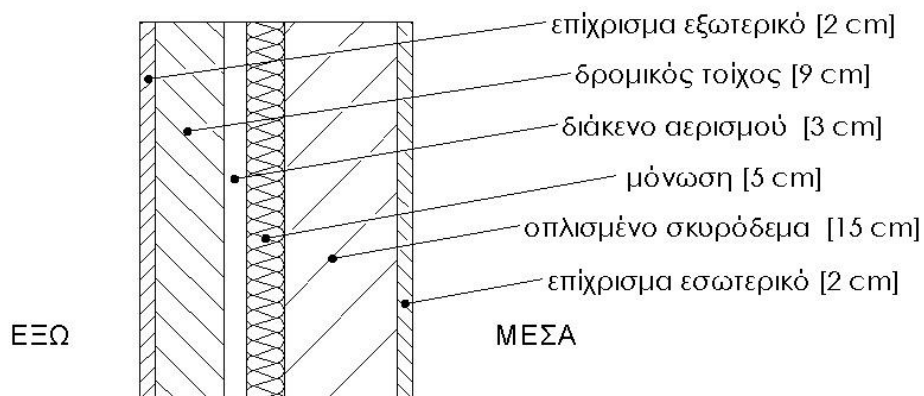
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ29

Το τοίχιο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου, με εξωτερική θερμομόνωση και με διάκενο αερισμού. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm το οποίο επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το θερμομονωτικό υλικό έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Στην εξωτερική πλευρά της κατασκευής, κατασκευάζεται η εξωτερική πρόσοψη του τοιχίου (αεριζόμενη πρόσοψη) από πλήρεις οπτόπλινθους σε πάχος 9cm. Μεταξύ του τοίχου πρόσοψης και του μονωτικού υλικού δημιουργείται ένα αεριζόμενο διάκενο πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 34cm.

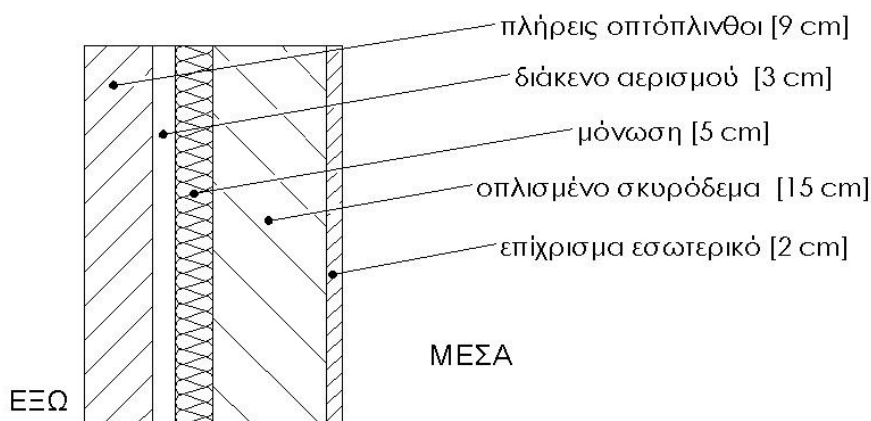
Πίνακας 4.2.29: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ29

Σ29 Τοίχιο οπλισμένου σκυροδέματος 15cm με εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm, με αεριζόμενο διάκενο και εξωτερική πρόσοψη από διακοσμητικά τούβλα 9cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλήρεις οπτόπλινθοι		9		-
2	διάκενο αερισμού		3		-
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,13		1,612	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,534	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχίου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχίου θα ισούται με $U=0,560\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.2.28: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ28 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.29: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ29 υπό κλίμακα 1:10

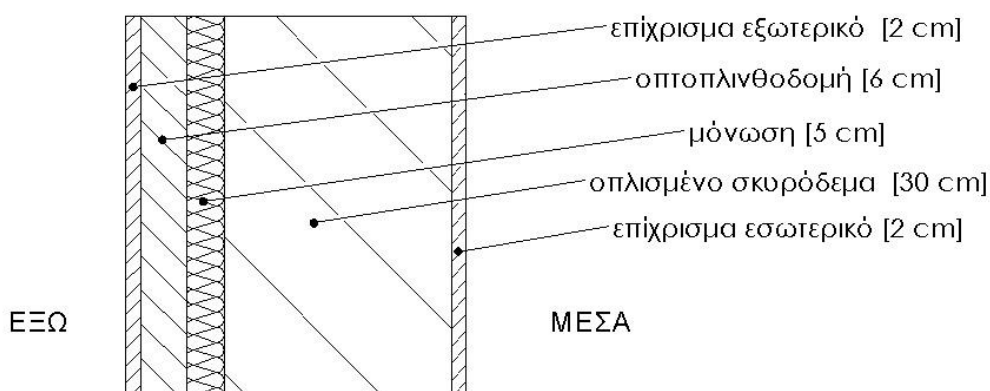
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ30

Το υποστύλωμα είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου, με εξωτερική θερμομόνωση. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 30cm. Η θερμομονωτική στρώση έχει πάχος 5cm και τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος. Στη συνέχεια κατασκευάζεται η εξωτερική πρόσοψη του τοιχίου (τοιχος πρόσοψης) από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 6cm. Το τοίχιο επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm και το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 45cm.

Πίνακας 4.2.30: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ30

Σ30 Υποστύλωμα οπλισμένου σκυροδέματος 30cm με εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm και εξωτερική πρόσοψη από διάτρητους οπτόπλινθους 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπτοπλινθοδομή	1000	6	0,46	0,130
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	2,03	0,148
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,839	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,498	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του υποστυλώματος στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) ή ημίσκληρη πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υποστυλώματος θα ισούται με $U=0,520 W/m^2K$.



Σχήμα 4.2.30: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ30 υπό κλίμακα 1:10

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ31

Το τοιχίο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm. Στην εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Ως μονωτικό υλικό επιλέγονται πλάκες εκ φυτικών ινών (ξυλόμαλλο) πάχους 3,5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 22,5cm.

Πίνακας 4.2.31: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ31

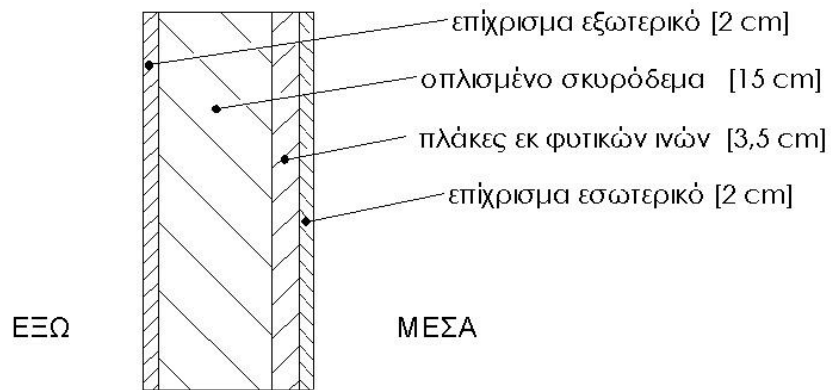
Σ31	Τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος 15cm με πλάκες εκ φυτικών ινών 3,5cm στην εσωτερική πλευρά				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
3	πλάκες εκ φυτικών ινών	415	3,5	0,093	0,376
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		0,496	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,501	

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ Σ32

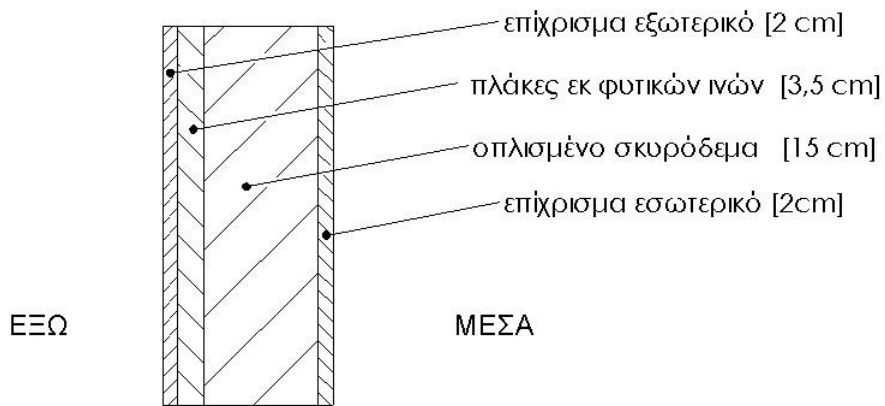
Το τοιχίο είναι εξωτερικό στοιχείο της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm. Στην εξωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Ως μονωτικό υλικό επιλέγονται πλάκες εκ φυτικών ινών (ξυλόμαλλο) πάχους 3,5cm. Η κατασκευή επιχρίεται εσωτερικά και εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του τοιχίου είναι 22,5cm.

Πίνακας 4.2.32: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δομικού στοιχείου Σ32

Σ32	Τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος 15cm με πλάκες εκ φυτικών ινών 3,5cm στην εξωτερική πλευρά				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	0,87	0,023
2	πλάκες εκ φυτικών ινών	415	3,5	0,093	0,376
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,13		0,04		0,496	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,501	



Σχήμα 4.2.31: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ31 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.2.32: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δομικού στοιχείου Σ32 υπό κλίμακα 1:10

4.3 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών οροφών

ΟΡΟΦΗ 01

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 16cm.

Πίνακας 4.3.1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο1

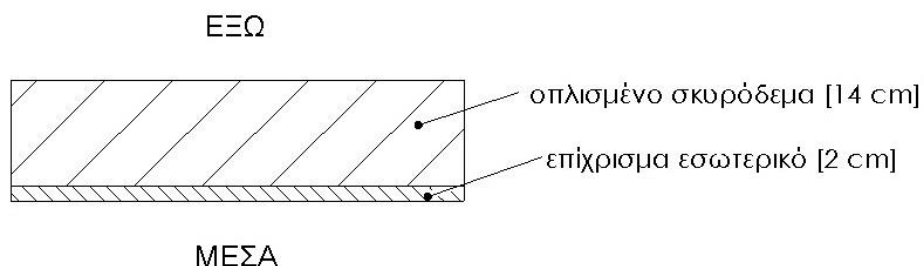
Ο1 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
2	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,10		0,04		0,092	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				4,311	

ΟΡΟΦΗ 02

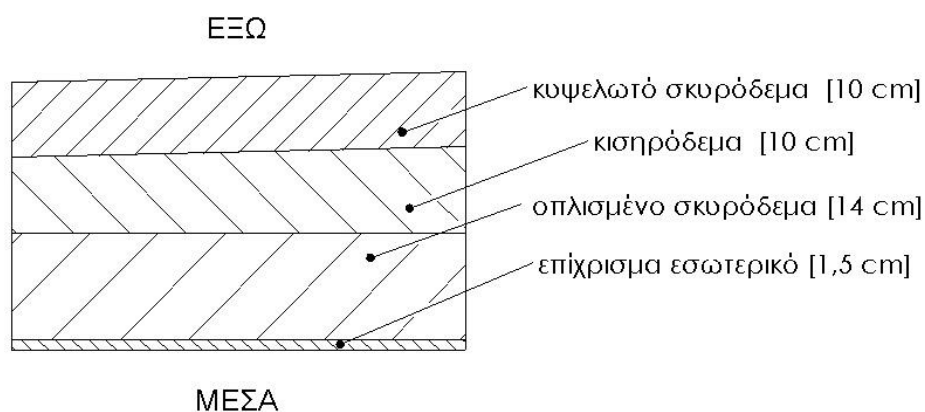
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια διαστρώνεται κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 10cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 35,5cm.

Πίνακας 4.3.2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο2

Ο2 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 10cm και κυψελωτό σκυρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κυψελωτό σκυρόδεμα	600	10	0,23	0,435
2	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,10		0,04		0,807	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,056	



Σχήμα 4.3.1: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο1 υπό κλίμακα 1:10



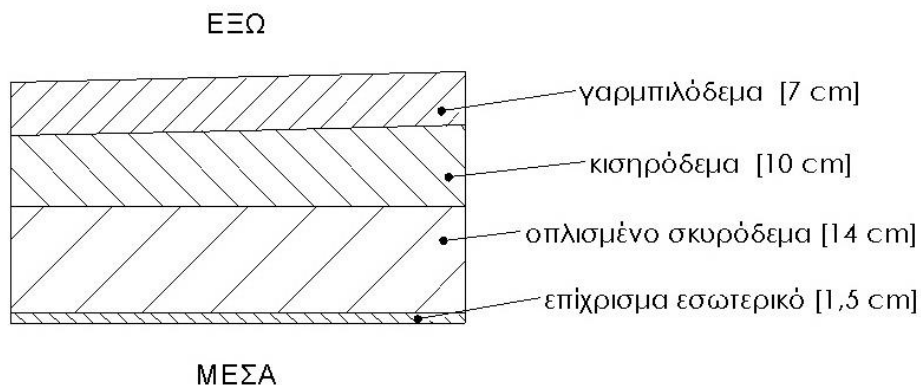
Σχήμα 4.3.2: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο2 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο3

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Τέλος, διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 32,5cm.

Πίνακας 4.3.3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο3

Ο3 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 10cm και γαρμπιλόδεμα 7cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,481	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,610	



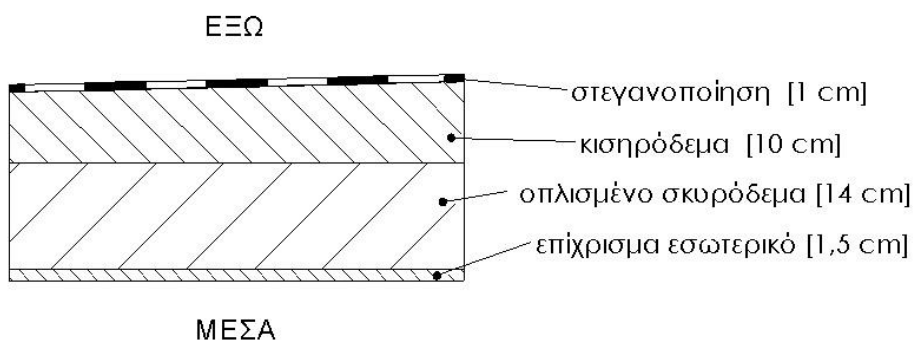
Σχήμα 4.3.3: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O3 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο4

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Τέλος, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 26,5cm.

Πίνακας 4.3.4: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O4

O4 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm και κισηρόδεμα 10cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
2	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,415	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,801	



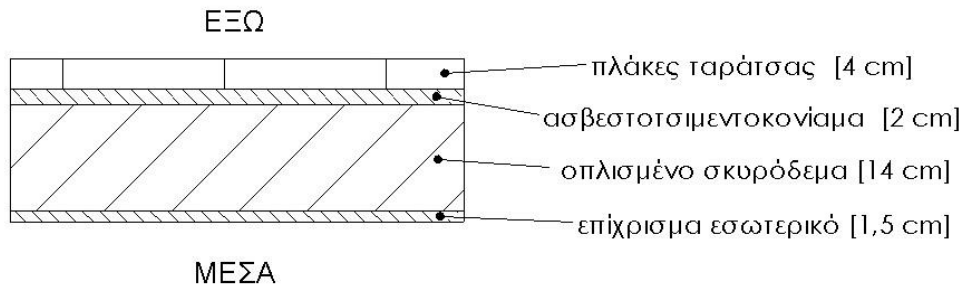
Σχήμα 4.3.4: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O4 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο5

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται ασβεστοσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm ώστε να εξαλειφθούν οι ανωμαλίες στην επιφάνεια του σκυροδέματος και να επικολληθεί η τελική επικάλυψη. Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται πλάκες τaráσσας πάχους 4cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 21,5cm.

Πίνακας 4.3.5: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο5

Ο5 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm και πλάκες τaráσσας					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλάκες τaráσσας	2100	4	1,5	0,027
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,136	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				3,625	



Σχήμα 4.3.5: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο5 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο6

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Τέλος, διαστρώνεται ασβεστοσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm και ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται πλάκες τaráσσας πάχους 4cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 32,5cm.

Πίνακας 4.3.6: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O6

O6 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 10cm και πλάκες ταράτσας					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	πλάκες ταράτσας	2100	4	1,5	0,027
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		0,465	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				1,653	

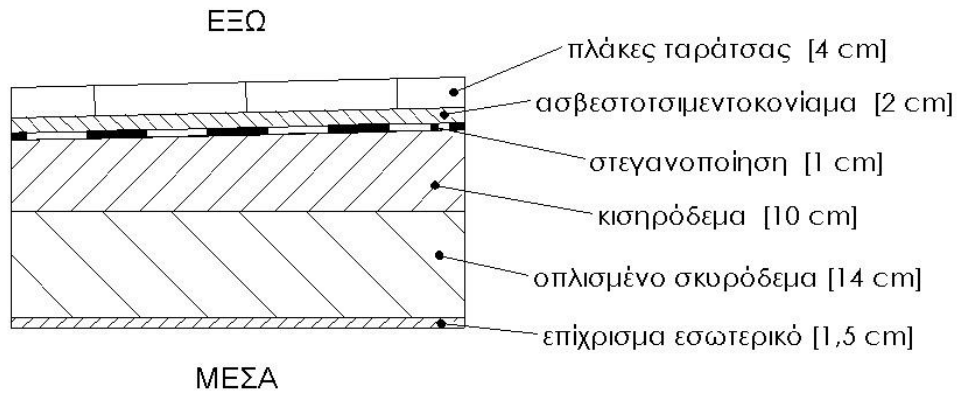
ΟΡΟΦΗ 07

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εξωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας ≥C16/20) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τέλος, διαστρώνεται το γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 29cm.

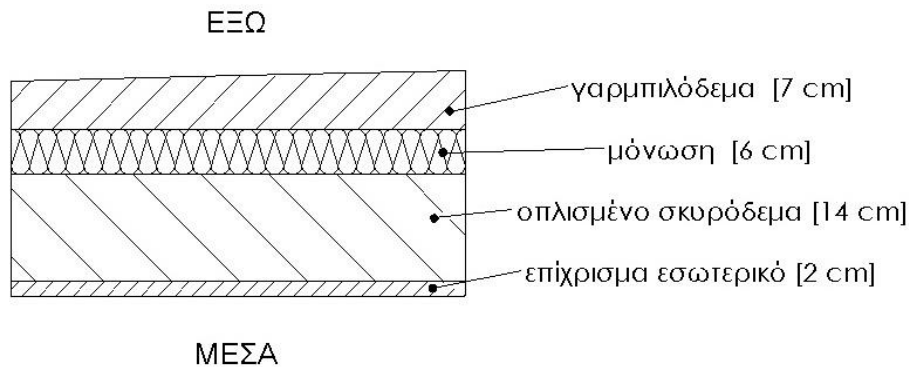
Πίνακας 4.3.7: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O7

O7 Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με εξωτερική θερμομόνωση 6cm και γαρμπιλόδεμα 7cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	μόνωση		6	0,033	1,818
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,020	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,463	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK.



Σχήμα 4.3.6: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O6 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.7: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O7 υπό κλίμακα 1:10

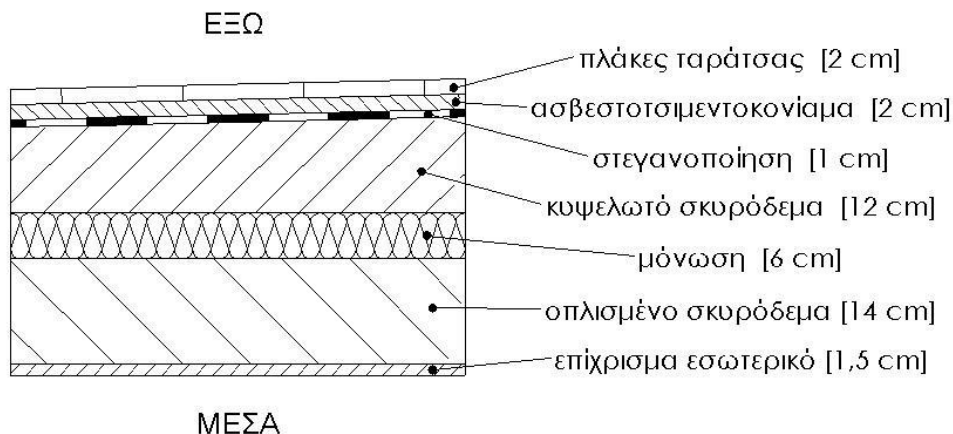
ΟΡΟΦΗ O8α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 12cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Πάνω από τη στρώση των κλίσεων ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Στη συνέχεια διαστρώνεται ασβεστοσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται πλάκες ταράτσας πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 38,5cm.

Πίνακας 4.3.8α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο8α

Ο8α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 6cm και κυψελωτό σκυρόδεμα 12cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλάκες ταράτσας	2100	2	1,5	0,013
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	κυψελωτό σκυρόδεμα	1000	12	0,35	0,343
5	μόνωση		6	0,033	1,818
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,327	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,405	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,414 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.8α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο8α υπό κλίμακα 1:10

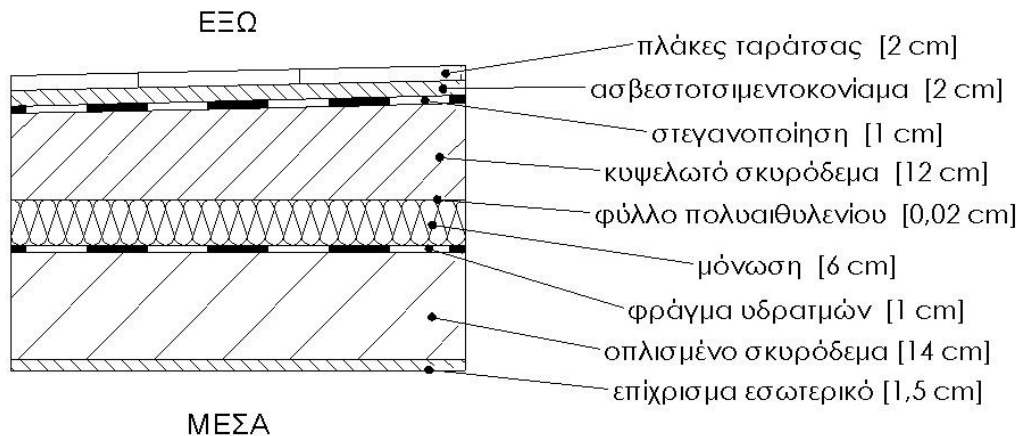
ΟΡΟΦΗ Ο8β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο8α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 1cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Ως φράγμα υδρατμών εφαρμόζονται πάνω στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επαλείψεις με ασφαλτικό γαλάκτωμα. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5gr/m^3$). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση φύλλων πολυαιθυλενίου πάχους 0,2mm πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.8β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο8β

Ο8β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κυψελωτό σκυρόδεμα 12cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλάκες ταράτσας	2100	2	1,5	0,013
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	κυψελωτό σκυρόδεμα	1000	12	0,35	0,343
5	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,02	0,5	0,0004
6	μόνωση		6	0,039	1,538
7	φράγμα υδρατμών	1050	1	0,17	0,059
8	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
9	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	2,107			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,445	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,404 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,396 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.8β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο8β υπό κλίμακα 1:10

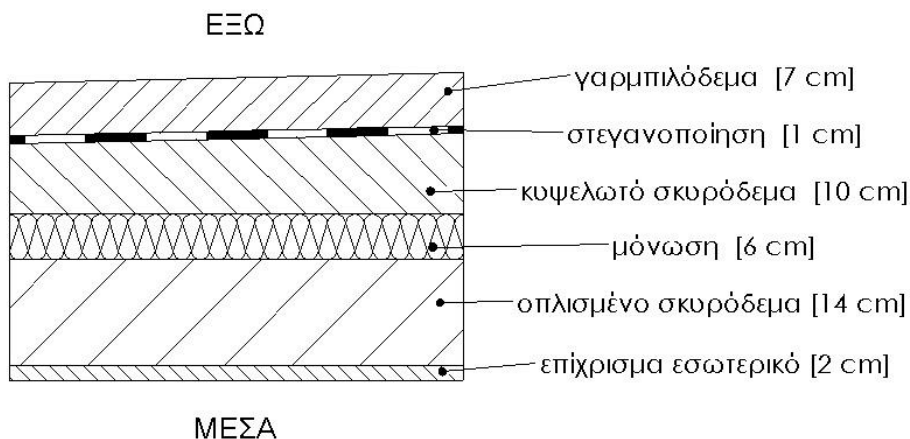
ΟΡΟΦΗ Ο9α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Πάνω από τη στρώση των κλίσεων ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Τέλος, διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 40cm.

Πίνακας 4.3.9α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο9α

Ο9α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 6cm και κυψελωτό σκυρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
3	κυψελωτό σκυρόδεμα	800	10	0,29	0,345
4	μόνωση		6	0,033	1,818
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,423	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,390	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,398 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.9α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο9α υπό κλίμακα 1:10

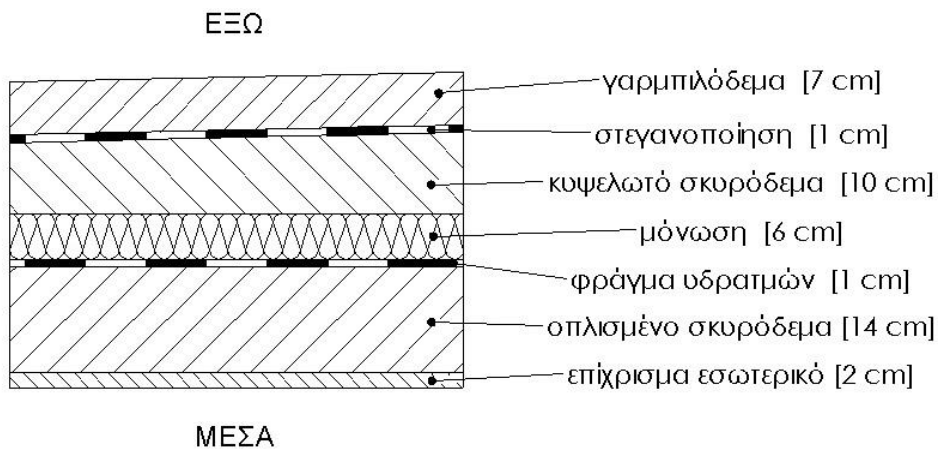
ΟΡΟΦΗ Ο9β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο9α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 1cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής στρώσης όπως φύλλα πολυαιθυλενίου πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.9β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο9β

Ο9β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κυψελωτό σκυρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
3	κυψελωτό σκυρόδεμα	800	10	0,29	0,345
4	μόνωση		6	0,039	1,538
5	φράγμα υδρατμών	1050	1	0,17	0,059
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,202	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,427	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,389 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,381 W/m²K.



Σχήμα 4.3.9β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο9β υπό κλίμακα 1:10

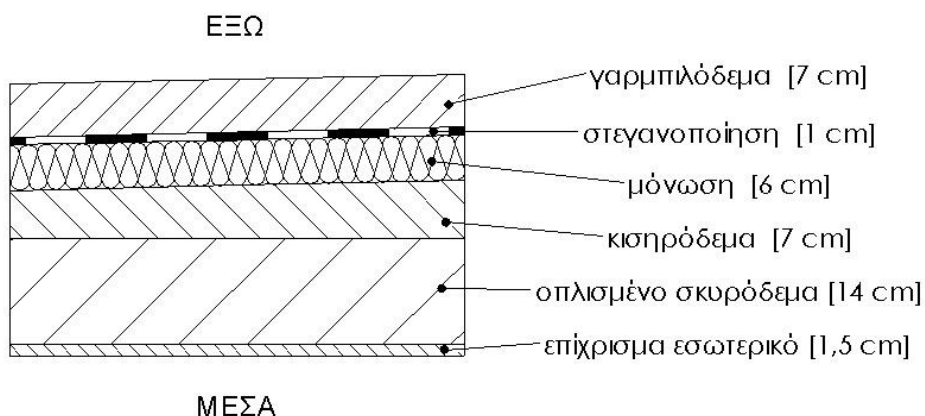
ΟΡΟΦΗ Ο10α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 7cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Τέλος, διαστρώνεται το γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 36,5cm.

Πίνακας 4.3.10α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο10α

Ο10α	Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με κισηρόδεμα 7cm και θερμομόνωση 6cm				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	κισηρόδεμα	1000	7	0,35	0,200
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,257	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,417	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,427 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.10α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο10α υπό κλίμακα 1:10

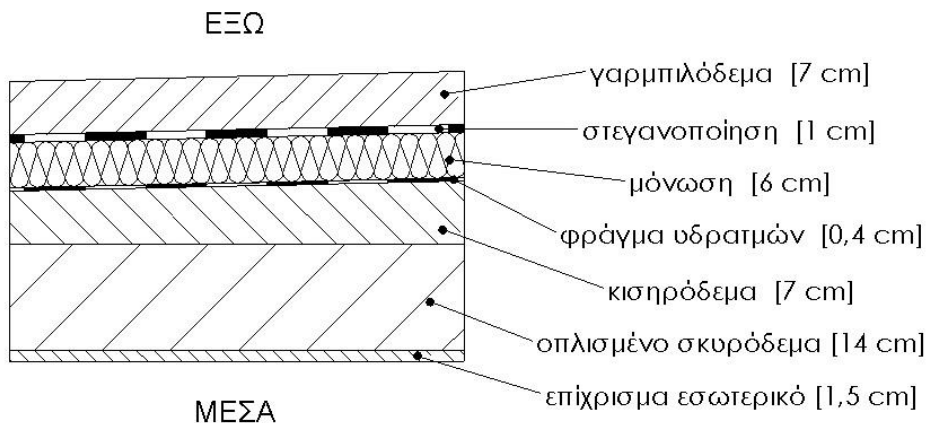
ΟΡΟΦΗ Ο10β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο10α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη στρώση κλίσεων (κισηρόδεμα) και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.10β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο10β

Ο10β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με φράγμα υδρατμών, κισηρόδεμα 7cm και θερμομόνωση 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
3	μόνωση		6	0,039	1,538
4	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
5	κισηρόδεμα	1000	7	0,35	0,200
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		1,995	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,468	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,424 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,414 W/m²K.



Σχήμα 4.3.10β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο10β υπό κλίμακα 1:10

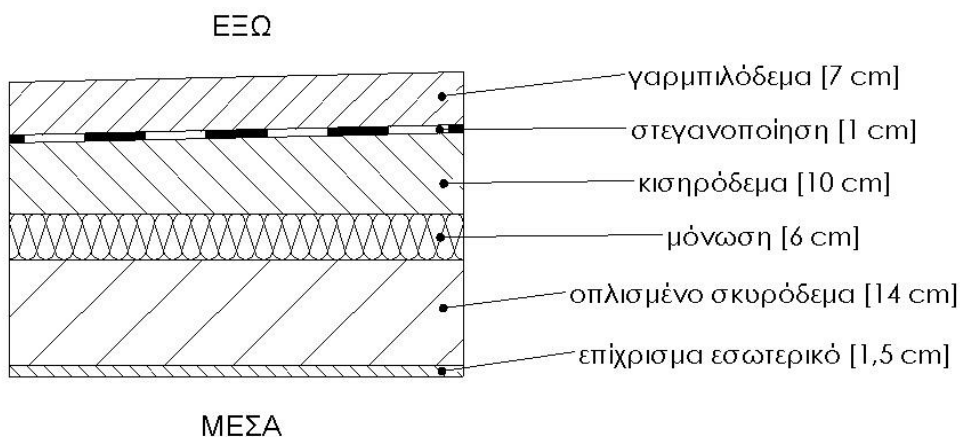
ΟΡΟΦΗ Ο11α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Στη συνέχεια ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Πάνω από τη στρώση των κλίσεων ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Τέλος, διαστρώνεται το γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 39,5cm.

Πίνακας 4.3.11α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο11α

Ο11α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 6cm και κισηρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
3	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
4	μόνωση		6	0,033	1,818
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,358	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,400	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,409 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.11α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο11α υπό κλίμακα 1:10

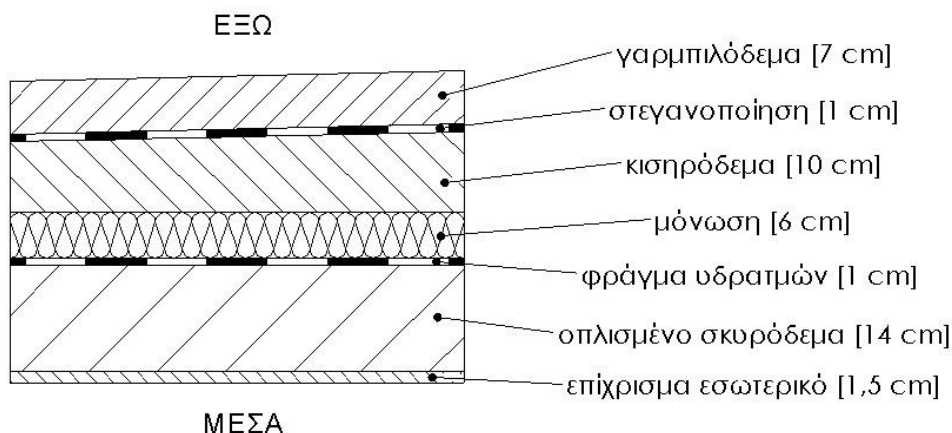
ΟΡΟΦΗ Ο11β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή 11α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 1cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής στρώσης όπως φύλλα πολυαιθυλενίου πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.11β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο11β

Ο11β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κισηρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
2	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
3	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
4	μόνωση		6	0,039	1,538
5	φράγμα υδρατμών	1100	1	0,17	0,059
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,137	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,439	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,399 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,391 W/m²K.



Σχήμα 4.3.11β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο11β υπό κλίμακα 1:10

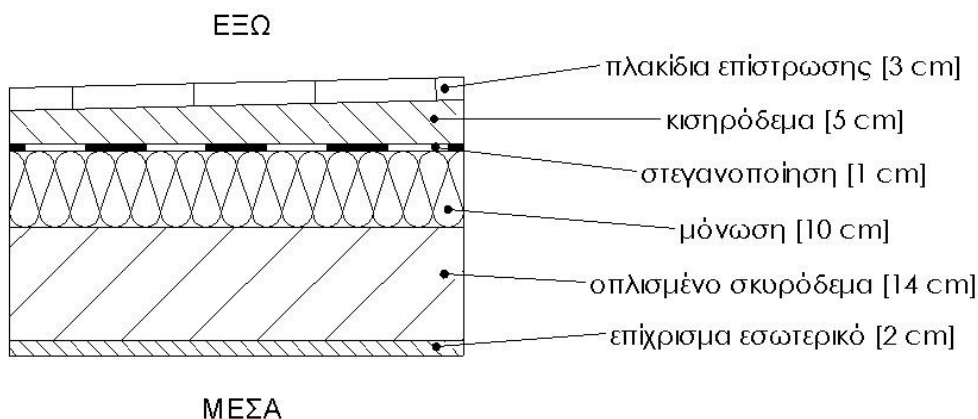
ΟΡΟΦΗ Ο12α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 10cm. Στη συνέχεια ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόχαρτα). Έπειτα, διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 5cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται πλακίδια πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 35cm.

Πίνακας 4.3.12α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο12α

Ο12α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 10cm και κισηρόδεμα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλακίδια επίστρωσης	2000	3	1,05	0,029
2	κισηρόδεμα	800	5	0,28	0,179
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,19	0,053
4	μόνωση		10	0,033	3,030
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		3,382	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,284	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,291 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.12α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο12α υπό κλίμακα 1:10

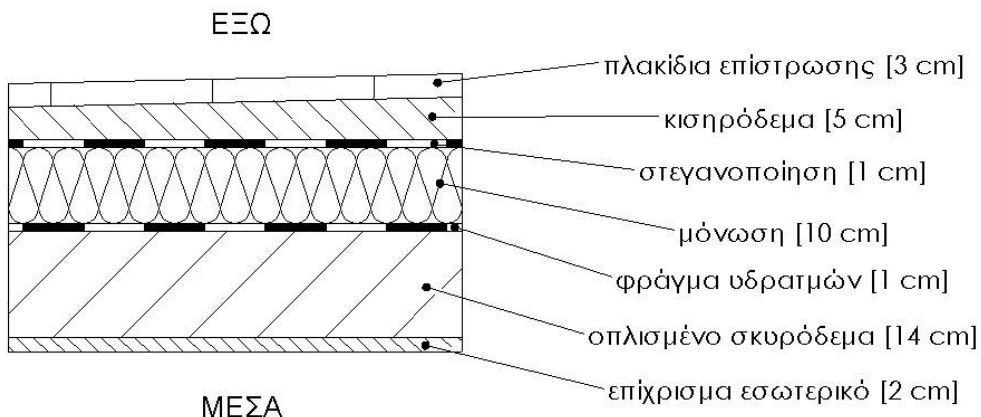
ΟΡΟΦΗ Ο12β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο12α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 1cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.12β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο12β

Ο12β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 10cm και κισηρόδεμα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	πλακίδια επίστρωσης	2000	3	1,05	0,029
2	κισηρόδεμα	800	5	0,28	0,179
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,19	0,053
4	μόνωση		10	0,039	2,564
5	φράγμα υδρατμών	1100	1	0,19	0,053
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,968	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,322	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,289 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,280 W/m²K.



Σχήμα 4.3.12β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο12β υπό κλίμακα 1:10

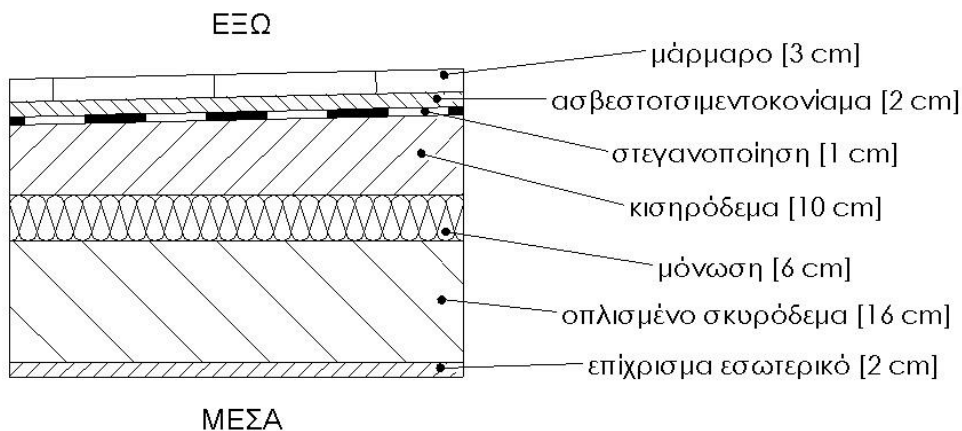
ΟΡΟΦΗ Ο13α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 16cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Στη συνέχεια ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Πάνω από τη στρώση των κλίσεων ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται πλάκες μαρμάρου πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 40cm.

Πίνακας 4.3.13α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο13α

Ο13α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm, με θερμομόνωση 6cm και κισηρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	3	3,5	0,009
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
5	μόνωση		6	0,033	1,818
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	2,03	0,079
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,281	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,413	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,422 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.13α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο13α υπό κλίμακα 1:10

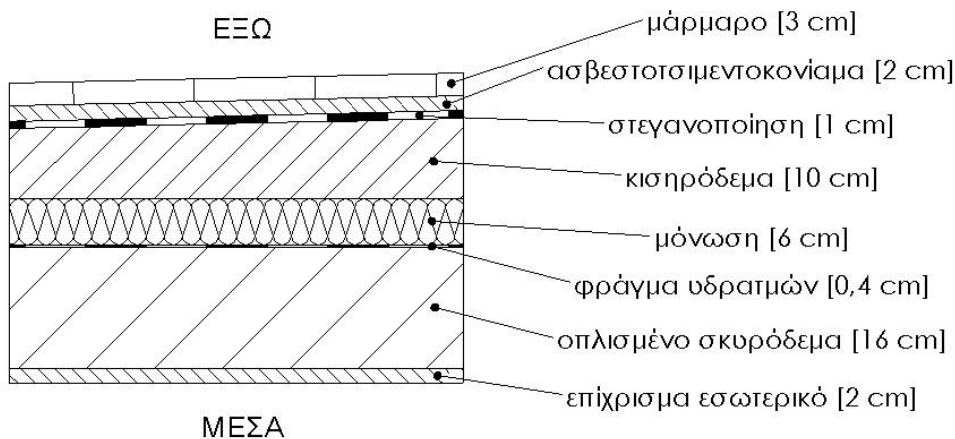
ΟΡΟΦΗ Ο13β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο13α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής στρώσης όπως φύλλα πολυαιθυλενίου πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.13β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο13β

Ο13β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κισηρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	μάρμαρο	2800	3	3,5	0,009
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
5	μόνωση		6	0,039	1,538
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	2,03	0,079
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,018	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,463	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,419 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,410 W/m²K.



Σχήμα 4.3.13β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο13β υπό κλίμακα 1:10

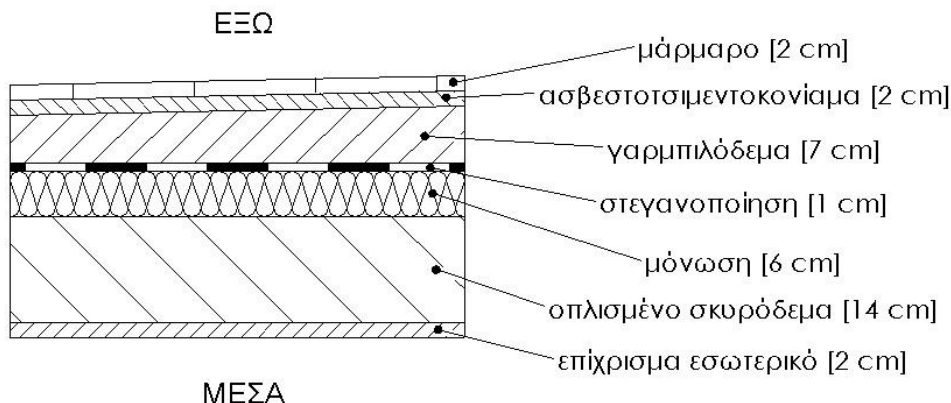
ΟΡΟΦΗ Ο14α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εξωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται ασβεστοσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη της οροφής χρησιμοποιούνται πλάκες μαρμάρου πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 34cm.

Πίνακας 4.3.14α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο14α

Ο14α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 6cm και γαρμπιλόδεμα 7cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	μόνωση		6	0,033	1,818
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
		R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)	
		0,10	0,04	2,092	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,448	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,459 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.14α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο14α υπό κλίμακα 1:10

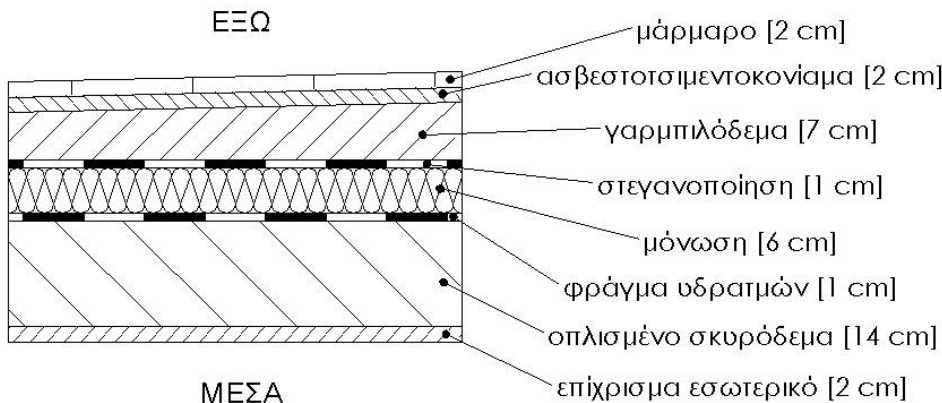
ΟΡΟΦΗ Ο14β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο14α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 1cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Ως φράγμα υδρατμών εφαρμόζονται πάνω στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επαλείψεις με ασφαλτικό γαλάκτωμα. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5\text{gr/m}^3$).

Πίνακας 4.3.14β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), της οροφής Ο14β

Ο14β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυροδέμα 14cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και γαρμπιλόδεμα 7cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	μόνωση		6	0,039	1,538
6	φράγμα υδρατμών	1050	1	0,17	0,059
7	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	14	2,03	0,069
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,10		0,04		1,871	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,497	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,447\text{W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,437\text{W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.14β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο14β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο15α

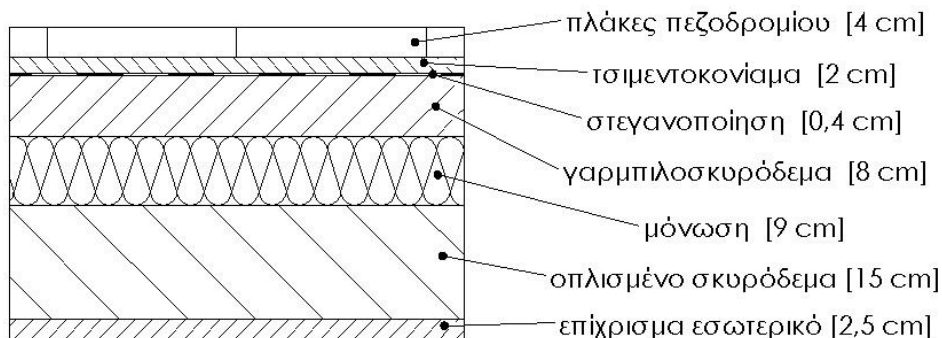
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εξωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 9cm. Στη συνέχεια, διαστρώνεται γαρμπιλοσκυρόδεμα πάχους 8cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Τέλος, διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm πάνω από το οποίο τοποθετούνται πλάκες πεζοδρομίου πάχους 4cm για την τελική επικάλυψη της οροφής. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 40,9cm.

Πίνακας 4.3.15α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο15α

Ο15α					
Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με θερμομόνωση 9cm και γαρμπιλοσκυρόδεμα 8cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλάκες πεζοδρομίου	2100	4	1,5	0,027
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
4	γαρμπιλοσκυρόδεμα	1500	8	0,64	0,125
5	μόνωση		9	0,033	2,727
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	2,999			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,319	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,327 W/m^2K$.

ΕΞΩ



ΜΕΣΑ

Σχήμα 4.3.15α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο15α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο15β

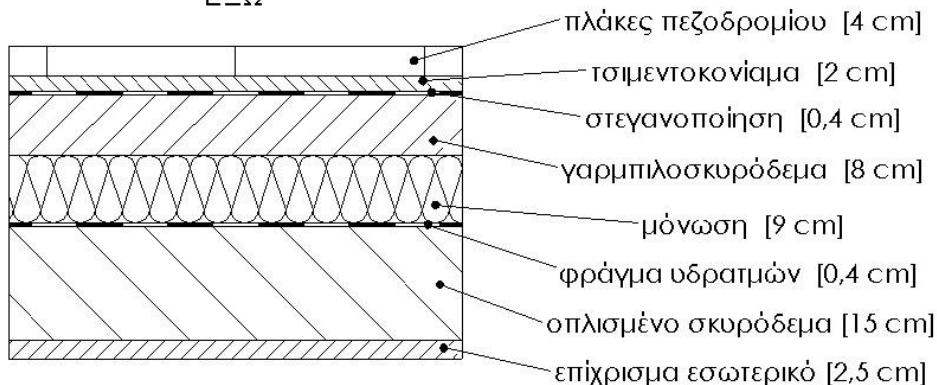
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο15α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής στρώσης όπως φύλλα πολυαιθυλενίου πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.15β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο15β

Ο15β		Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 9cm και γαρμπιλοσκυρόδεμα 8cm			
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	πλάκες πεζοδρομίου	2100	4	1,5	0,027
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
4	γαρμπιλοσκυρόδεμα	1500	8	0,64	0,125
5	μόνωση		9	0,039	2,308
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
		R _i (m ² K/W)	R _a (m ² K/W)	R (m ² K/W)	
		0,10	0,04	2,597	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,365	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,325 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,317 W/m²K.

ΕΞΩ



ΜΕΣΑ

Σχήμα 4.3.15β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο15β υπό κλίμακα 1:10

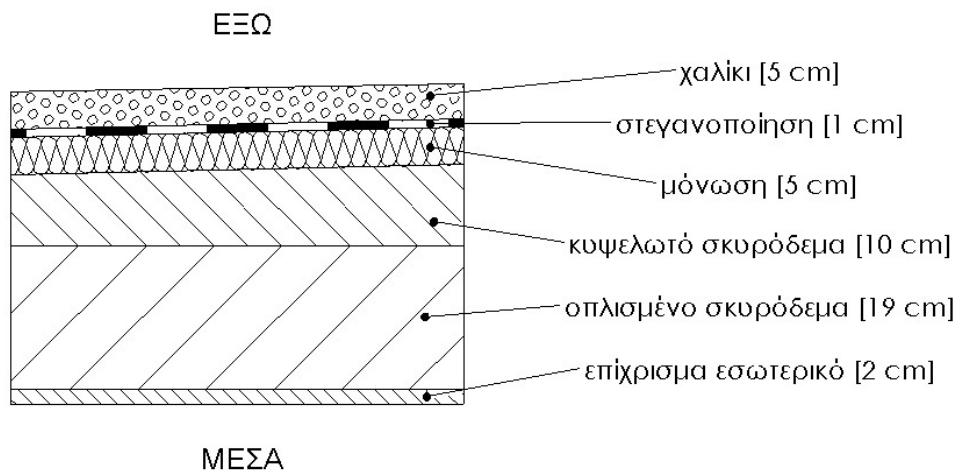
ΟΡΟΦΗ Ο16α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 19cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κυψελωτό σκυρόδεμα (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως) πάχους 10cm. Στη συνέχεια τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόχαρτα). Ως τελική επικάλυψη της οροφής χρησιμοποιείται χαλίκι πάχους 5cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 42cm.

Πίνακας 4.3.16α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο16α

Ο16α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 19cm, με κυψελωτό σκυρόδεμα 10cm, θερμομόνωση 5cm και χαλίκι					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	χαλίκι	1840	5	0,81	0,062
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,19	0,053
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	κυψελωτό σκυρόδεμα	600	10	0,23	0,435
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,204	0,086
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,173	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,432	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,441 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.16α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο16α υπό κλίμακα 1:10

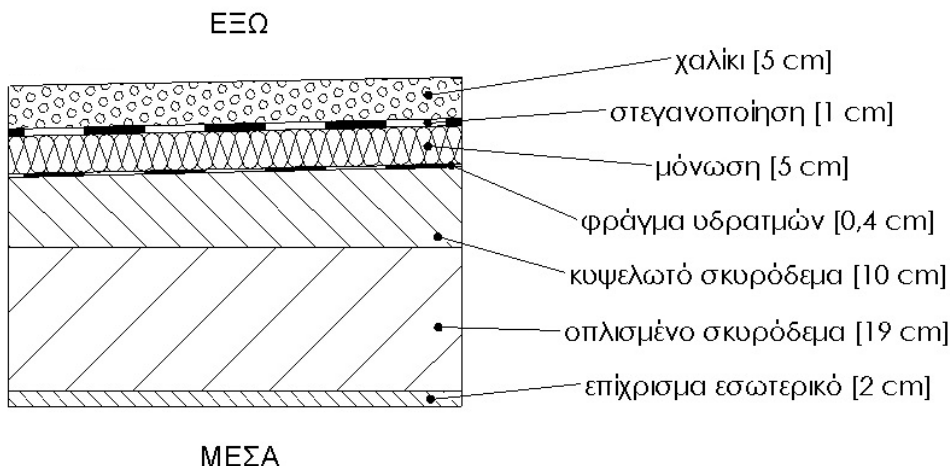
ΟΡΟΦΗ Ο16β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο16α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη στρώση κλίσεων (κυψελωτό σκυρόδεμα) και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.16β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο16β

Ο16β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 19cm, με κυψελωτό σκυρόδεμα 10cm, φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 5cm και χαλίκι					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	χαλίκι	1840	5	0,81	0,062
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,19	0,053
3	μόνωση		5	0,039	1,282
4	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,19	0,021
5	κυψελωτό σκυρόδεμα	600	10	0,23	0,435
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	19	2,204	0,086
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		1,961	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,476	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,039W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,437 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με U=0,428 W/m²K.



Σχήμα 4.3.16β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο16β υπό κλίμακα 1:10

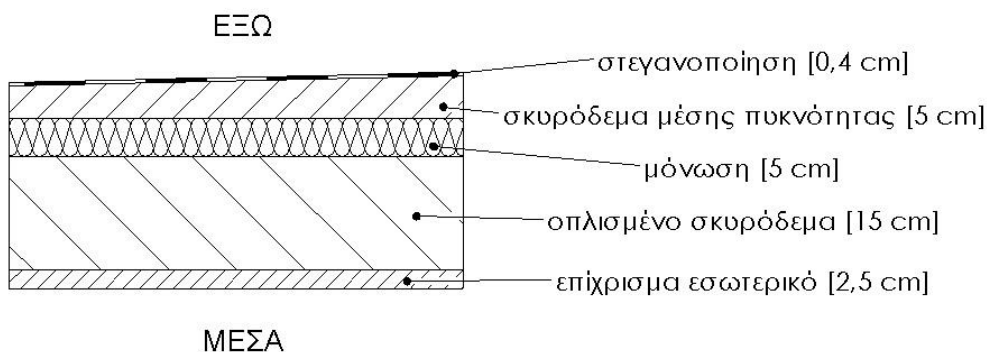
ΟΡΟΦΗ Ο17α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Στη συνέχεια διαμορφώνεται η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 5cm. Τέλος, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 27,4cm.

Πίνακας 4.3.17α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο17α

Ο17α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με θερμομόνωση 5cm και σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	5	1,35	0,037
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
5	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,655	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,557	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,571 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.17α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο17α υπό κλίμακα 1:10

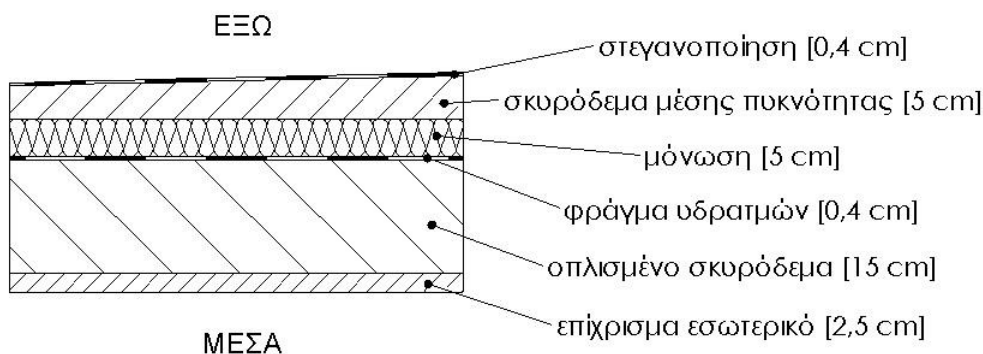
ΟΡΟΦΗ Ο17β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο17α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Ως φράγμα υδρατμών χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής στρώσης όπως φύλλα πολυαιθυλενίου πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.17β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο17β

Ο17β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 5cm και σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	5	1,35	0,037
3	μόνωση		5	0,039	1,282
4	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
6	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a (\text{m}^2\text{K/W})$		$R (\text{m}^2\text{K/W})$	
0,10		0,04		1,439	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,633	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,566\text{W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,552\text{W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.17β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο17β υπό κλίμακα 1:10

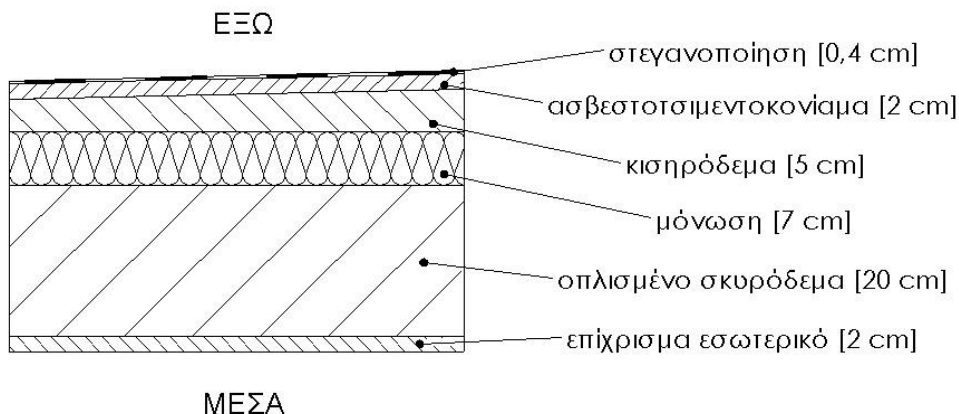
ΟΡΟΦΗ Ο18α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 7cm. Στη συνέχεια ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 5cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Πάνω από τη στρώση των κλίσεων διαστρώνεται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm και τέλος, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm η οποία αποτελεί και την τελική στρώση της οροφής. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 36,4cm.

Πίνακας 4.3.18α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο18α

Ο18α					
Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με θερμομόνωση 7cm και κισηρόδεμα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	κισηρόδεμα	500	5	0,2	0,250
4	μόνωση		7	0,033	2,121
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,5	0,080
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,515	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,377	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,386 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.18α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο18α υπό κλίμακα 1:10

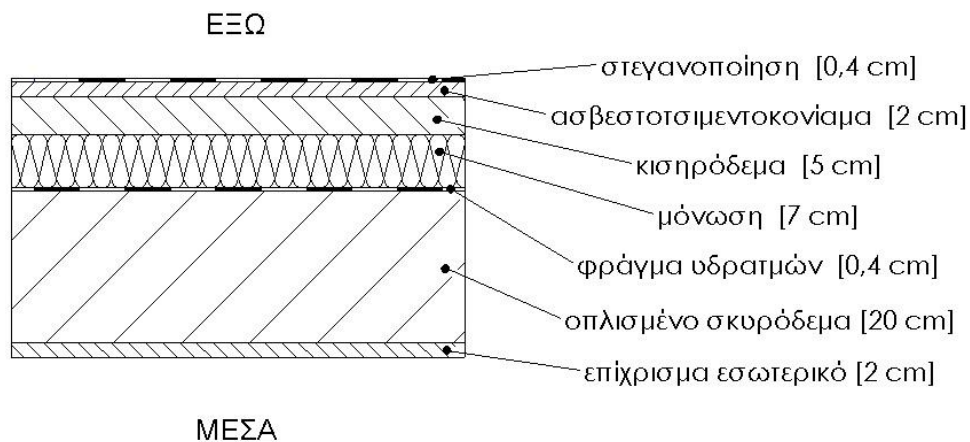
ΟΡΟΦΗ Ο18β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο18α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η χρήση φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγρασία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Επιπλέον, συνίσταται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής στρώσης όπως φύλλα πολυαιθυλενίου πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από τη στρώση των κλίσεων όταν το μονωτικό υλικό προσβάλλεται από την υγρασία.

Πίνακας 4.3.18β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο18β

Ο18β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κισηρόδεμα 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	κισηρόδεμα	500	5	0,2	0,250
4	μόνωση		7	0,039	1,795
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,5	0,080
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a (\text{m}^2\text{K/W})$		$R (\text{m}^2\text{K/W})$	
0,10		0,04		2,206	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,426	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,383\text{W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,374\text{W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.18β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο18β υπό κλίμακα 1:10

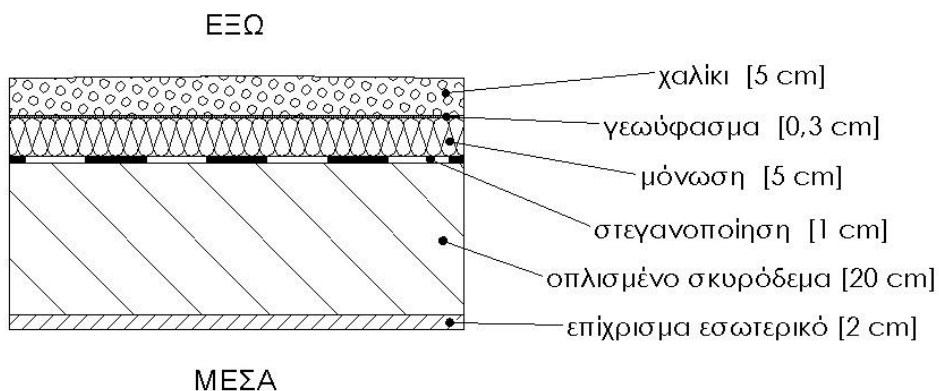
ΟΡΟΦΗ Ο19

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Για την τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετείται χαλίκι σε πάχος 5cm. Μεταξύ της τελικής στρώσης και της θερμομονωτικής στρώσης προστίθεται μία στρώση γεωφάσματος πάχους 0,3cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 33,3cm.

Πίνακας 4.3.19: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο19

Ο19 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με θερμομόνωση 5cm και χαλίκι					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	χαλίκι	1840	5	0,81	0,062
2	γεωφάσμα	100	0,3	0,04	0,075
3	μόνωση	28	5	0,033	1,515
4	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,832	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,507	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



Σχήμα 4.3.19: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο19 υπό κλίμακα 1:10

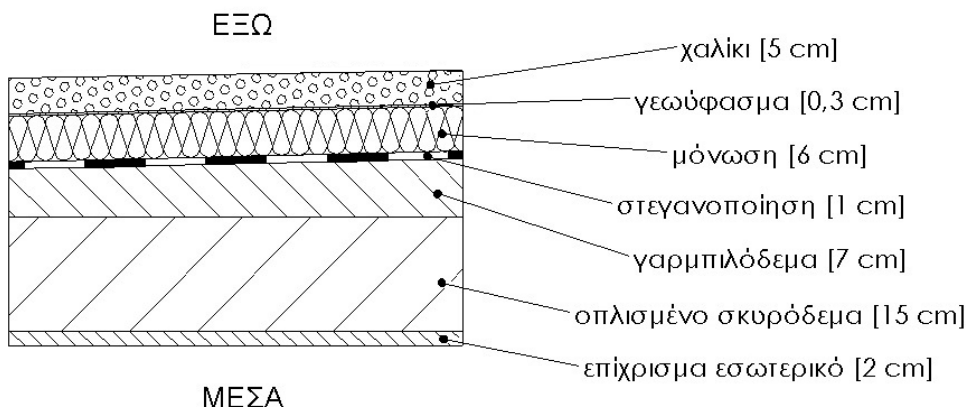
ΟΡΟΦΗ Ο20

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm, πάνω από το οποίο βρίσκεται η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Μεταξύ της τελικής στρώσης και της θερμομονωτικής στρώσης προστίθεται μία στρώση γεωυφάσματος πάχους 0,3cm. Για την τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετείται χαλίκι πάχους 5cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 36cm.

Πίνακας 4.3.20: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο20

Ο20 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με γαρμπιλόδεμα 7cm, θερμομόνωση 6cm και χαλίκι					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	χαλίκι	1840	5	0,81	0,062
2	γεωύφασμα	100	0,3	0,04	0,075
3	μόνωση	28	6	0,033	1,818
4	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
5	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	2,220			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,424		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



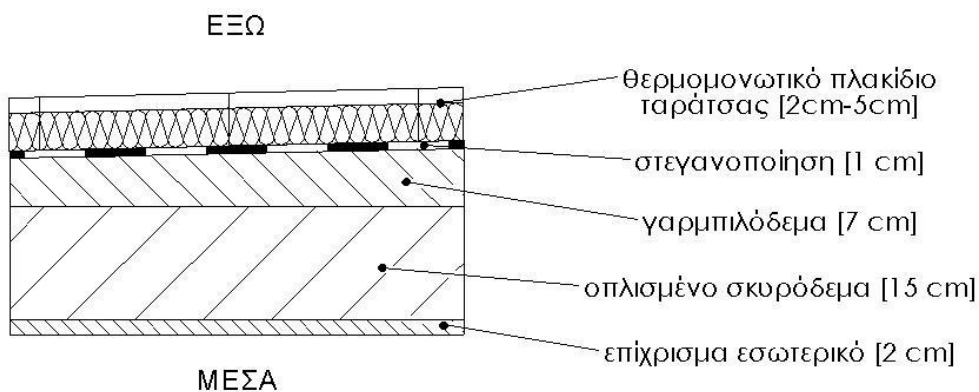
Σχήμα 4.3.20: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο20 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο21

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm, πάνω από το οποίο βρίσκεται η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται θερμομονωτικά πλακίδια ταράτσας πάχους 7cm. Τα πλακίδια αυτά κατασκευάζονται από πλάκα μονωτικού υλικού (αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης) 5cm η οποία είναι επικολλημένη στην εξωτερική της πλευρά με τσιμεντοκονίαμα (πλάκα ταράτσας) 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 32cm.

Πίνακας 4.3.21: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο21

Ο21 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με γαρμπιλόδεμα 7cm και θερμομονωτικό πλακίδιο ταράτσας					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	θερμομονωτικό πλακίδιο	2000	2	1,4	0,014
2	ταράτσας	28	5	0,033	1,515
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,779	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,521	



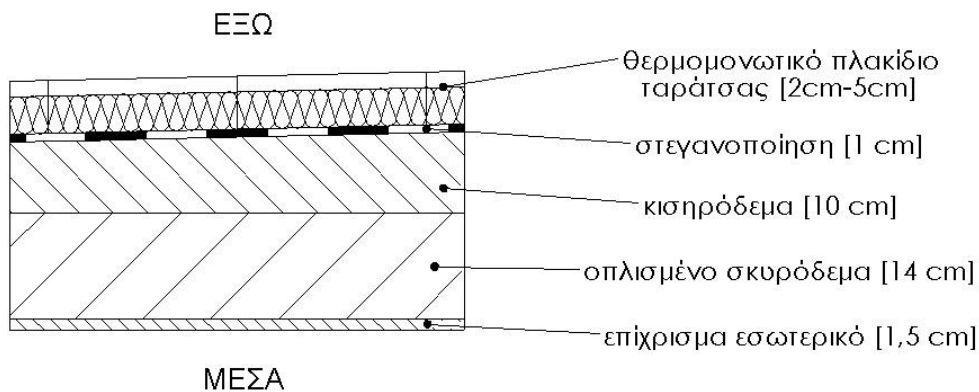
Σχήμα 4.3.21: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο21 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο22

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Για την τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται θερμομονωτικά πλακίδια πάχους 7cm. Τα πλακίδια αυτά κατασκευάζονται από πλάκα μονωτικού υλικού (αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης) 5cm η οποία είναι επικολλημένη στην εξωτερική της πλευρά με τσιμεντοκονίαμα (πλάκα ταρατσας) 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 33,5cm.

Πίνακας 4.3.22: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο22

Ο22 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 10cm και θερμομονωτικό πλακίδιο ταρατσας					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	θερμομονωτικό πλακίδιο	2000	2	1,4	0,014
2	ταράτσας	28	5	0,033	1,515
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,945	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,480	



Σχήμα 4.3.22: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο22 υπό κλίμακα 1:10

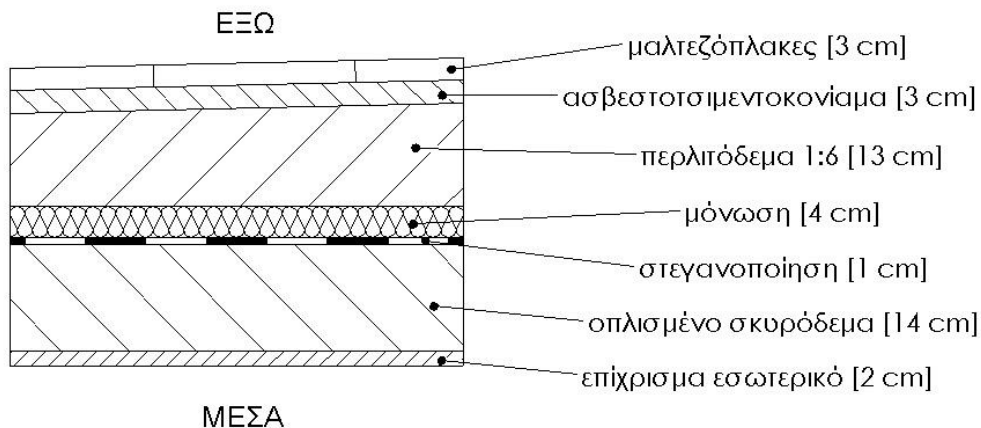
ΟΡΟΦΗ Ο23

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 4cm. Ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται περλιτόδεμα με κατ'όγκον αναλογία τσιμέντου περλίτη 1:6 πάχους 13cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται η στρώση ασβεστοτσιμεντοκονιάματος πάχους 3cm. Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται μαλτεζόπλακες πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 40cm.

Πίνακας 4.3.23: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο23

Ο23 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 5cm και περλιτόδεμα 13cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μαλτεζόπλακες		3	1,05	0,029
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	3	0,87	0,034
3	περλιτόδεμα 1:6		13	0,145	0,897
4	μόνωση		4	0,033	1,212
5	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,307	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,409	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



Σχήμα 4.3.23: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο23 υπό κλίμακα 1:10

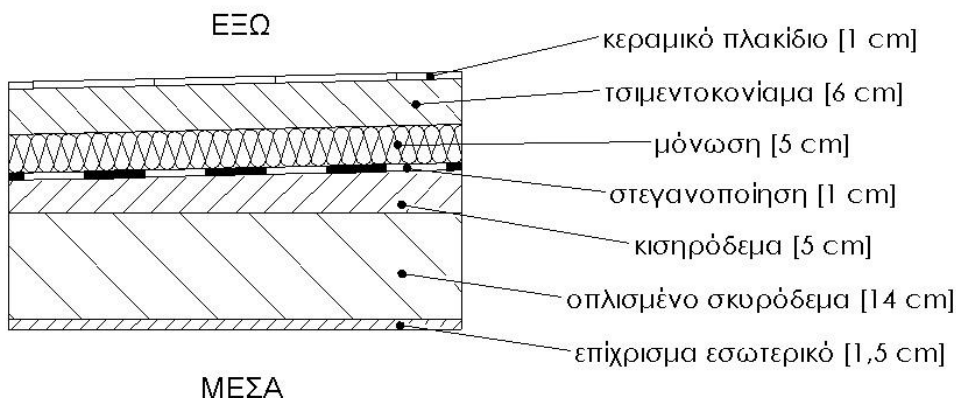
ΟΡΟΦΗ Ο24

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το κισηρόδεμα πάχους 5cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm πάνω από την οποία τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Πάνω από τη μόνωση διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα σε πάχος 6cm. Ως τελική επικάλυψη της οροφής τοποθετούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 33,5cm.

Πίνακας 4.3.24: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο24

Ο24 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 5cm και θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικό πλακίδιο	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	6	1,4	0,043
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	κισηρόδεμα	1000	5	0,35	0,143
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	1,836			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,506		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



Σχήμα 4.3.24: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο24 υπό κλίμακα 1:10

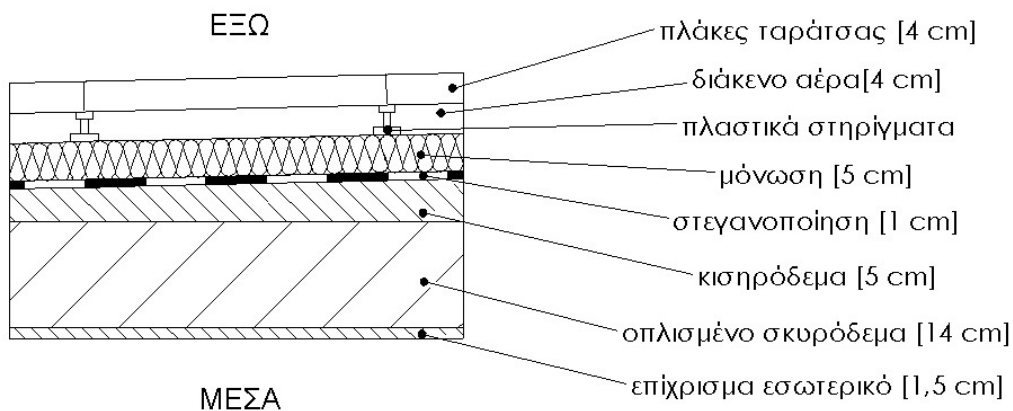
ΟΡΟΦΗ Ο25

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το κισηρόδεμα πάχους 5cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm πάνω από την οποία τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Πάνω από τη μόνωση τοποθετούνται πλαστικά στηρίγματα με ύψος 4cm, τα οποία δημιουργούν το κατάλληλο υπόβαθρο για την τελική επικάλυψη της οροφής με πλάκες τaráσσας. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 34,5cm.

Πίνακας 4.3.25: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο25

Ο25 Αντεστραμμένο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 5cm και θερμομόνωση 5cm με πλάκες τaráσσας πάνω σε πλαστικά στηρίγματα					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	πλάκες τaráσσας	2100	4	1,5	0,027
2	διάκενο αέρα (πλαστικά στηρίγματα)		4		0,160
3	μόνωση		5	0,033	1,515
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	κισηρόδεμα	1000	5	0,35	0,143
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,974	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,473	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



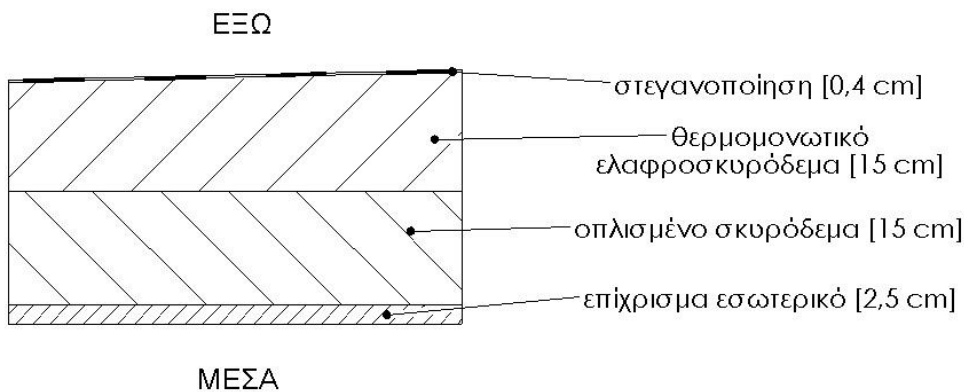
Σχήμα 4.3.25: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο25 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο26α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 15cm το οποίο παράλληλα προσφέρει και θερμική προστασία στην οροφή. Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 32,9cm.

Πίνακας 4.3.26α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο26α

Ο26α		Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 15cm			
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	200	15	0,065	2,308
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
		R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)	
		0,10	0,04	2,428	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,389	



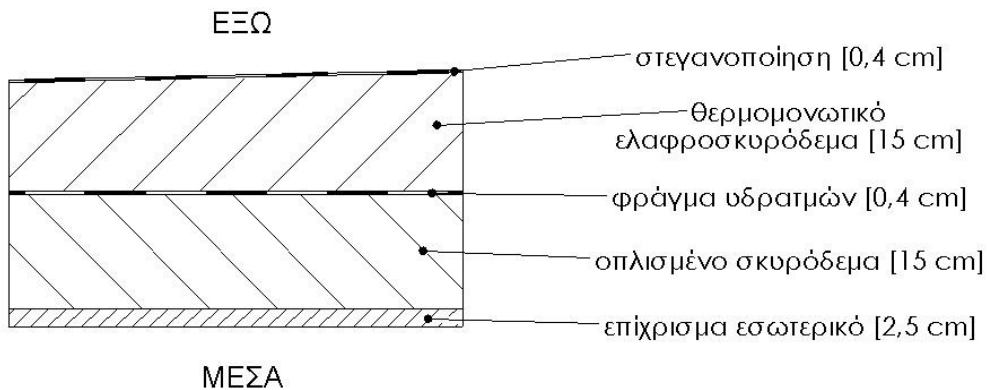
Σχήμα 4.3.26α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο26α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο26β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο26α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη στρώση του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος. Ως φράγμα υδρατμών χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.26β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο26β

Ο26β					
Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με φράγμα υδρατμών και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 15cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	200	15	0,065	2,308
3	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,445	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,387	



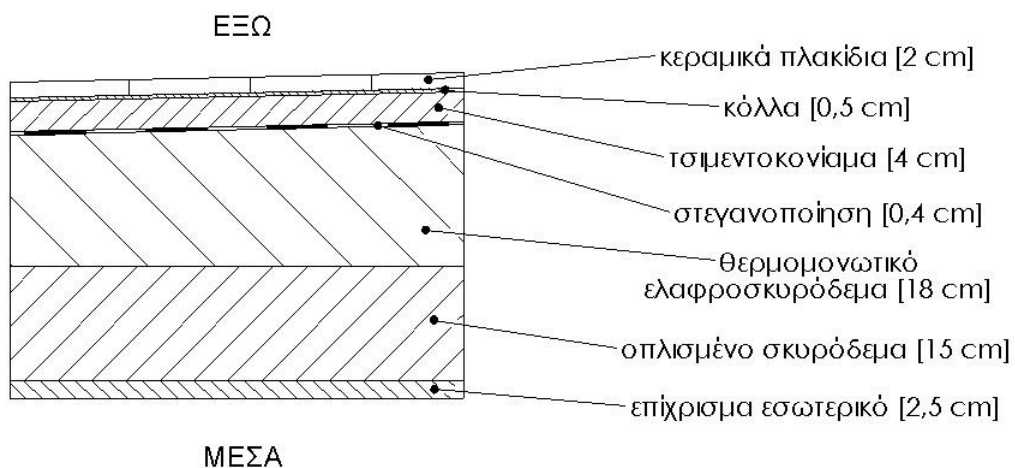
Σχήμα 4.3.26β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο26β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο27α

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 18cm το οποίο παράλληλα προσφέρει και θερμική προστασία στην οροφή. Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Τέλος, διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα πάχους 4cm πάνω στο οποίο θα επικολληθούν τα κεραμικά πλακίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 42,4cm.

Πίνακας 4.3.27α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο27α

Ο27α Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 18cm και τσιμεντοκονίαμα 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	2	1,84	0,011
2	κόλλα	1800	0,5	0,87	0,006
3	τσιμεντοκονίαμα	2000	4	1,4	0,029
4	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
5	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	250	18	0,067	2,687
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,852	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,334	



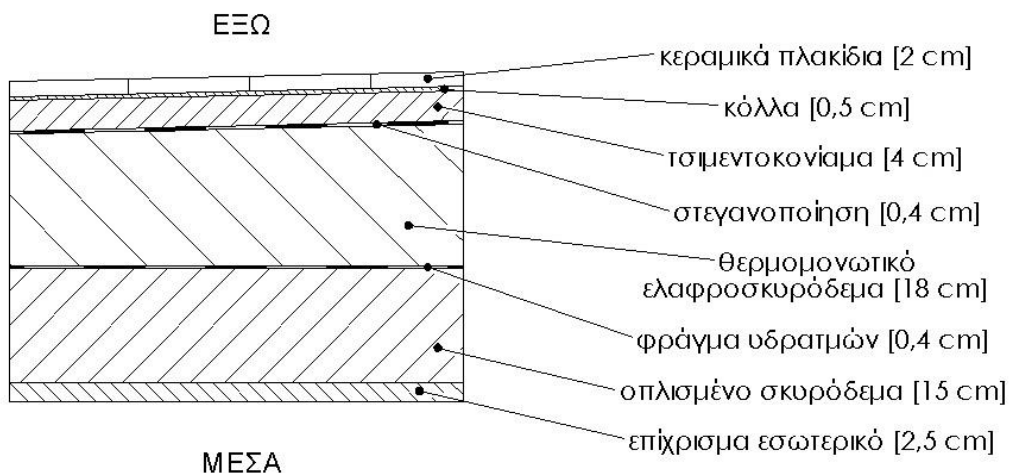
Σχήμα 4.3.27α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο27α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο27β

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατικό δώμα. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο27α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη στρώση του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος. Ως φράγμα υδρατμών χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.27β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο27β

Ο27β Συμβατικό δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 18cm και τσιμεντοκονίαμα 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	κεραμικά πλακίδια	2000	2	1,84	0,011
2	κόλλα	1800	0,5	0,87	0,006
3	τσιμεντοκονίαμα	2000	4	1,4	0,029
4	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
5	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	250	18	0,067	2,687
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,869	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,332	



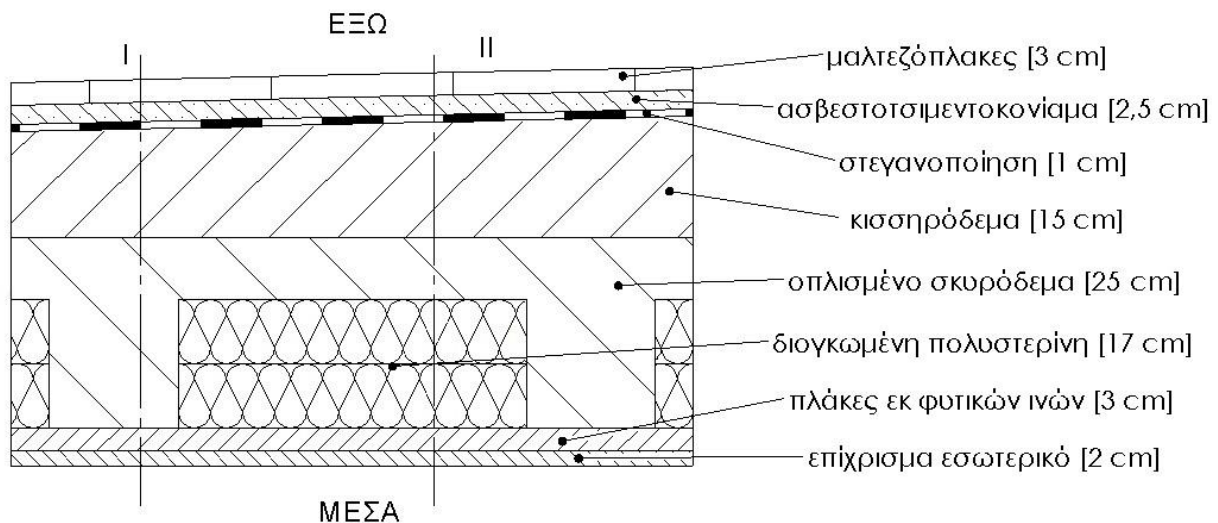
Σχήμα 4.3.27β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο27β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο28

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 25cm. Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 17cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 15cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Έπειτα, διαστρώνεται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πάχους 2,5cm πάνω στο οποίο τοποθετούνται μαλτεζόπλακες πάχους 3cm. Κάτω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται ένα δεύτερο θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm. Ως μονωτικό υλικό επιλέγονται πλάκες εκ φυτικών ινών (ξυλόμαλλο) οι οποίες επιχρίονται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 51,5cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.28: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο28

Οροφή από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 25cm							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	μαλτεζόπλακες		3	3	1,05	0,029	0,029
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2,5	2,5	0,87	0,029	0,029
3	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
4	κισηρόδεμα	1000	15	15	0,35	0,429	0,429
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	8	2,03	0,123	0,039
6	διογκωμένη πολυστερίνη		-	17	0,039	-	4,359
7	πλάκες εκ φυτικών ινών		3	3	0,093	0,323	0,323
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,998		5,273	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,879		0,185	



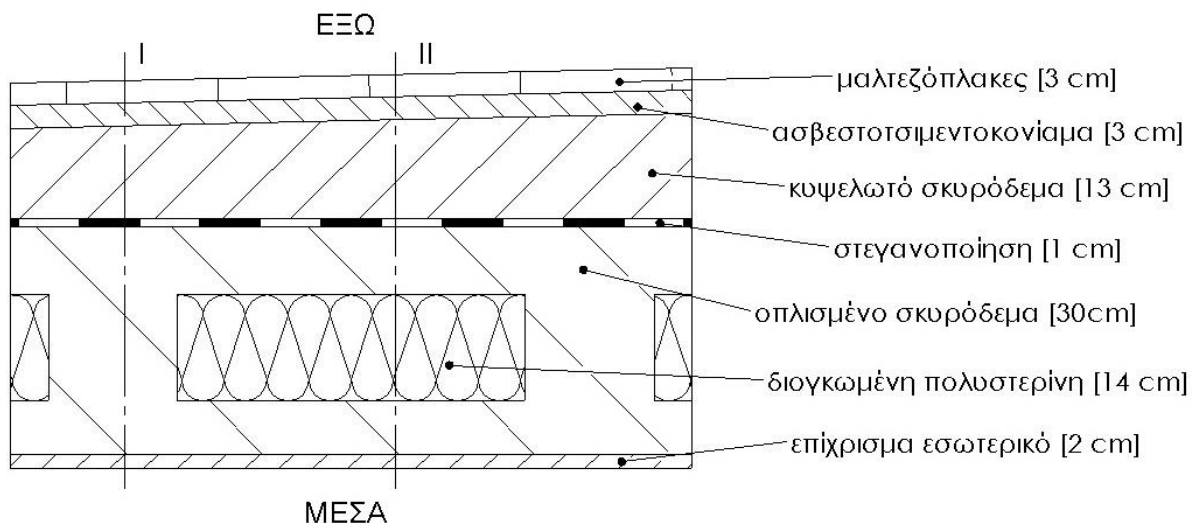
Σχήμα 4.3.28: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο28 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο29

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 30cm η οποία αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς). Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 14cm. Η φέρουσα πλάκα επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 13cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Τέλος, διαστρώνεται ασβεστοσιμεντοκονίαμα πάχους 3cm πάνω στο οποίο τοποθετούνται μαλτεζόπλακες πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 52cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.29: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο29

Ο29 Οροφή από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 30cm (πλάκα σάντουιτς)							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	μαλτεζόπλακες		3	3	1,05	0,029	0,029
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	3	3	0,87	0,034	0,034
3	κυψελωτό σκυρόδεμα	500	13	13	0,19	0,684	0,684
4	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	9	2,03	0,148	0,044
6	διογκωμένη πολυστερίνη		-	14	0,039	-	3,590
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	-	7	2,03	-	0,034
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,962		4,482	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,908		0,216	



Σχήμα 4.3.29: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο29 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο30α

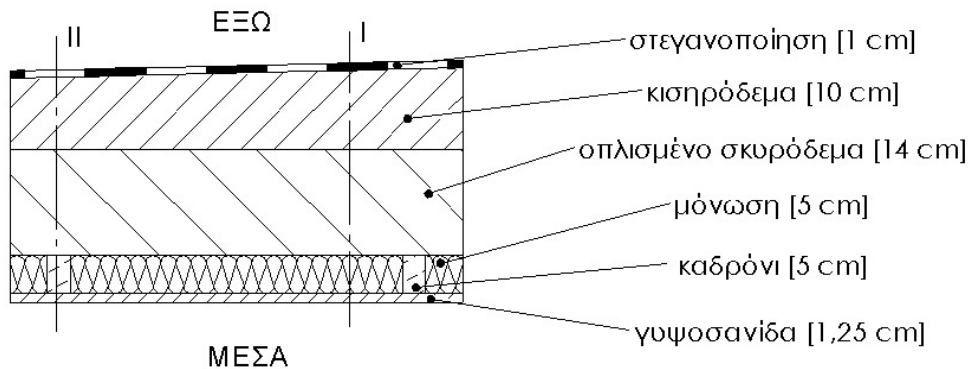
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στην εσωτερική πλευρά της οροφής, κάτω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, στερεώνονται ξύλινα καδρόνια. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των ξύλινων καδρονιών τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Τέλος, τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό καλύπτονται από μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 1,25cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 32cm. Η οροφή αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.30α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο30α

Ο30α Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 10cm με εσωτερική θερμομόνωση 5cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
2	κισηρόδεμα	1000	10	10	0,35	0,286	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	14	2,03	0,069	0,069
4	μόνωση		5	-	0,033	1,515	-
5	καδρόνι	600	-	5	0,14	-	0,357
6	γυψοσανίδα	800	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,973		0,815	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,473		1,047	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,483 W/m^2K$.

Εναλλακτικά, για τη μείωση των θερμογεφύρων, στη θέση των ξύλινων καδρονιών μπορούν να χρησιμοποιούνται κοίλοι ορθογωνικοί μεταλλικοί δοκοί στο εσωτερικό των οποίων μπορούν να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού.



Σχήμα 4.3.30α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο30α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο30β

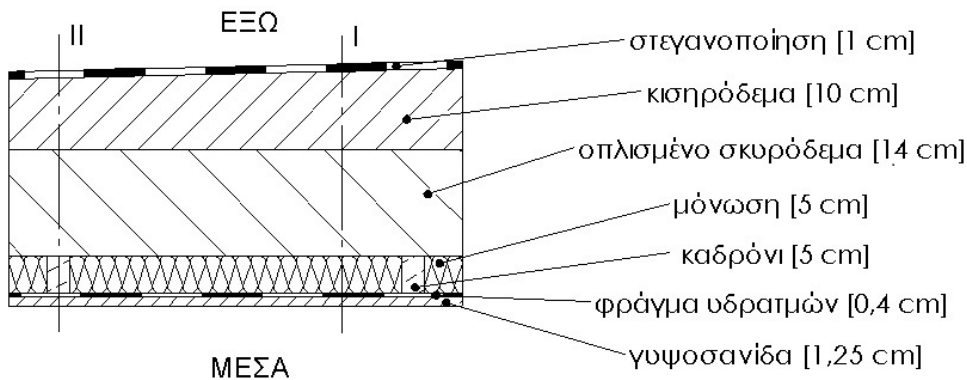
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο30α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη στρώση γυψοσανίδας και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.30β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο30β

Ο30β	Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, κισηρόδεμα 10cm με φράγμα υδρατμών και εσωτερική θερμομόνωση 5cm						
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ(kg/m ³)	d _I (cm)	d _{II} (cm)	λ(W/mK)	R _I (m ² K/W)	R _{II} (m ² K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
2	κισηρόδεμα	1000	10	10	0,35	0,286	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	14	2,03	0,069	0,069
4	μόνωση		5	-	0,038	1,316	-
5	καδρόνι	600	-	5	0,14	-	0,357
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
7	γυψοσανίδα	800	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R _I (m ² K/W)		R _{II} (m ² K/W)	
0,10		0,04		1,791		0,832	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				U _I (W/m ² K)		U _{II} (W/m ² K)	
				0,518		1,029	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,038W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με U_I=0,479 W/m²K. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με U_I=0,469 W/m²K.

Εναλλακτικά, για τη μείωση των θερμογεφύρων, στη θέση των ξύλινων καδρονιών μπορούν να χρησιμοποιούνται κοίλοι ορθογωνικοί μεταλλικοί δοκοί στο εσωτερικό των οποίων μπορούν να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού.



Σχήμα 4.3.30β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο30β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο31α

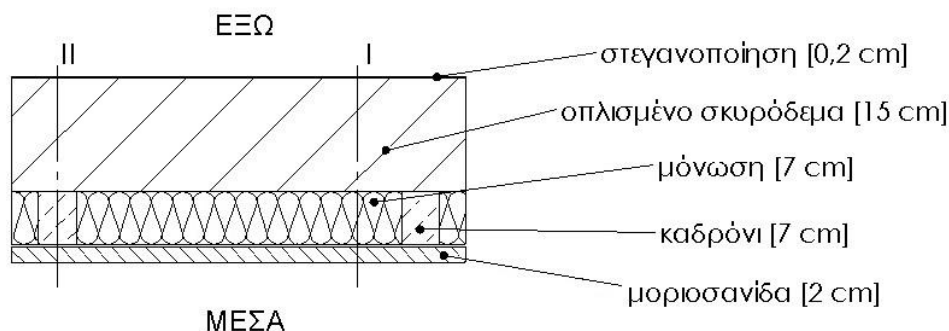
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,2cm. Στην εσωτερική πλευρά της οροφής, κάτω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, στερεώνονται ξύλινα καδρόνια. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των ξύλινων καδρονιών τοποθετείται η θερμομονωτική στρώση πάχους 7cm. Στη συνέχεια τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό καλύπτονται από πλάκα μοριοσανίδας πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 23cm. Η οροφή αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.31α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο31α

Ο31α Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εσωτερική θερμομόνωση 7cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	στεγανοποίηση	1050	0,2	0,2	0,17	0,012	0,012
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
3	μόνωση		7	-	0,033	2,121	-
4	καδρόνια	600	-	7	0,14	-	0,500
5	μοριοσανίδα	900	2	2	0,18	0,111	0,111
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,318		0,697	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,407		1,195	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,417 W/m^2K$.

Εναλλακτικά, για τη μείωση των θερμογεφύρων, στη θέση των ξύλινων καδρονιών μπορούν να χρησιμοποιούνται κοίλοι ορθογωνικοί μεταλλικοί δοκοί στο εσωτερικό των οποίων μπορούν να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού.



Σχήμα 4.3.31α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο31α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο31β

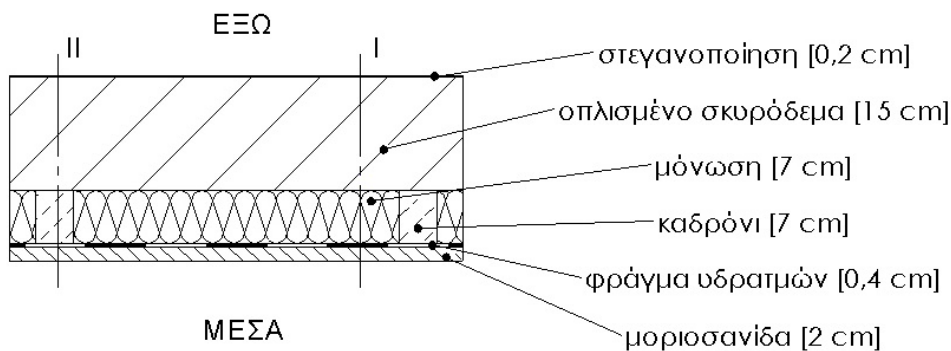
Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο31α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα μοριοσανίδας και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Πίνακας 4.3.31β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο31β

Ο31β Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με φράγμα υδρατμών και εσωτερική θερμομόνωση 7cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d_I(\text{cm})$	$d_{II}(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$	$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$
1	στεγανοποίηση	1050	0,2	0,2	0,17	0,012	0,012
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
3	μόνωση		7	-	0,038	1,842	-
4	καδρόνι		-	7	0,14	-	0,500
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
6	μοριοσανίδα	900	2	2	0,18	0,111	0,111
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$	
0,10		0,04		2,056		0,714	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				$U_I(\text{W/m}^2\text{K})$		$U_{II}(\text{W/m}^2\text{K})$	
				0,455		1,171	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,414\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,404\text{ W/m}^2\text{K}$.

Εναλλακτικά, για τη μείωση των θερμογεφύρων, στη θέση των ξύλινων καδρονιών μπορούν να χρησιμοποιούνται κοίλοι ορθογωνικοί μεταλλικοί δοκοί στο εσωτερικό των οποίων μπορούν να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού.



Σχήμα 4.3.31β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο31β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο32

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στην εσωτερική πλευρά της οροφής διαμορφώνεται ένα ξύλινος σκελετός ο οποίος είναι άμεσα στερεωμένος στην φέρουσα πλάκα με ειδικές αναρτήσεις. Ο ξύλινος σκελετός αποτελείται από κύριες δοκούς οι οποίες είναι σε επαφή με τη φέρουσα πλάκα και από δευτερεύουσες δοκούς οι οποίες τοποθετούνται κάθετα στις κύριες. Ανάμεσα στα κενά των κύριων δοκών τοποθετείται η θερμομονωτική στρώση (μαλακή πλάκα πετροβάμβακα) πάχους 5cm. Ο σκελετός καλύπτεται από δύο στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 1,25cm. Μεταξύ των γυψοσανίδων και του ξύλινου σκελετού παρεμβάλλεται το φράγμα υδρατμών 0,4cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του φράγματος υδρατμών και του μονωτικού υλικού είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 35,9cm. Η οροφή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.32α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m^2K), της οροφής Ο32

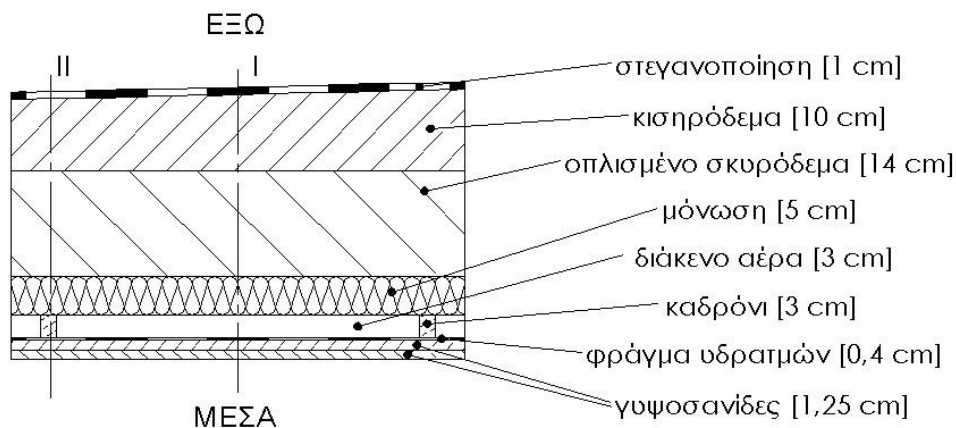
Ο32		Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm με άμεσα στερεωμένη εσωτερική θερμομόνωση 5cm			
Διατομή I					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
2	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	μόνωση		5	0,038	1,316
5	διάκενο αέρα		3		0,160
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	2,010			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m^2K)			0,465		

Πίνακας 4.3.32β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{II} (W/m^2K), της οροφής O32

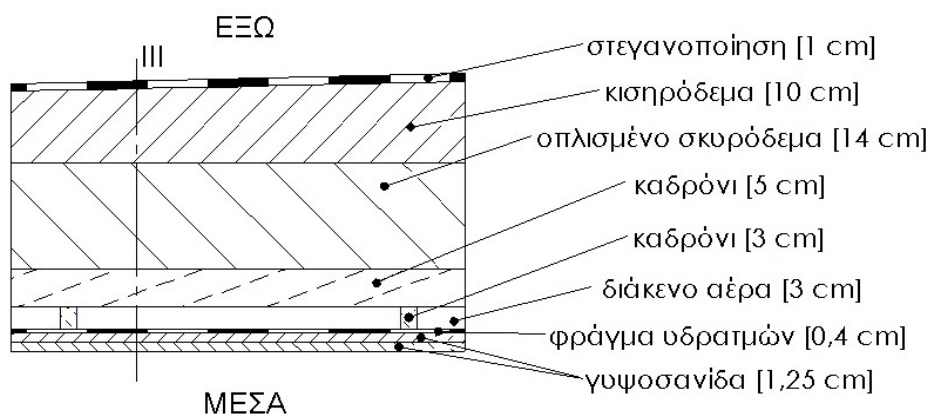
O32		Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm με άμεσα στερεωμένη εσωτερική θερμομόνωση 5cm			
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
2	κισσηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	μόνωση		5	0,038	1,316
5	καδρόνι 3/5cm		3	0,14	0,214
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,10		0,04		2,065	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{II} (W/m^2K)				0,454	

Πίνακας 4.3.32γ: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής O32

O32		Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm με άμεσα στερεωμένη εσωτερική θερμομόνωση 5cm			
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
2	κισσηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	καδρόνι 3/5cm		5	0,14	0,357
5	διάκενο αέρα		3		0,160
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
7	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
8	γυψοσανίδα	680	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,10		0,04		1,052	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				0,839	



Σχήμα 4.3.32α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O32 υπό κλίμακα 1:10 (παρουσίαση των διατομών I και II)



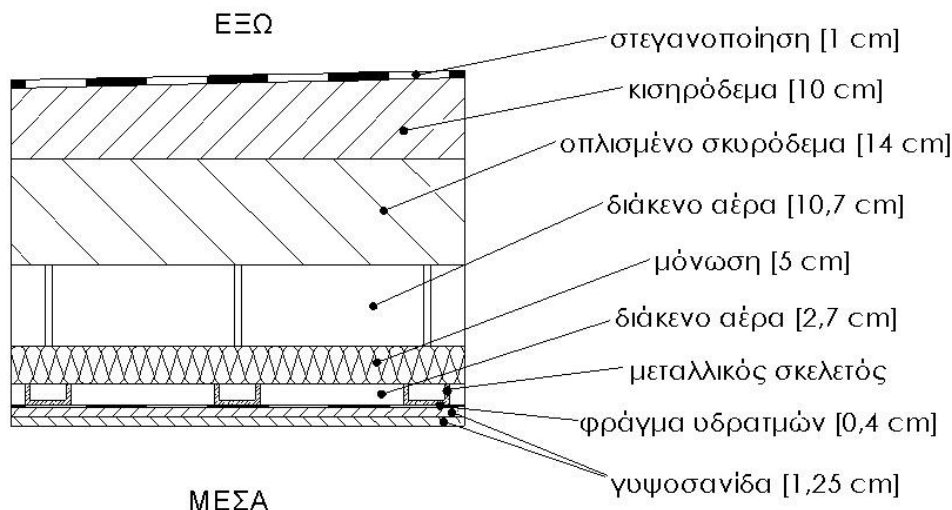
Σχήμα 4.3.32β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O32 υπό κλίμακα 1:10 (παρουσίαση της διατομής III)

ΟΡΟΦΗ O33

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το κισηρόδεμα πάχους 10cm (γνωστό και ως μπετόν κλίσεως). Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στην εσωτερική πλευρά της οροφής διαμορφώνεται ένας μεταλλικός σκελετός ο οποίος είναι αναρτημένος στην φέρουσα πλάκα με ειδικές αναρτήσεις σε απόσταση 11cm. Ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από οδηγούς με διαστάσεις διατομής 60/27/0,6 mm. Ανάμεσα στα κενά των κύριων δοκών τοποθετείται η θερμομονωτική στρώση (μαλακή πλάκα πετροβάμβακα) πάχους 5cm. Επιπλέον, λωρίδες μονωτικού υλικού μπορούν να τοποθετούνται πάνω και κατά μήκος των κύριων δοκών για την εξάλειψη των θερμογεφύρων. Ο σκελετός καλύπτεται από δύο στρώσεις γυψοσανίδας 1,25cm. Μεταξύ των γυψοσανίδων και του μεταλλικού σκελετού παρεμβάλλεται το φράγμα υδρατμών 0,4cm. Τα διάκενα αέρα που σχηματίζονται μεταξύ της φέρουσας πλάκας και του μονωτικού υλικού καθώς και μεταξύ του φράγματος υδρατμών και του μονωτικού υλικού είναι μη αεριζόμενα. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 46,3cm.

Πίνακας 4.3.33: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O33

Οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm με αναρτημένη εσωτερική θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
2	κισηρόδεμα	1000	10	0,35	0,286
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
4	διάκενο αέρα		10,7		0,160
5	μόνωση		5	0,038	1,316
6	διάκενο αέρα		2,7		0,160
7	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
8	γυψοσανίδα	800	1,25	0,21	0,060
9	γυψοσανίδα	800	1,25	0,21	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	2,170			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,433	



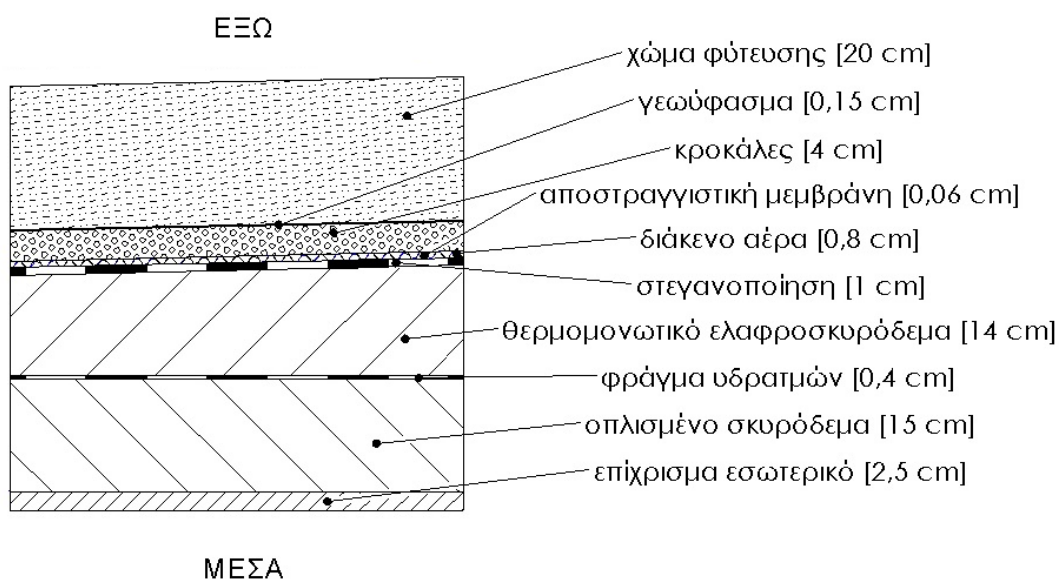
Σχήμα 4.3.33: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O33 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O34

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση και τελική επίστρωση από χώμα φύτευσης, χαρακτηρίζεται και ως φυτεμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Σε περίπτωση δώματος υψηλής υγρασίας πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται φράγμα υδρατμών πάχους 0,4cm. Ακολουθεί η στρώση των κλίσεων δηλαδή διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 14cm το οποίο παράλληλα προσφέρει και θερμική προστασία στην οροφή. Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό και φράγμα υδρατμών χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Πάνω από την στεγανοποιητική στρώση τοποθετείται αποστραγγιστική μεμβράνη 0,06cm για την προστασία στις κατασκευές από την υγρασία και την ανάπτυξη ριζών. Ακολουθεί μια στρώση από κροκάλες πάχους 4cm, η οποία προστατεύεται από την υπερκείμενη της στρώση γεωυφάσματος 0,15cm. Ως τελική επίστρωση της κατασκευής τοποθετείται το χώμα φύτευσης 20cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 57,91cm.

Πίνακας 4.3.34: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O34

O34 Φυτεμένο δώμα συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 14cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	χώμα φύτευσης	1800	20	2	0,100
2	γεώφασμα	100	0,15	0,04	0,038
3	κροκάλες	1800	4	1,4	0,029
4	αποστραγγιστική μεμβράνη	1000	0,06	0,2	0,003
5	διάκενο αέρα		0,8		0,13
6	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
7	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	250	14	0,067	2,090
8	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
9	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
10	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,552	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,371	



Σχήμα 4.3.34: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O34 υπό κλίμακα 1:10

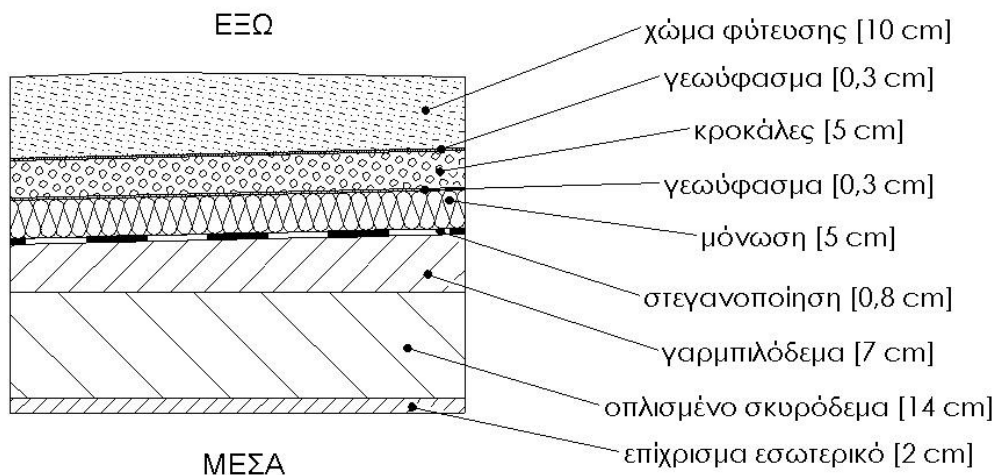
ΟΡΟΦΗ Ο35

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση και τελική επίστρωση από χώμα φύτευσης, χαρακτηρίζεται και ως φυτεμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm και στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,8cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται αντιριζικές ασφαλικές μεμβράνες. Έπειτα, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm πάνω από το οποίο τοποθετείται ένα φίλτρο γεωφάσματος 0,3cm. Ακολουθεί μια στρώση από κροκάλες πάχους 5cm, η οποία προστατεύεται από την υπερκείμενη της στρώση γεωφάσματος 0,3cm. Ως τελική επίστρωση της κατασκευής τοποθετείται το χώμα φύτευσης 10cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 44,4cm.

Πίνακας 4.3.35: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο35

Ο35 Φυτεμένο δώμα αντεστραμμένου τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm και με θερμομόνωση 5cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	χώμα φύτευσης	1800	10	2	0,050
2	γεωφάσμα	100	0,3	0,04	0,075
3	κροκάλες	1800	5	1,4	0,036
4	γεωφάσμα	100	0,3	0,04	0,075
5	μόνωση	28	5	0,033	1,515
6	στεγανοποίηση	1100	0,8	0,23	0,035
7	γαρμπιλόδεμα	1500	7	0,64	0,109
8	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
9	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,987	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,470	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS 200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



Σχήμα 4.3.35: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο35 υπό κλίμακα 1:10

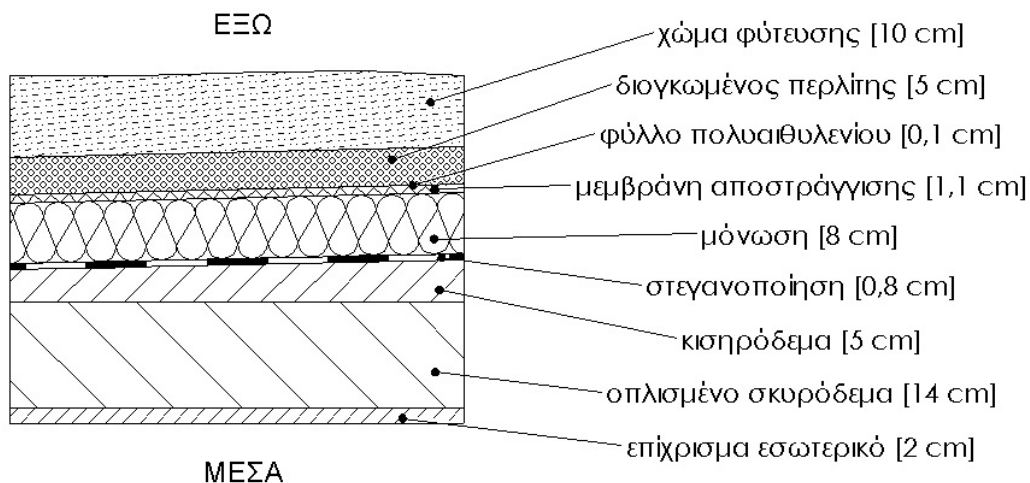
ΟΡΟΦΗ Ο36

Η οροφή είναι οριζόντια εξωτερική με θερμομόνωση και τελική επίστρωση από χώμα φύτευσης, χαρακτηρίζεται και ως φυτεμένο δώμα. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού διαστρώνεται κισηρόδεμα (στρώση κλίσεων) πάχους 5cm και στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,8cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται αντιριζικές ασφαλικές μεμβράνες. Έπειτα, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 8cm πάνω από το οποίο τοποθετείται αποστραγγιστική μεμβράνη 1,1cm για την προστασία στην κατασκευή από την υγρασία και την ανάπτυξη ριζών. Στη συνέχεια, ακολουθεί φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 0,1cm, πάνω από το οποίο τοποθετείται ένα δεύτερο μονωτικό υλικό σε πάχος 5cm. Ως μονωτικό υλικό επιλέγεται διογκωμένος περλίτης. Τέλος, ως τελική επίστρωση της κατασκευής τοποθετείται το χώμα φύτευσης 10cm. Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 46cm.

Πίνακας 4.3.36: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο36

Ο36 Φυτεμένο δώμα αντεστραμμένου τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm και με θερμομόνωση 8cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	χώμα φύτευσης	1800	10	2	0,050
2	διογκωμένος περλίτης		5	0,07	0,714
3	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,1	0,5	0,002
4	μεμβράνη αποστράγγισης	1050	1,1	0,16	0,069
5	μόνωση		8	0,033	2,424
6	στεγανοποίηση	1100	0,8	0,23	0,035
7	κισηρόδεμα	1000	5	0,35	0,143
8	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
9	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		3,529	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,273	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ή διογκωμένη πολυστερίνη (EPS 200) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$.



Σχήμα 4.3.36: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο36 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο37α

Η οροφή είναι οριζόντια, θερμομονωμένη και βρίσκεται κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 15cm. Κάτω από τη πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm το οποίο επιχρίεται από την εσωτερική πλευρά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από την πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 5cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 27,9cm.

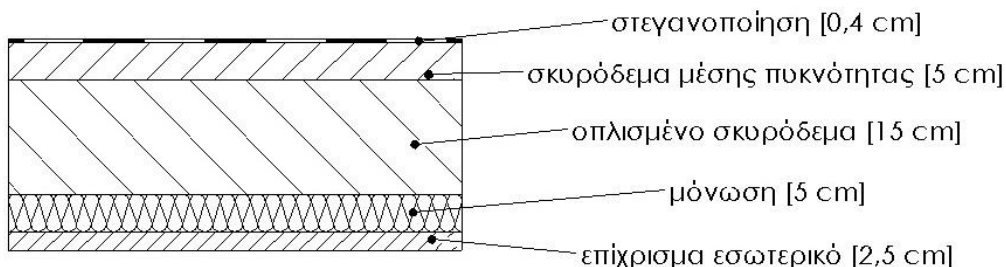
Πίνακας 4.3.37α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο37α

Ο37α	Οριζόντια οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομόνωση 5cm, κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	5	1,35	0,037
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	επίχρισμα εσωτερικό	1900	2,5	1	0,025
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα και στέγης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_u (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,06	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,539	

*Η στέγη που βρίσκεται πάνω από την οριζόντια οροφή σκυροδέματος πρόκειται για κεραμοσκεπή επί τεγίδων χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική μεμβράνη.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,552 W/m^2K$.

ΧΩΡΟΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΣΤΕΓΗ



ΜΕΣΑ

Σχήμα 4.3.37α: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο37α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο37β

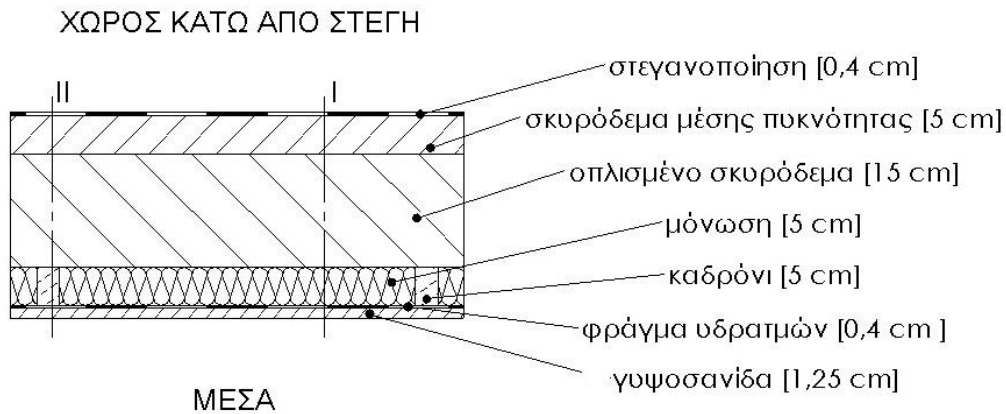
Η οροφή είναι οριζόντια, θερμομονωμένη και βρίσκεται κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 15cm. Κάτω από τη πλάκα σκυροδέματος στερεώνονται ξύλινα καδρόνια στα διάκενα των οποίων τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Στη συνέχεια τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό καλύπτονται από μία στρώση γυψοσανίδας 1,25cm μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται φράγμα υδρατμών πάχους 0,4cm. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5\text{gr/m}^3$). Πάνω από την πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 5cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 27,4cm. Η οροφή αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.37β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), της οροφής Ο37β

Ο37β Οριζόντια οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με φράγμα υδρατμών και θερμομόνωση 5cm, κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	5	5	1,35	0,037	0,037
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,5	0,060	0,060
4	μόνωση		5	-	0,038	1,316	0
5	καδρόνι		-	5	0,14	0	0,357
6	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
7	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα και στέγης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_u ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,10	0,04	0,06*		1,507		0,548	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				U_I ($\text{W/m}^2\text{K}$)		U_{II} ($\text{W/m}^2\text{K}$)	
				0,586		1,336	

*Η στέγη που βρίσκεται πάνω από την οριζόντια οροφή σκυροδέματος πρόκειται για κεραμοσκεπή επί τεγίδων χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική μεμβράνη.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,537 \text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,525 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.37β: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O37β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O38

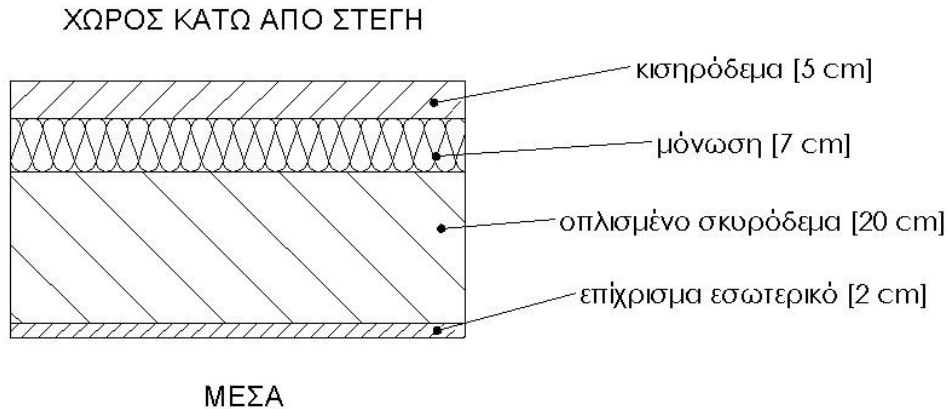
Η οροφή είναι οριζόντια, θερμομονωμένη και βρίσκεται κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ($\geq 2\%$ χάλυβα) πάχους 20cm, η οποία επιχρίεται εσωτερικά από επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 7cm. Στη συνέχεια, διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 5cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 34cm.

Πίνακας 4.3.38: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O38

O38 Οριζόντια οροφή από οπλισμένο σκυροδέμα 20cm με θερμομόνωση 7cm, κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα $\rho(kg/m^3)$	πάχος $d(cm)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(W/mK)$	θερμική αντίσταση $R(m^2K/W)$
1	κισηρόδεμα	500	5	0,2	0,250
2	μόνωση		7	0,033	2,121
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,5	0,080
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα και στέγης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R_u (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10	0,04	0,06		2,474	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,374	

*Η στέγη που βρίσκεται πάνω από την οριζόντια οροφή σκυροδέματος πρόκειται για κεραμοσκεπή επί τεγίδων χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική μεμβράνη.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,383 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.38: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O38 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O39

Η οροφή είναι οριζόντια, θερμομονωμένη και βρίσκεται κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm ή οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 10cm το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει και θερμική προστασία στην οροφή. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 27,5cm.

Πίνακας 4.3.39: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O39

O39	Οριζόντια οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 10cm, κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	250	10	0,067	1,493
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα και στέγης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_u (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,595	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,491	

* Η στέγη που βρίσκεται πάνω από την οριζόντια οροφή σκυροδέματος αποτελείται από σανίδωμα και μεμβράνη.

ΟΡΟΦΗ O40

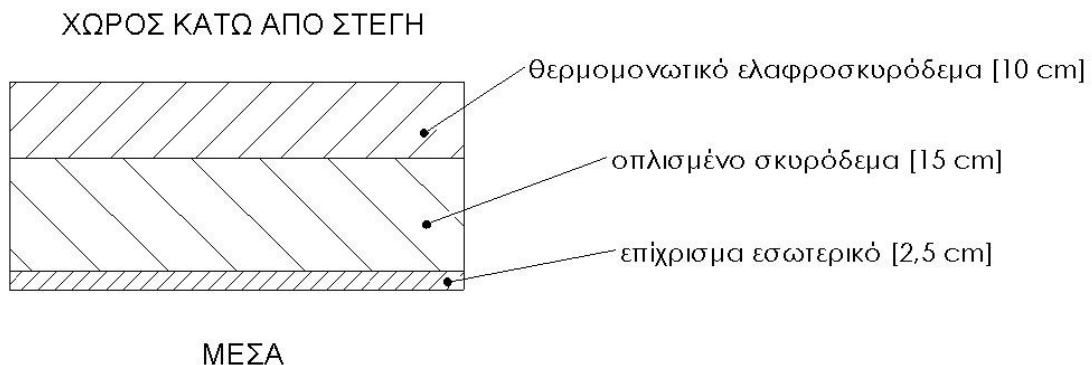
Η οροφή είναι οριζόντια, θερμομονωμένη και βρίσκεται κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Κατασκευάζεται από ένα ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα) από σανίδες πάχους 2cm. Κάτω από το πέτσωμα τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm, το οποίο στη συνέχεια επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 9cm.

Πίνακας 4.3.40: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O40

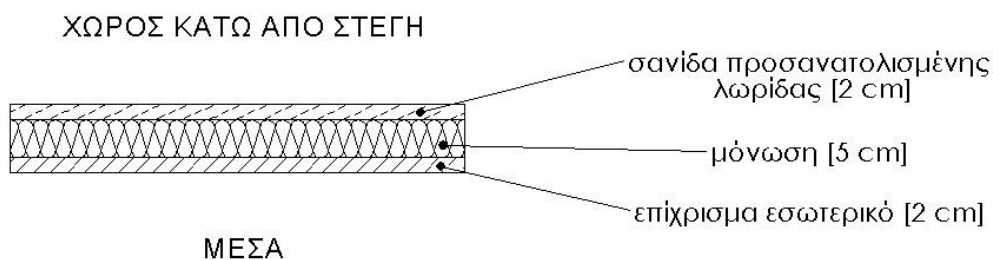
O40					
Οριζόντια οροφή από ξύλινη σανίδα με θερμομόνωση 5cm, κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	σανίδα προσανατολισμένης λωρίδας (OSB)	650	2	0,13	0,154
2	μόνωση	32	5	0,033	1,515
3	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Θερμική αντίσταση στρώματος αέρα		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R_u (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10	0,04	0,30		1,692	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,469	

* Η στέγη που βρίσκεται πάνω από την οριζόντια ξύλινη οροφή αποτελείται από σανίδωμα και μεμβράνη.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή Ι θα ισούται με $U=0,479 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.39: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O39 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.40: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O40 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο41α

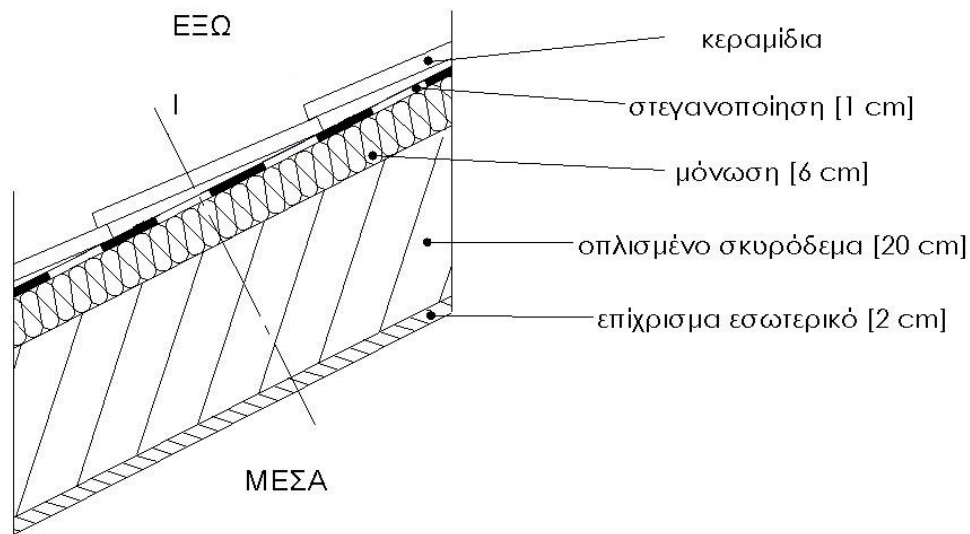
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (≥2% χάλυβα) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Πάνω από τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό ακολουθεί στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Τέλος, για την τελική επικάλυψη της στέγης τοποθετούνται αργιλικά πλακίδια επιστέγασης πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 31cm. Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.41α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο41α

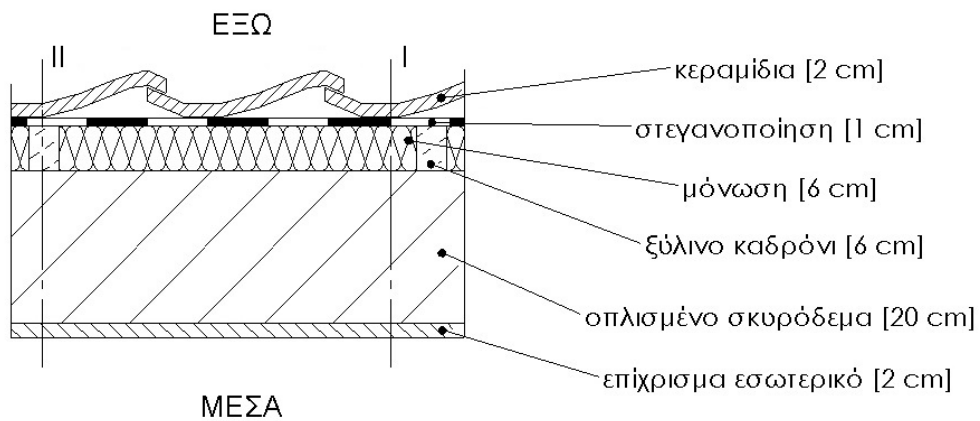
Ο41α Στέγη (κλίσεως $\leq 30^\circ$) συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυροδέμα 20cm με θερμομόνωση 6cm και κεραμίδια							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	$d_I(cm)$	$d_{II}(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R_I(m^2K/W)$	$R_{II}(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	2000	2	2	1	0,020	0,020
2	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
3	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
4	ξύλινο καδρόνι		-	6	0,14	-	0,429
5	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	20	20	2,5	0,080	0,080
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
$R_i(m^2K/W)$		$R_a(m^2K/W)$		$R_I(m^2K/W)$		$R_{II}(m^2K/W)$	
0,10		0,04		1,985		0,595	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			$U_I(W/m^2K)$		$U_{II}(W/m^2K)$		
			0,471		1,360		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U=0,483 W/m^2K$.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στον φέροντα οργανισμό. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.41α1: Πλάγια τομή της οροφής Ο41α υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.41α2: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο41α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο41β

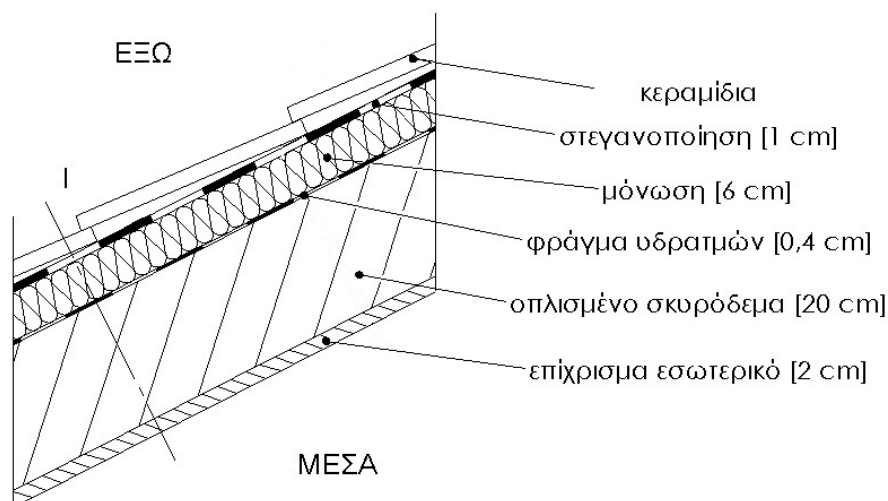
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο41α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5\text{gr/m}^3$). Η οροφή αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.41β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο41β

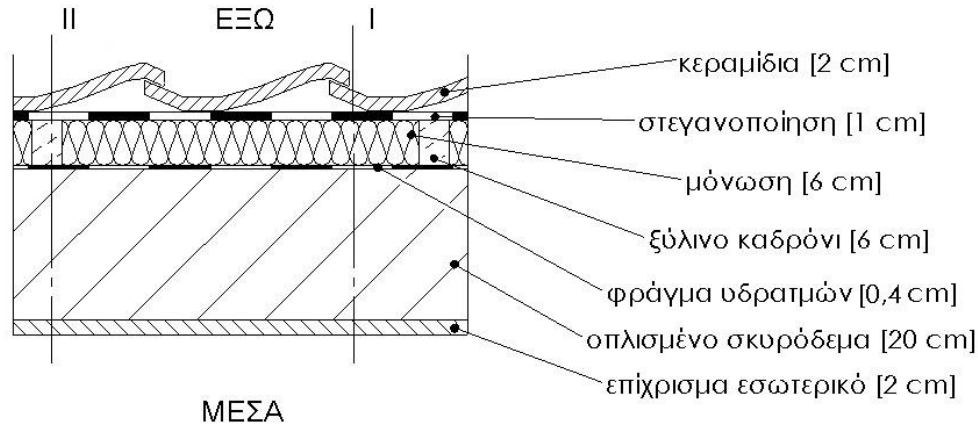
Ο41β Στέγη (κλίσεως $\leq 30^\circ$) συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κεραμίδια							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	κεραμίδια	2000	2	2	1	0,020	0,020
2	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
3	μόνωση		6	-	0,038	1,579	0,000
4	ξύλινο καδρόνι		-	6	0,14	0	0,429
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	20	2,5	0,080	0,080
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,763		0,612	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,526		1,329	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,479 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,467 W/m^2K$.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες, μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.41β1: Πλάγια τομή της οροφής Ο41β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.41β2: Κατά μήκος τομή της οροφής O41β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O42α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μεγαλύτερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (≥2% χάλυβα) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Πάνω από τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό ακολουθεί στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Τέλος, για την τελική επικάλυψη της στέγης τοποθετούνται αργιλικά πλακίδια επιστέγασης πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 30cm. Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

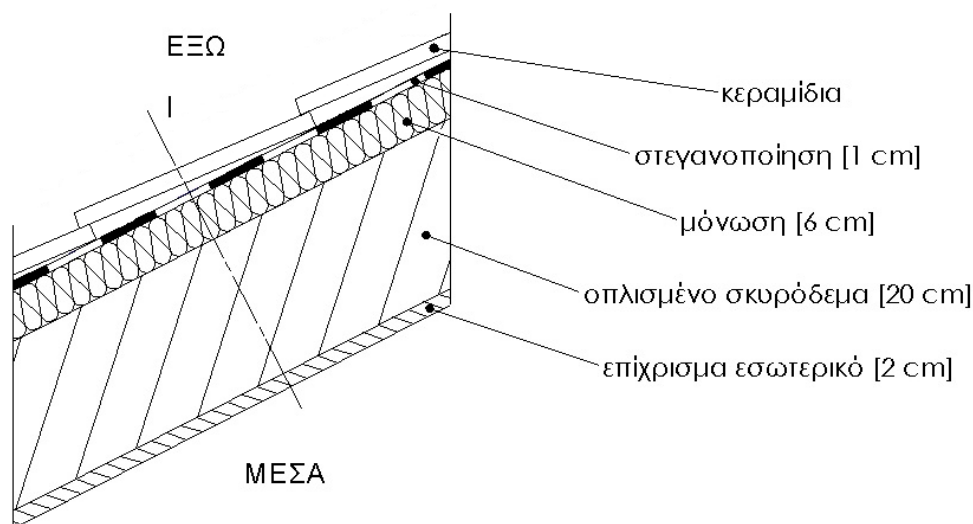
Πίνακας 4.3.42α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O42α

O42α	Στέγη (κλίσεως ≥ 30°) συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυροδέμα 20cm με θερμομόνωση 6cm και κεραμίδια						
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ(kg/m ³)	d _I (cm)	d _{II} (cm)	λ(W/mK)	R _I (m ² K/W)	R _{II} (m ² K/W)
1	κεραμίδια	2000	2	2	1	0,020	0,020
2	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
3	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
4	ξύλινο καδρόνι		-	6	0,14	-	0,429
5	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	20	20	2,5	0,080	0,080
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R _I (m ² K/W)		R _{II} (m ² K/W)	
0,13*		0,04		1,985		0,595	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				U _I (W/m ² K)		U _{II} (W/m ² K)	
				0,464		1,307	

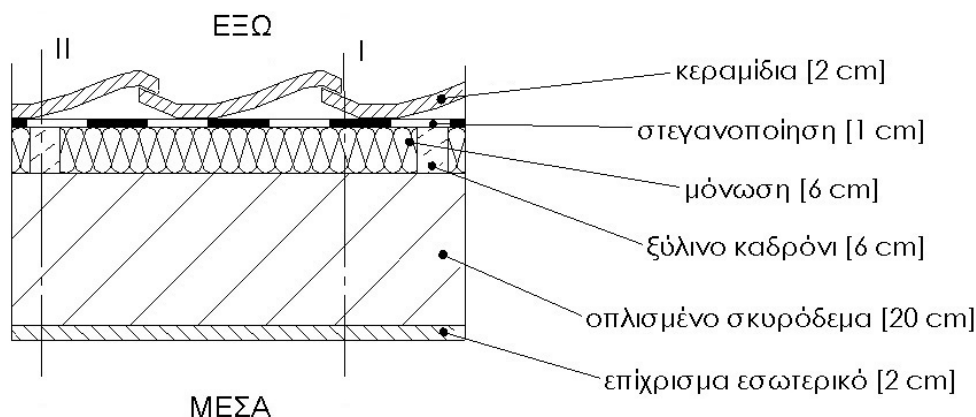
*Η στέγη είναι κεκλιμένη με κλίση μεγαλύτερη των 30° από το οριζόντιο επίπεδο. Σε αυτή τη περίπτωση η οροφή θεωρείται κάθετη και η διεύθυνση της ροής θερμότητας λαμβάνεται ως οριζόντια. Οπότε οι τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων της οροφής λαμβάνονται ως εξής: R_i=0,13 m²K / W και R_a=0,04 m²K / W

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U=0,476\text{ W/m}^2\text{K}$.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στον φέροντα οργανισμό. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.42α1: Πλάγια τομή της οροφής Ο42α υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.42α2: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο42α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο42β

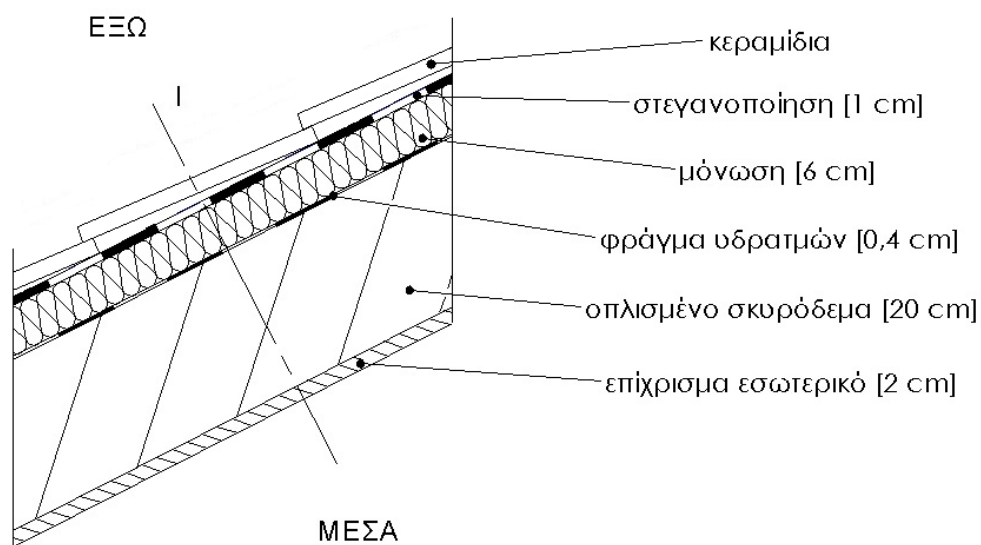
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο42α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5\text{gr/m}^3$). Η οροφή αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της οροφής, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.42β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O42β

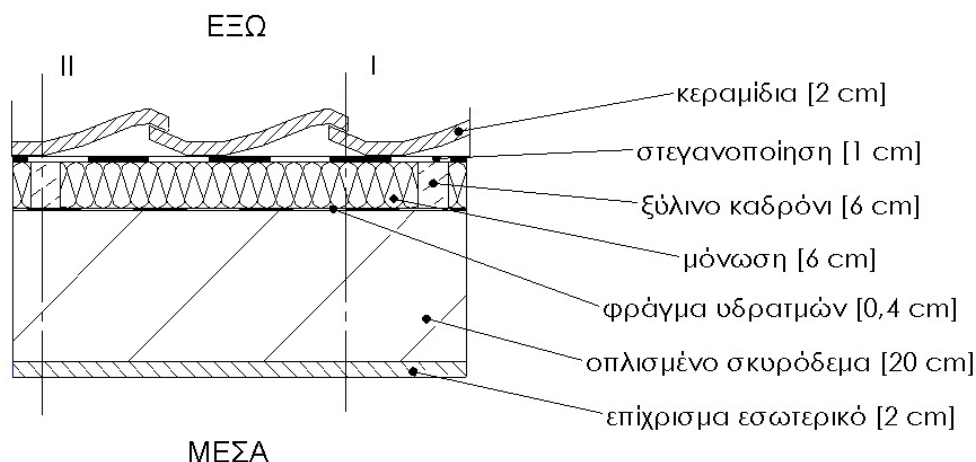
O42β Στέγη (κλίσεως $\geq 30^\circ$) συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 6cm και κεραμίδια							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	κεραμίδια	2000	2	2	1	0,020	0,020
2	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
3	μόνωση	40	6	-	0,038	1,579	-
4	ξύλινο καδρόνι		-	6	0,14	-	0,429
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	20	2,5	0,080	0,080
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,13		0,04		1,763		0,612	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,517		1,278	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,472 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,460 W/m^2K$.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.42β1: Πλάγια τομή της οροφής O42β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.42β2: Κατά μήκος τομή της οροφής O42β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O43α

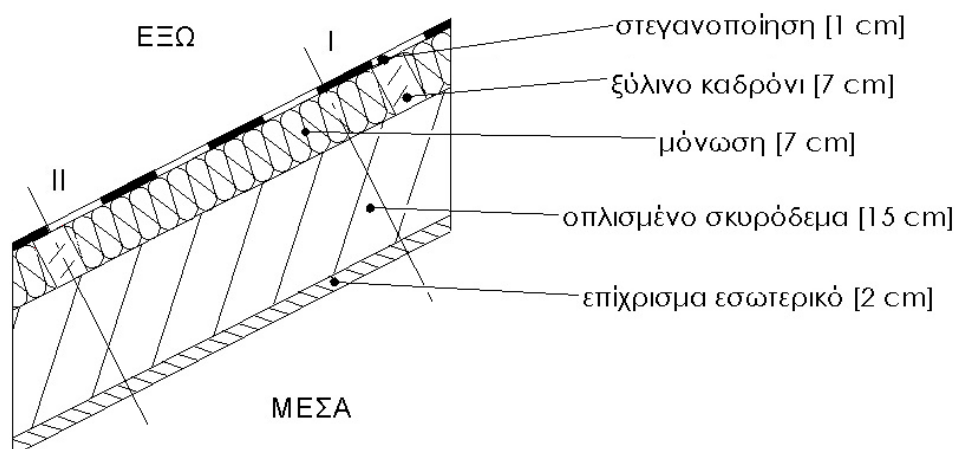
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται κάναβος από οριζόντια ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 7cm. Πάνω από τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm, η οποία αποτελεί και την τελική επικάλυψη της στέγης. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της οροφής είναι 25cm. Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.43α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O43α

O43α Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομόνωση 7cm							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d_I(\text{cm})$	$d_{II}(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$	$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$
1	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
2	μόνωση		7	-	0,033	2,121	-
3	ξύλινο καδρόνι		-	7	0,14	-	0,500
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$	
0,10		0,04		2,262		0,640	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				$U_I(\text{W/m}^2\text{K})$		$U_{II}(\text{W/m}^2\text{K})$	
				0,416		1,281	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U=0,427\text{W/m}^2\text{K}$.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στον φέροντα οργανισμό. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.43α: Πλάγια τομή της οροφής Ο43α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο43β

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο43α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

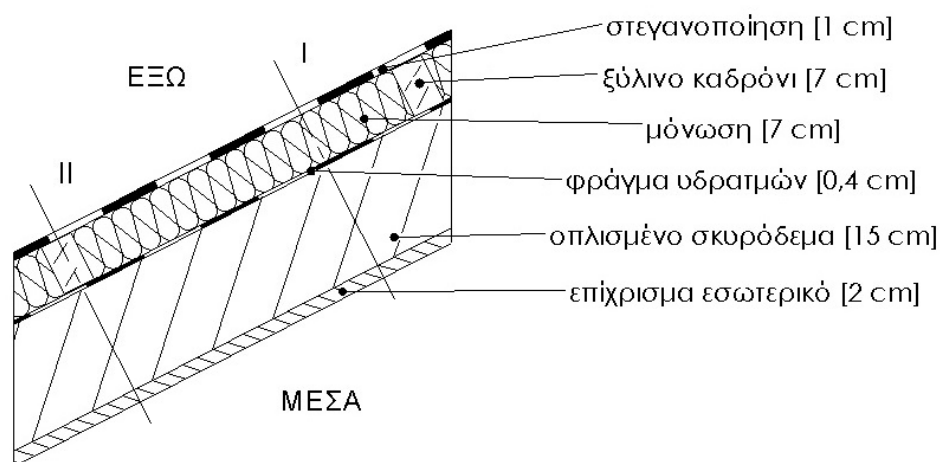
Πίνακας 4.3.43β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο43β

Ο43β	Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυροδέμα 15cm με φράγμα υδρατμών και θερμομόνωση 7cm						
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d_I(\text{cm})$	$d_{II}(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$	$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$
1	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
2	μόνωση		7	-	0,038	1,842	-
3	ξύλινο καδρόνι		-	7	0,14	-	0,500
4	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
5	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$	
0,10		0,04		2,000		0,658	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				$U_I(\text{W/m}^2\text{K})$		$U_{II}(\text{W/m}^2\text{K})$	
				0,467		1,254	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

$\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,424\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,413\text{ W/m}^2\text{K}$.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν στην κατασκευή. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.43β: Πλάγια τομή της οροφής O43β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O44α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Πάνω από τη στρώση αυτή στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (ξύλινα καδρόνια) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 34cm. Η στέγη αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.44α1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m^2K), της οροφής Ο44α

Ο44α		Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με θερμομόνωση 5cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή I					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινο καδρόνι)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,879	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m^2K)				0,495	

Πίνακας 4.3.44α2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{ii} (W/m^2K), της οροφής Ο44α

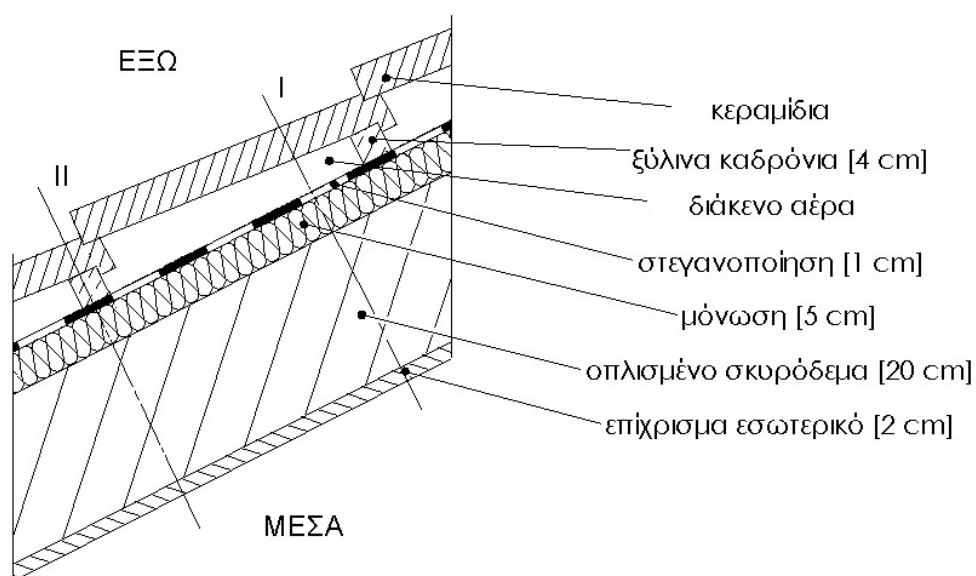
Ο44α		Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με θερμομόνωση 5cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	ξύλινο καδρόνι	600	4	0,14	0,286
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,004	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{ii} (W/m^2K)				0,466	

Πίνακας 4.3.44α3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής O44α

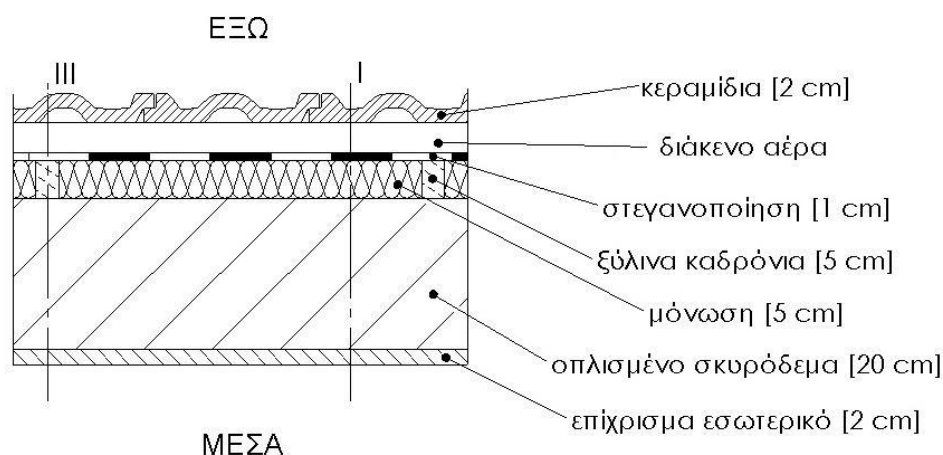
O44α		Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με θερμομόνωση 5cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή III					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινο καδρόνι)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	ξύλινα καδρόνια		5	0,14	0,357
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,721	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				1,162	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,507 W/m^2K$ και $U_{II}=0,476 W/m^2K$ αντίστοιχα.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στον φέροντα οργανισμό. Πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τους επιμέρους συντελεστές θερμοπερατότητας που έχουν υπολογισθεί όπως παραπάνω στις διατομές I και II.



Σχήμα 4.3.44α1: Πλάγια τομή της οροφής O44α υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.44α2: Κατά μήκος τομή της οροφής O44α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O44β

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή O44α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³). Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.44β1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m²K), της οροφής O44β

O44β					
Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυροδέμα 20cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 5cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια					
Διατομή I					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m ³)	d(cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινο καδρόνι)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		5	0,038	1,316
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	20	2,03	0,099
7	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)	R_a (m ² K/W)	R (m ² K/W)			
0,10	0,04	1,697			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m ² K)				0,544	

Πίνακας 4.3.44β2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{II} (W/m^2K), της οροφής Ο44β

Ο44β		Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 5cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	ξύλινο καδρόνι	600	4	0,14	0,286
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		5	0,038	1,316
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
7	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,822	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{II} (W/m^2K)				0,510	

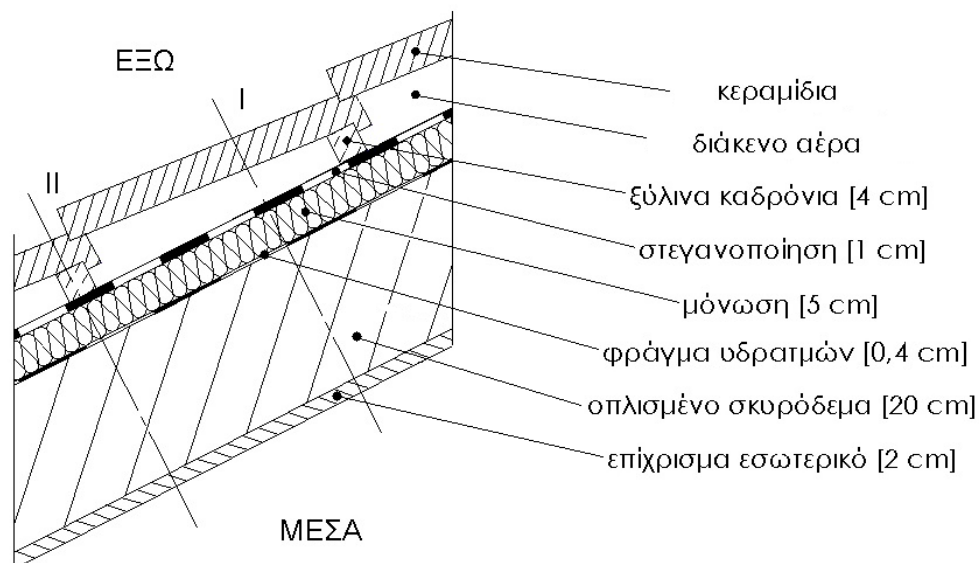
Πίνακας 4.3.44β3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής Ο44β

Ο44β		Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm, με φράγμα υδρατμών, θερμομόνωση 5cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα(ξύλινο καδρόνι)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	ξύλινα καδρόνια		5	0,14	0,357
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
7	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		0,738	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				1,139	

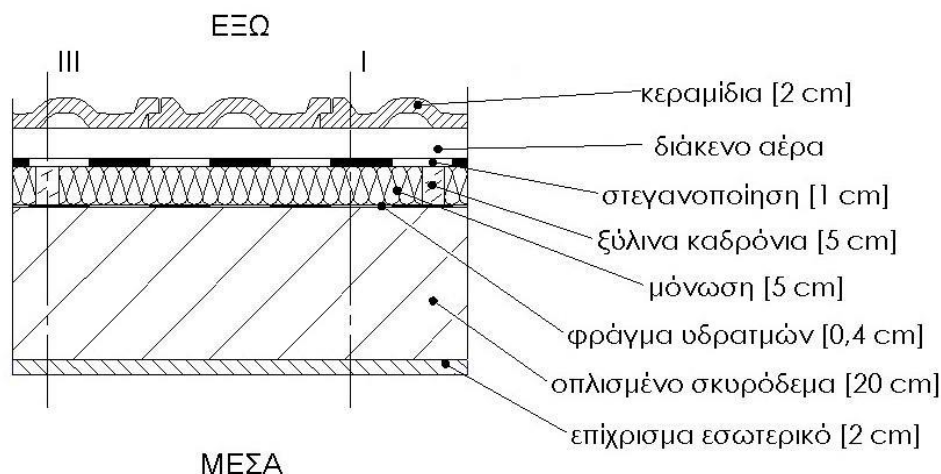
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,502 W/m^2K$ και $U_{II}=0,472 W/m^2K$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,491W/m^2K$ και $U_{II}=0,463 W/m^2K$ αντίστοιχα.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν στην κατασκευή. Πάνω στο μονωτικό υλικό

τοποθετούνται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τους επιμέρους συντελεστές θερμοπερατότητας που έχουν υπολογισθεί όπως παραπάνω στις διατομές I και II.



Σχήμα 4.3.44β1: Πλάγια τομή της οροφής Ο44β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.44β2: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο44β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο45

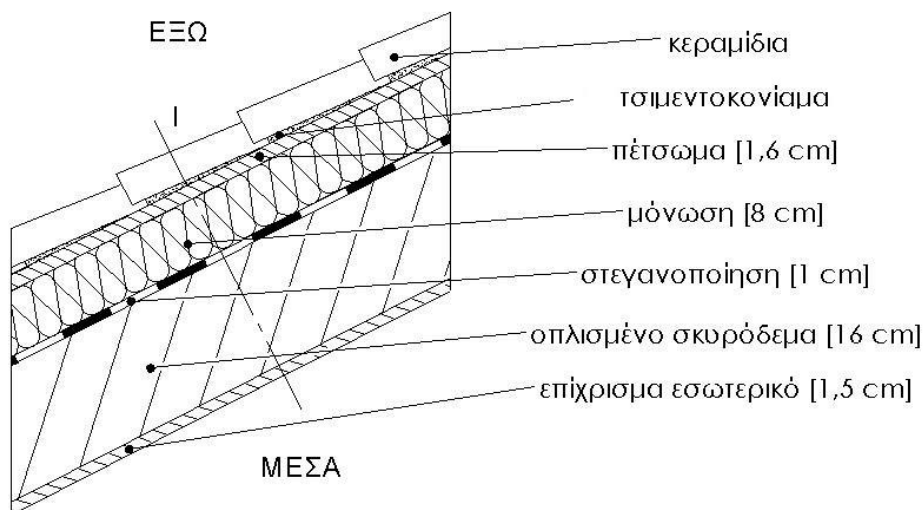
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 16cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια διατομής 5*8cm, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 8cm. Πάνω στα ξύλινα καδρόνια καρφώνεται το πέτσωμα (ξύλινο υπόστρωμα) πάχους 1,6cm. Τέλος τοποθετείται λάσπη (τσιμεντοκονίαμα) σε πάχος περίπου 3cm ώστε πάνω σε αυτή να επικολληθούν τα κεραμίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 33,1cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

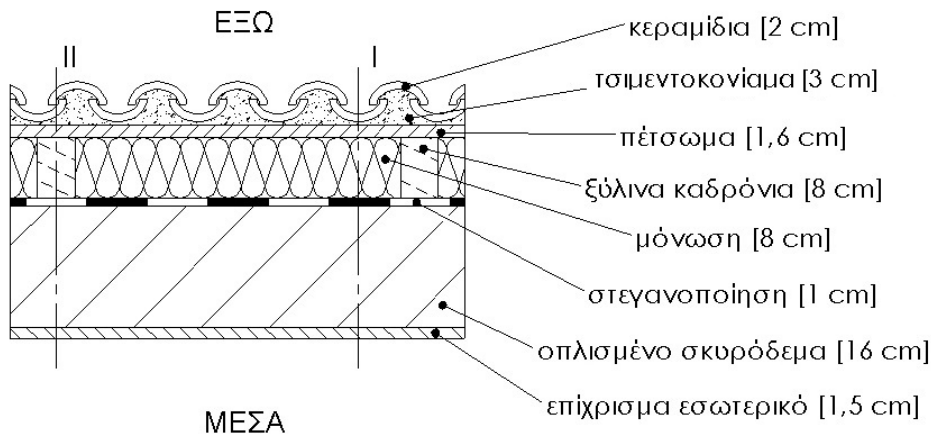
Πίνακας 4.3.45: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O45

O45 Στέγη αντεστραμμένου τύπου από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 16cm, θερμομόνωση 8cm, ξύλινο σκελετό και λασπωτά κεραμίδια							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	2	0,52	0,038	0,038
2	λάσπη (τσιμεντοκονίαμα)	2000	3	3	1,4	0,021	0,021
3	πέτσωμα	600	1,6	1,6	0,14	0,114	0,114
4	καδρόνι 5/8cm	600	-	8	0,14	-	0,571
5	μόνωση		8	-	0,033	2,424	-
6	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	16	2,03	0,079	0,079
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	1,5	0,87	0,017	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,738		0,885	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,347		0,975	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,356 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.45α: Πλάγια τομή της οροφής O45 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.45β: Κατά μήκος τομή της οροφής O45 υπό κλίμακα 1:10

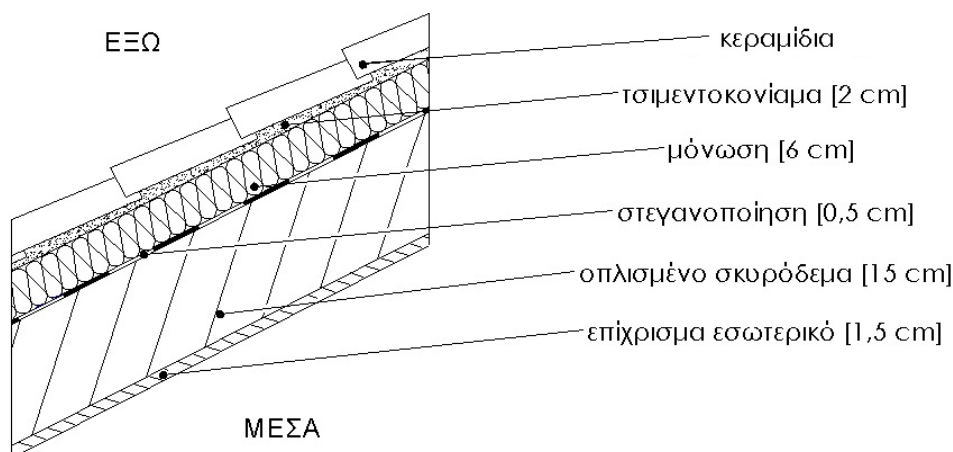
ΟΡΟΦΗ O46

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,5cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τέλος, τοποθετείται λάσπη (τσιμεντοκονίαμα) σε πάχος περίπου 2cm ώστε πάνω σε αυτή να επικολληθούν τα κεραμίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 26cm.

Πίνακας 4.3.46: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O46

O46 Στέγη αντεστραμμένου τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομόνωση 6cm και λασπωτά κεραμίδια					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	1	0,52	0,019
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	στεγανοποίηση	1100	0,5	0,23	0,022
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
6	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	1,965			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,475	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,488 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.46: Πλάγια τομή της οροφής O46 υπό κλίμακα 1:10

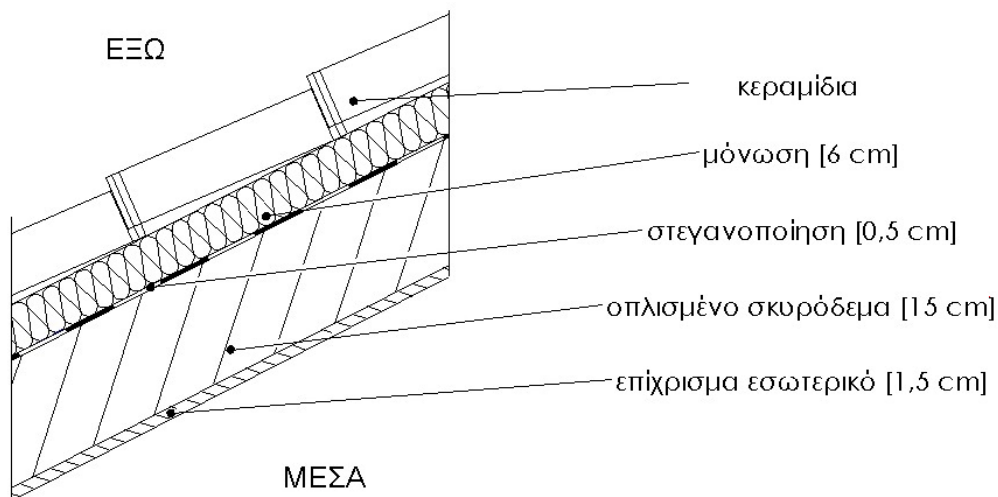
ΟΡΟΦΗ O47

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,5cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τέλος, ως τελική επικάλυψη της στέγης τοποθετούνται πλωτά κεραμίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 24cm.

Πίνακας 4.3.47: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O47

O47	Στέγη αντεστραμμένου τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομόνωση 6cm και πλωτά κεραμίδια				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα $\rho(kg/m^3)$	πάχος $d(cm)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(W/mK)$	θερμική αντίσταση $R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	1	0,52	0,019
2	μόνωση		6	0,033	1,818
3	στεγανοποίηση	1100	0,5	0,23	0,022
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,950	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,478	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,491 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.47: Πλάγια τομή της οροφής O47 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O48

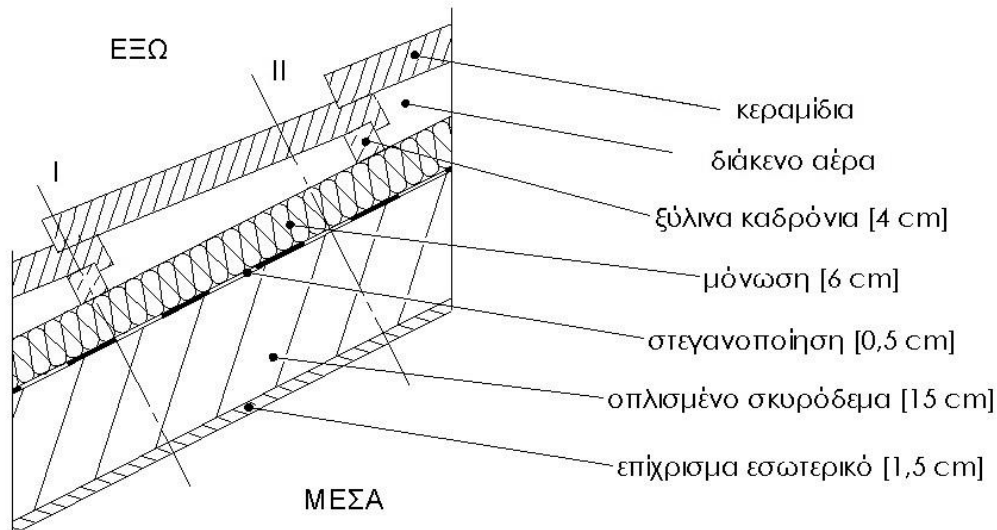
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,5cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Πάνω στη στρώση αυτή στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 1cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 28cm.

Η στέγη αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.48: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O48

O48 Στέγη αντεστραμμένου τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομόνωση 6cm και καρφωτά κεραμίδια							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	3	1	0,52	0,058	0,019
2	διάκενο αέρα		-	4		-	0,160
3	ξύλινο καδρόνι	600	4	-	0,14	0,286	-
4	μόνωση		6	6	0,033	1,818	1,818
5	στεγανοποίηση	1100	0,5	0,5	0,23	0,022	0,022
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	1,5	0,87	0,017	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,274		2,110	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,414		0,444	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,424\text{ W/m}^2\text{K}$ και $U_{II}=0,455\text{ W/m}^2\text{K}$ αντίστοιχα.



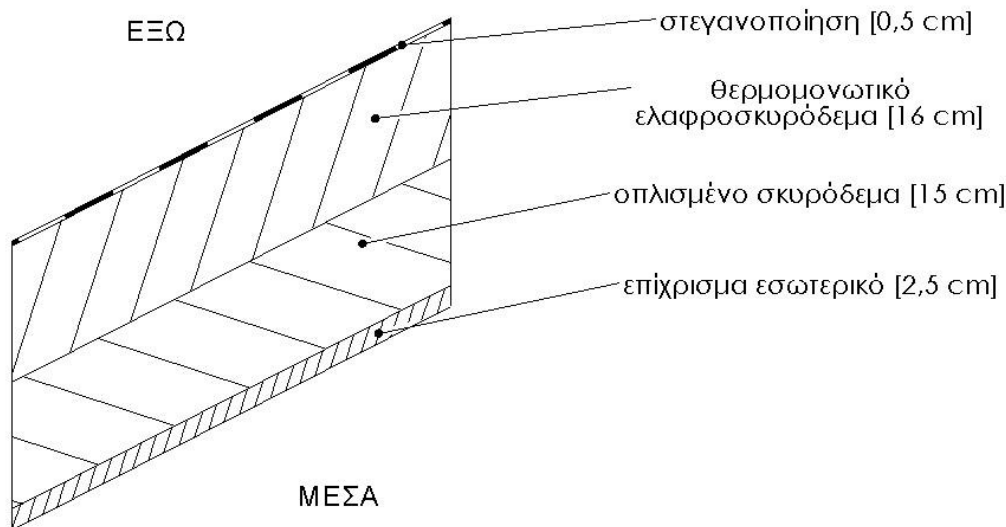
Σχήμα 4.3.48: Πλάγια τομή της οροφής O48 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O49

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 15cm και επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 16cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή. Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,5cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 34cm.

Πίνακας 4.3.49: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), της οροφής O49

O49	Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 16cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	στεγανοποίηση	1100	0,5	0,23	0,022
2	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	250	16	0,067	2,388
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
4	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)			
0,10	0,04	2,512			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,377	



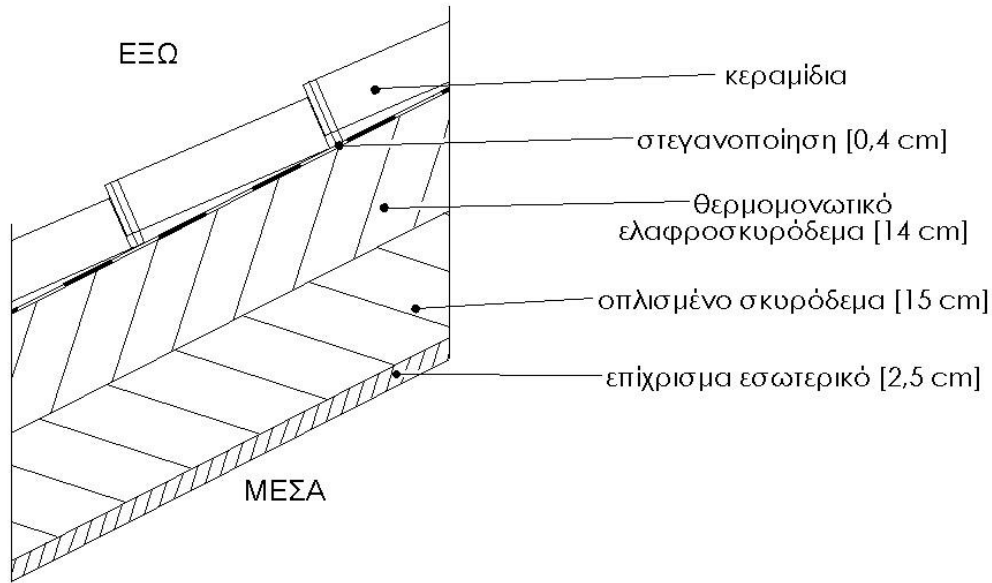
Σχήμα 4.3.49: Πλάγια τομή της οροφής O49 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O50

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 14cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή. Στη συνέχεια, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Τέλος, για την τελική επικάλυψη της στέγης τοποθετούνται πλωτά κεραμίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 33,9cm.

Πίνακας 4.3.50: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O50

O50 Στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 14cm και πλωτά κεραμίδια					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	στεγανοποίηση	1100	0,4	0,23	0,017
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	200	14	0,065	2,154
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,312	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,408	



Σχήμα 4.3.50: Πλάγια τομή της οροφής O50 υπό κλίμακα 1:10

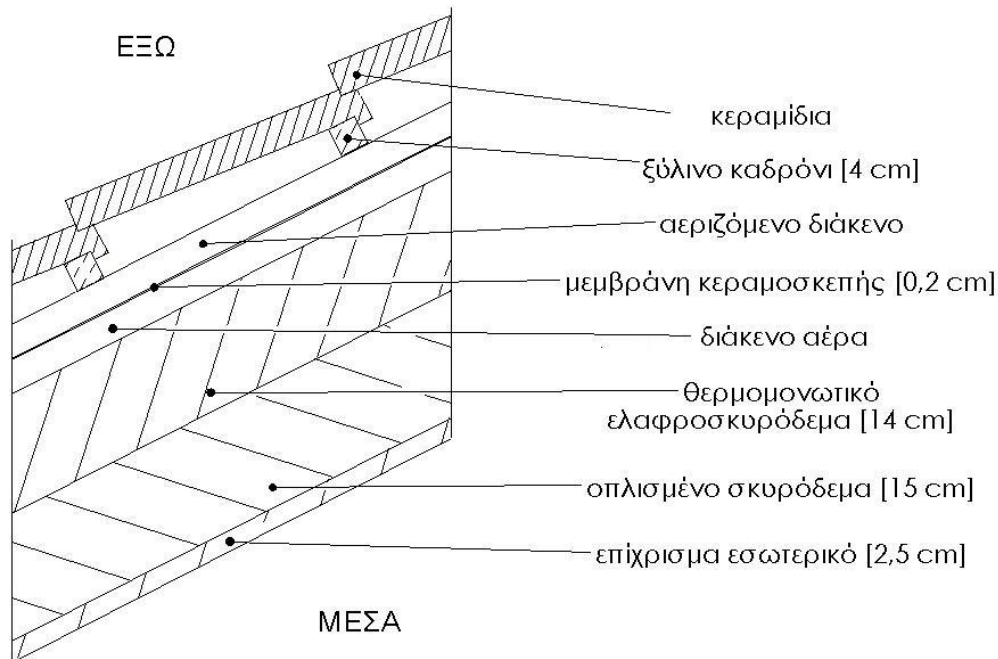
ΟΡΟΦΗ O51

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Αρχικά τοποθετούνται καδρόνια, οριζόντια και κάθετα στην κεκλιμένη επιφάνεια του σκυροδέματος. Στη συνέχεια πάνω στη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 14cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή. Πάνω στα κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, τα οποία έχουν ύψος 4cm πάνω από την επιφάνεια του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος, καρφώνεται η μεμβράνη κεραμοσκεπής (PVC) πάχους 0,2cm. Το διάκενο αέρα μεταξύ της μεμβράνης και του ελαφροσκυροδέματος είναι μη αεριζόμενο. Πάνω από τη μεμβράνη και τα ξύλινα αυτά καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες πάχους 4cm. Έπειτα, στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ της μεμβράνης της κεραμοσκεπής (PVC) και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 41,9cm.

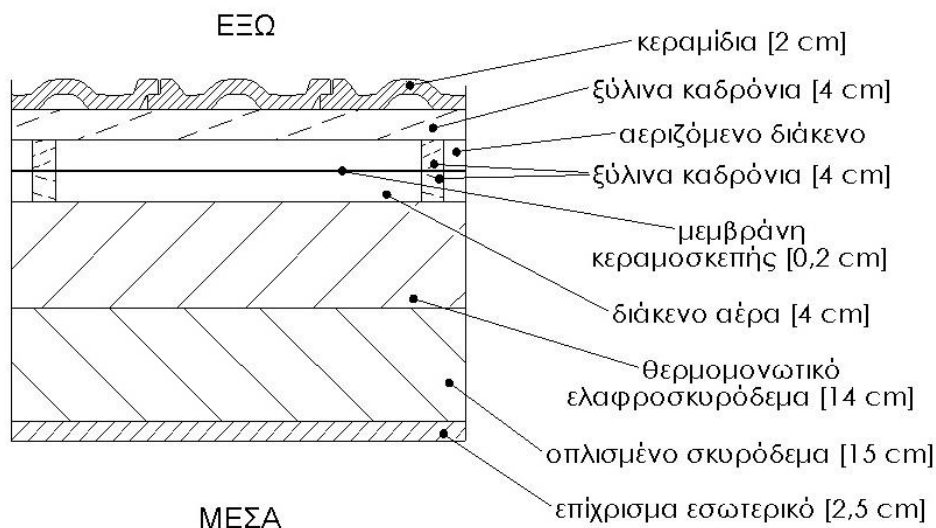
Πίνακας 4.3.51: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O51

O51 Αεριζόμενη στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 14cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d(cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R(m ² K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	-
2	ξύλινο καδρόνι		4		-
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		4		-
4	μεμβράνη κεραμοσκεπής	1390	0,2	0,17	0,012
5	διάκενο αέρα		4		0,16
6	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	200	14	0,065	2,154
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,10		2,428	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,380	

*Το διάκενο αέρα μεταξύ της μεμβράνης της κεραμοσκεπής (PVC) και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Για αυτό η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου θεωρείται ίση με $R_i = R_\delta$. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου δεν λαμβάνονται υπόψη 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.



Σχήμα 4.3.51α: Πλάγια τομή της οροφής Ο51 υπό κλίμακα 1:10



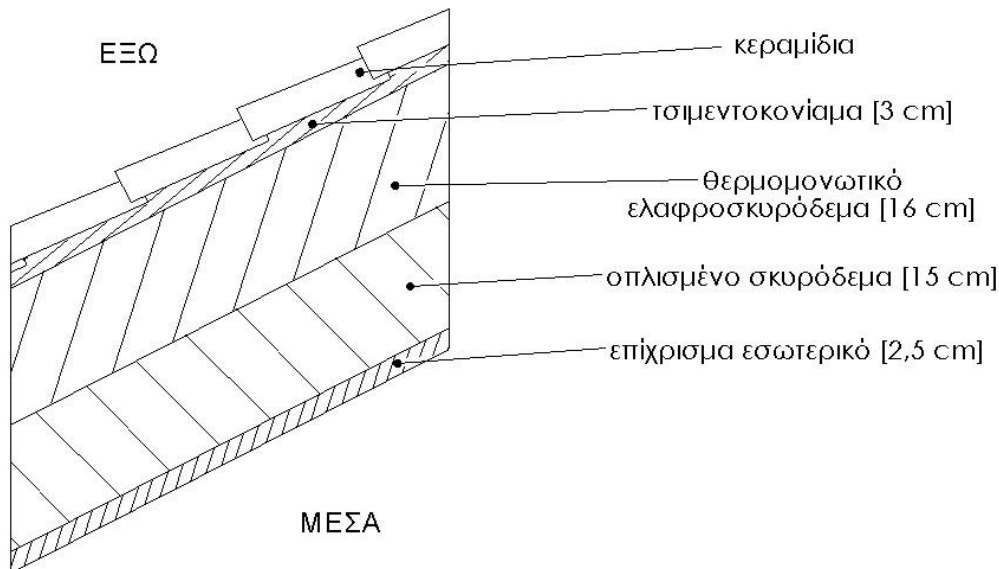
Σχήμα 4.3.51β: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο51 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο52

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 16cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή. Τέλος τοποθετείται λάσπη (τσιμεντοκονίαμα) σε πάχος περίπου 3cm ώστε πάνω σε αυτή να επικολληθούν τα κεραμίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 38,5cm.

Πίνακας 4.3.52: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο52

Ο52					
Στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm, με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 16cm και λασπωτά κεραμίδια					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,0038
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	3	1,4	0,021
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	200	16	0,065	2,462
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,624	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,362	



Σχήμα 4.3.52: Πλάγια τομή της οροφής Ο52 υπό κλίμακα 1:10

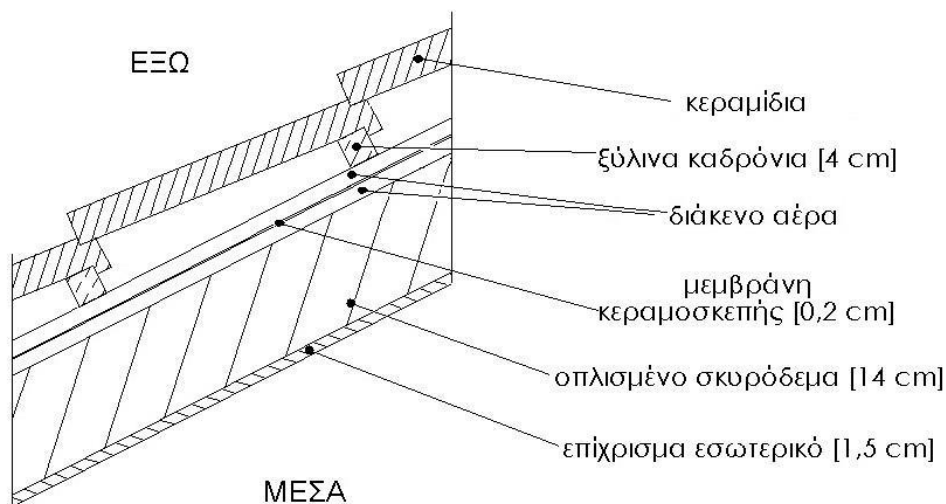
ΟΡΟΦΗ Ο53

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται ένας κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια πάχους 2cm πάνω στα οποία τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής πάχους 0,2cm. Πάνω από τη μεμβράνη και τα καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Με τον τρόπο αυτό και βάση της λειτουργίας της μεμβράνης (διάφραγμα) δημιουργούνται δύο ανεξάρτητες ζώνες αερισμού, μεταξύ της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος και της μεμβράνης και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 25,7cm.

Πίνακας 4.3.53: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο53

Ο53					
Αεριζόμενη στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια		2		-
2	ξύλινα καδρόνια		4		-
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		2		-
4	μεμβράνη κεραμοσκεπής		0,2		-
5	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		2		-
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	0,87	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,10*	0,086			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			3,494		

*Τα διάκενα αέρα μεταξύ της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος και της μεμβράνης της κεραμοσκεπής και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενα. Για αυτό η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου θεωρείται ίση με $R_i = R_a$. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου δεν λαμβάνονται υπόψη 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.



Σχήμα 4.3.53: Πλάγια τομή της οροφής O53 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O54

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με εξωτερική θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 1,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται ένας κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 8cm. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος 4cm μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού και πάνω σε αυτά τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής πάχους 0,2cm. Πάνω από τη μεμβράνη και τα καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Με τον τρόπο αυτό και βάση της λειτουργίας της μεμβράνης (διάφραγμα) δημιουργούνται δύο ανεξάρτητες ζώνες αερισμού, μεταξύ του μονωτικού υλικού και της μεμβράνης και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 35,7cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

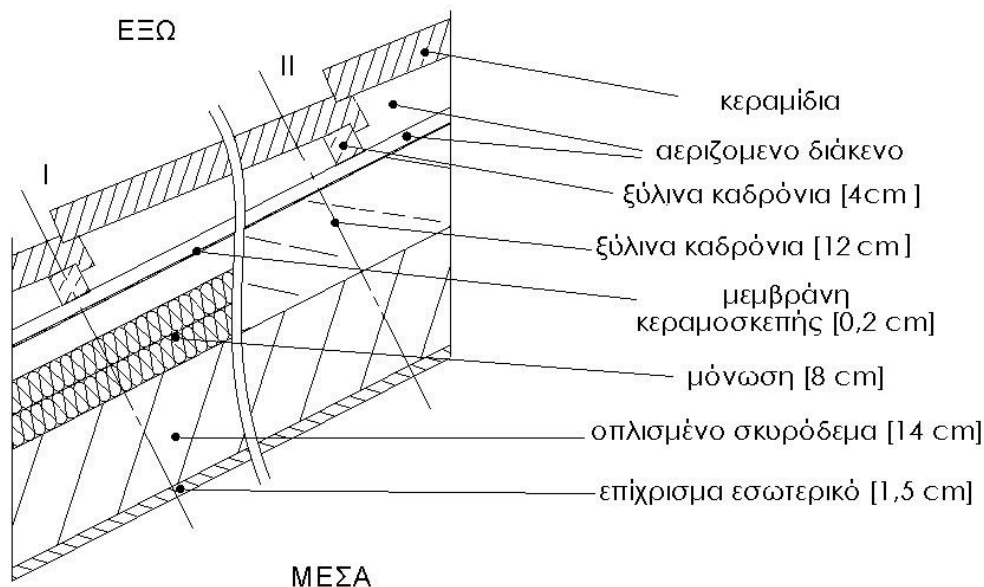
Πίνακας 4.3.54: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο54

Ο54 Αεριζόμενη στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, με θερμομόνωση 8cm, ξύλινο σκελετό και κεραμίδια							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ(kg/m ³)	d _I (cm)	d _{II} (cm)	λ(W/mK)	R _I (m ² K/W)	R _{II} (m ² K/W)
1	κεραμίδια		2	2		-	-
2	ξύλινα καδρόνια		4	4		-	-
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		2	2		-	-
4	μεμβράνη κεραμοσκεπής		0,2	0,2		-	-
5	αεριζόμενο διάκενο /ξύλινος σκελετός	- /600	4	12	0,14	-	0,857
6	μόνωση		8	-	0,033	2,424	-
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	14	2,03	0,069	0,069
8	επίχρισμα εσωτερικό	1800	1,5	1,5	0,87	0,017	0,017
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R _I (m ² K/W)		R _{II} (m ² K/W)	
0,10		0,10*		2,510		0,943	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				U _I (W/m ² K)		U _{II} (W/m ² K)	
				0,369		0,875	

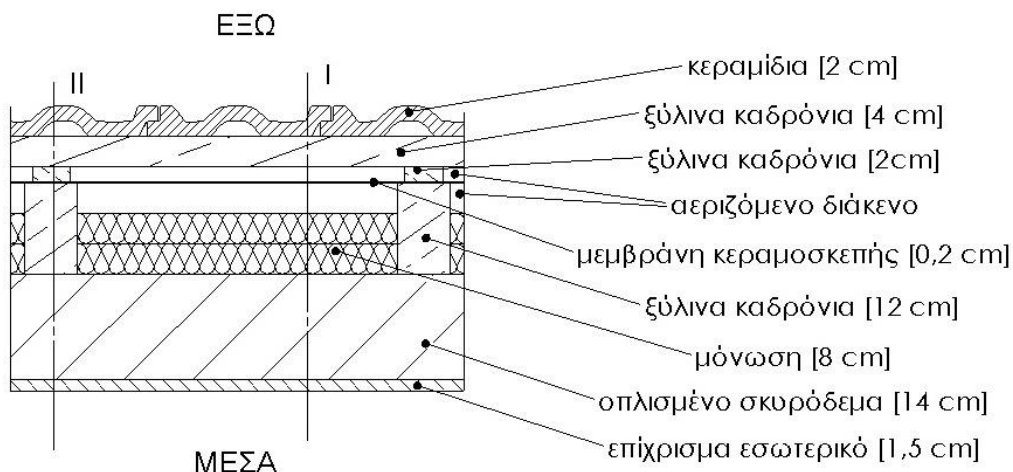
*Τα διάκενα αέρα μεταξύ του μονωτικού υλικού και της μεμβράνης της κεραμοσκεπής και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενα. Για αυτό η θερμική αντίσταση του αέρα διακένου θεωρείται ίση με R_i= R_δ. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου U δεν λαμβάνονται υπόψη 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.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με U_i=0,379 W/m²K. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,038W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με U_i=0,418 W/m²K.

Αν ως θερμομονωτικό υλικό επιλεγθούν πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στον φέροντα οργανισμό. Έτσι, πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οι κατακόρυφοι και οριζόντιοι πήχεις καθώς και η μεμβράνη της κεραμοσκεπής για την διαμόρφωση των ζωνών αερισμού και για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.54α: Πλάγια τομή της οροφής O54 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.54β: Κατά μήκος τομή της οροφής O54 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O55

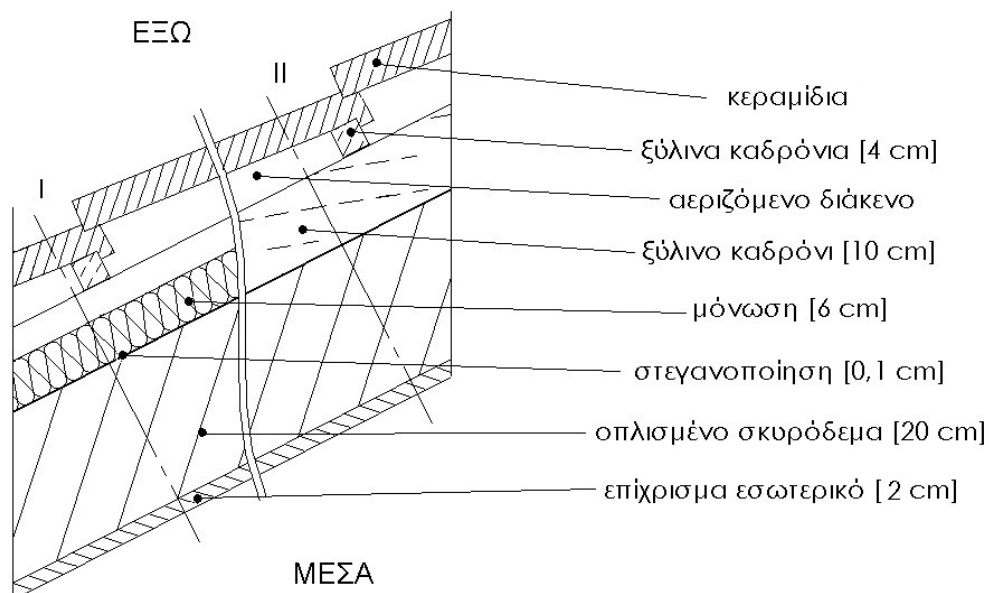
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,1cm. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 8cm. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος 4cm μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 38,5cm. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.55: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O55

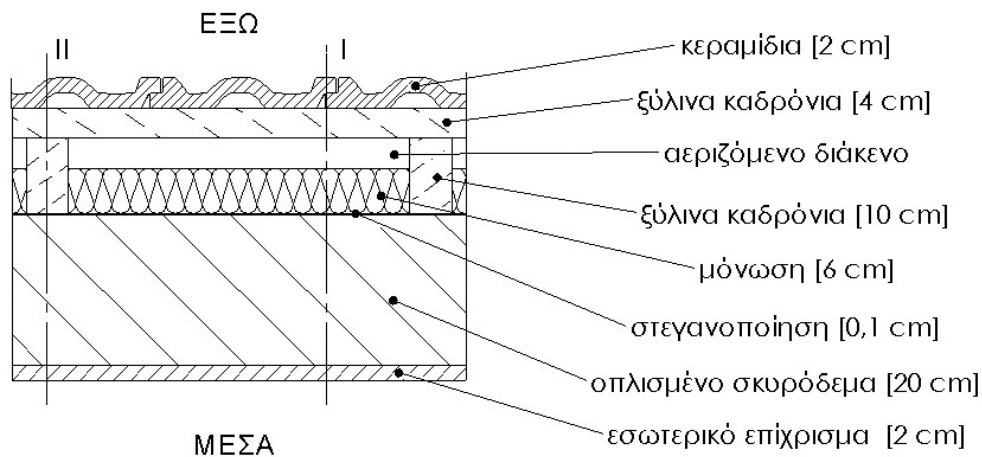
O55 Αεριζόμενη στέγη αντεστραμμένου τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm και θερμομόνωση 6cm							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	2			
2	ξύλινα καδρόνια		4	4			
3	αεριζόμενο διάκενο		4	-			
4	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
5	ξύλινο καδρόνι	600	-	10	0,14	-	0,714
6	στεγανοποίηση	1050	0,1	0,1	0,17	0,006	0,006
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	20	2,03	0,099	0,099
8	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,10		1,946		0,842	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,466		0,960	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,478 W/m^2K$.

Αν ως θερμομονωτικό υλικό επιλεχτούν πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή. Έτσι, πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οι κατακόρυφοι και οριζόντιοι πήγχιες για την διαμόρφωση του διακένου αερισμού και για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.55α: Πλάγια τομή της οροφής O55 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.55β: Κατά μήκος τομή της οροφής O55 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O56α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω στην φέρουσα πλάκα διαμορφώνεται κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Πάνω από το μονωτικό υλικό και τα καδρόνια ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση και τα καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια πάχους 4cm. Πάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της κεραμοσκεπής είναι αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 39cm.

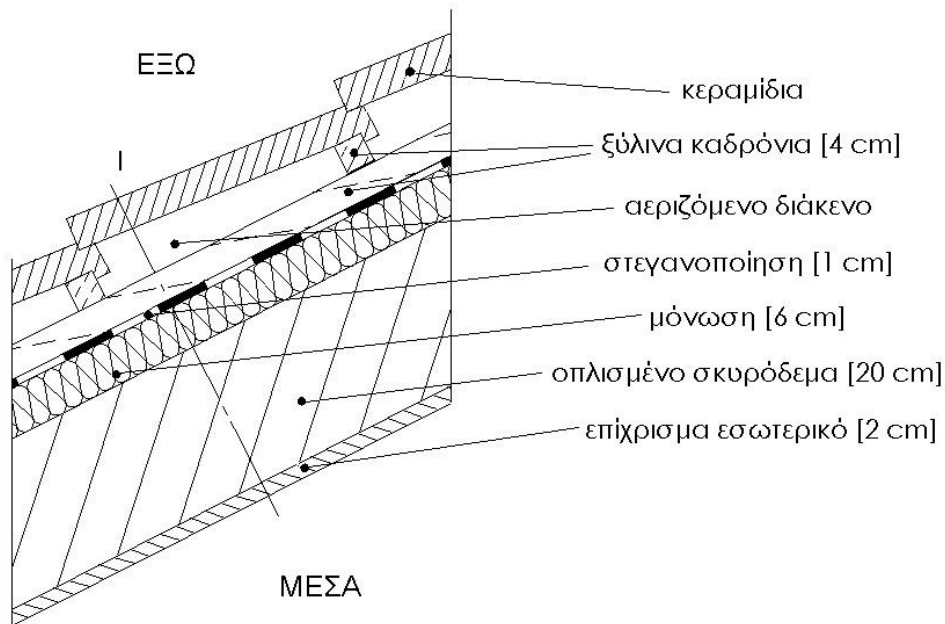
Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.56α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O56α

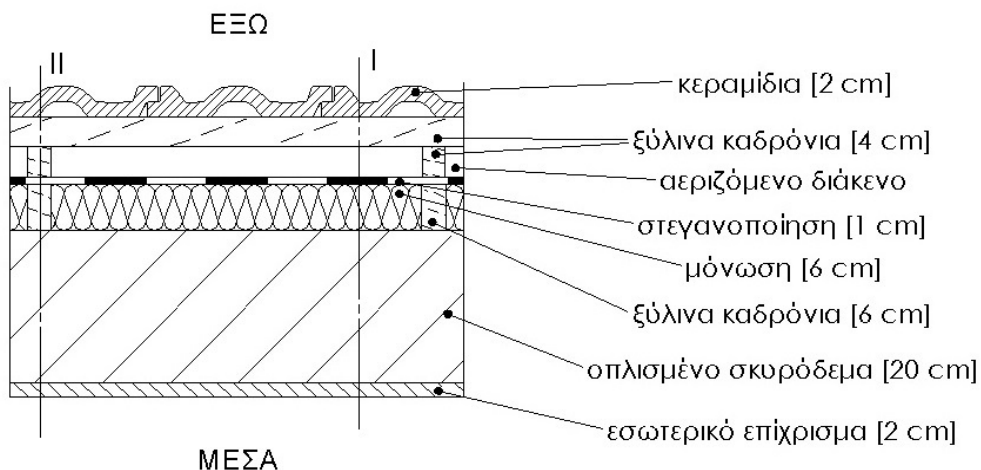
O56α							
Αεριζόμενη στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυροδέμα 20cm με εξωτερική θερμομόνωση 6cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ (kg/m ³)	d_I (cm)	d_{II} (cm)	λ (W/mK)	R_I (m ² K/W)	R_{II} (m ² K/W)
1	κεραμίδια		2	2		-	-
2	ξύλινο καδρόνι		4	4		-	-
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		4	4		-	-
4	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
5	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
6	ξύλινο καδρόνι	600	-	6	0,14	-	0,429
7	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	20	20	2,03	0,099	0,099
8	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m ² K/W)		R_a (m ² K/W)		R_I (m ² K/W)		R_{II} (m ² K/W)	
0,10		0,10		1,983		0,594	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,458		1,260	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,470\text{ W/m}^2\text{K}$.

Αν ως θερμομονωτικό υλικό επιλεγθούν πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στον φέροντα οργανισμό. Έτσι, πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται το στεγανοποιητικό υλικό καθώς και οι κατακόρυφοι και οριζόντιοι πηχείς για την διαμόρφωση του διακένου αερισμού και για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.56α1: Πλάγια τομή της οροφής O56a υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.56α2: Κατά μήκος τομή της οροφής O56a υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο56β

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο56α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

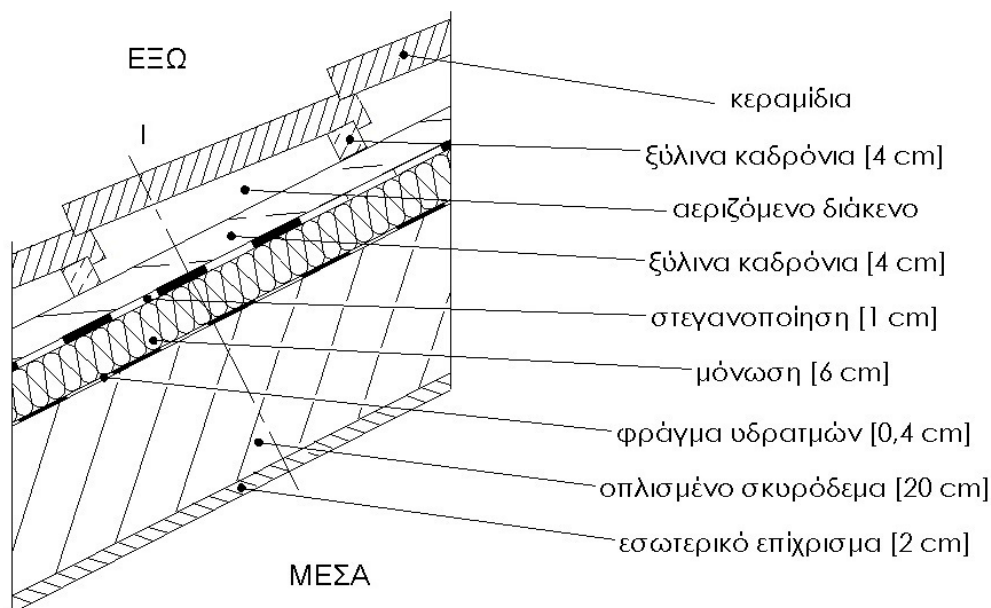
Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.56β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο56β

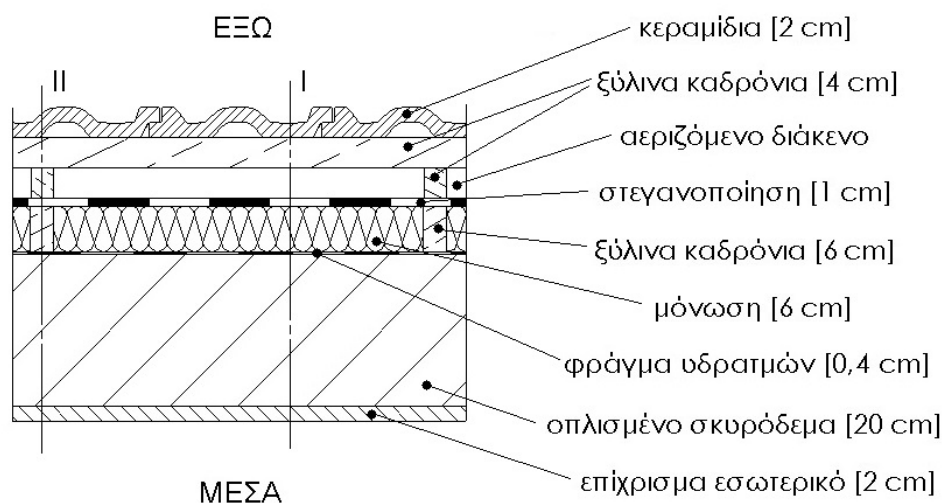
Ο56β		Αεριζόμενη στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με φράγμα υδρατμών και εξωτερική θερμομόνωση 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ(kg/m ³)	d _i (cm)	d _{ii} (cm)	λ(W/mK)	R _i (m ² K/W)	R _{ii} (m ² K/W)
1	κεραμίδια		2	2			
2	ξύλινο καδρόνι		4	4			
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		4	4			
4	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
5	μόνωση		6	-	0,038	1,579	
6	ξύλινο καδρόνι	600	-	6	0,14		0,429
7	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
8	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	20	2,03	0,099	0,099
9	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R _i (m ² K/W)		R _{ii} (m ² K/W)	
0,10		0,10		1,761		0,611	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)			U _i (W/m ² K)		U _{ii} (W/m ² K)		
			0,510		1,233		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,038W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με U_i=0,466 W/m²K. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με U_i=0,454 W/m²K.

Αν ως θερμομονωτικό υλικό επιλεγθούν πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή. Έτσι, πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται το στεγανοποιητικό υλικό καθώς και οι κατακόρυφοι και οριζόντιοι πήχεις για την διαμόρφωση του διακένου αερισμού και για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.56β1: Πλάγια τομή της οροφής O56β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.56β2: Κατά μήκος τομή της οροφής O56β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O57α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm η οποία αποτελεί και την τελική εξωτερική στρώση της κατασκευής. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Στην εσωτερική πλευρά της πλάκας διαμορφώνεται ένα ξύλινο σκελετός από οριζόντια ξύλινα καδρόνια. Ανάμεσα στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των καδρονιών τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό καλύπτονται από δύο στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 1,25cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 24,5cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.57α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O57α

O57α Στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εσωτερική θερμομόνωση 6cm							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
3	ξύλινο καδρόνι	600	-	6	0,14	-	0,429
4	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
5	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
6	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,055		0,665	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,456		1,242	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,467 W/m^2K$.

ΟΡΟΦΗ O57β

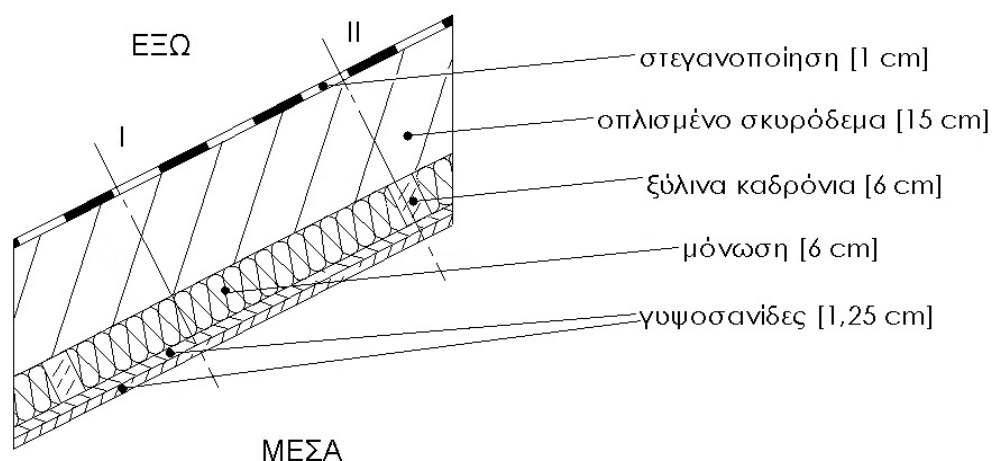
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με εσωτερική θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή O57α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm μεταξύ των γυψοσανίδων και του μονωτικού υλικού το οποίο είναι τοποθετημένο ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5gr/m^3$).

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

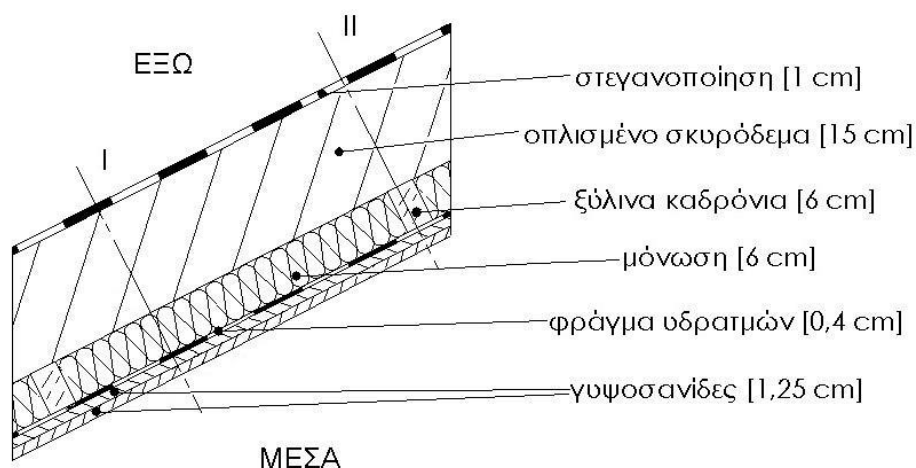
Πίνακας 4.3.57β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής O57β

O57β Στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με φράγμα υδρατμών και εσωτερική θερμομόνωση 6cm							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
3	ξύλινο καδρόνι	600	-	6	0,14	-	0,429
4	μόνωση		6	-	0,038	1,579	-
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
6	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
7	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,833		0,682	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,507		1,216	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,463\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,452\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.57α: Πλάγια τομή της οροφής O57α υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.57β: Πλάγια τομή της οροφής O57β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο58

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 1,5cm που τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες πάχους 13cm. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάναβος από οριζόντια ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 8cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Τέλος, στερεώνονται τα κεραμίδια πάχους 1,5cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 12cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.58α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m^2K), της οροφής Ο58

Ο58α		Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 8cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή I					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	1,5	0,52	0,029
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
3	μόνωση		8	0,033	2,424
4	πέτσωμα	600	1,5	0,14	0,107
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	2,604			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m^2K)			0,364		

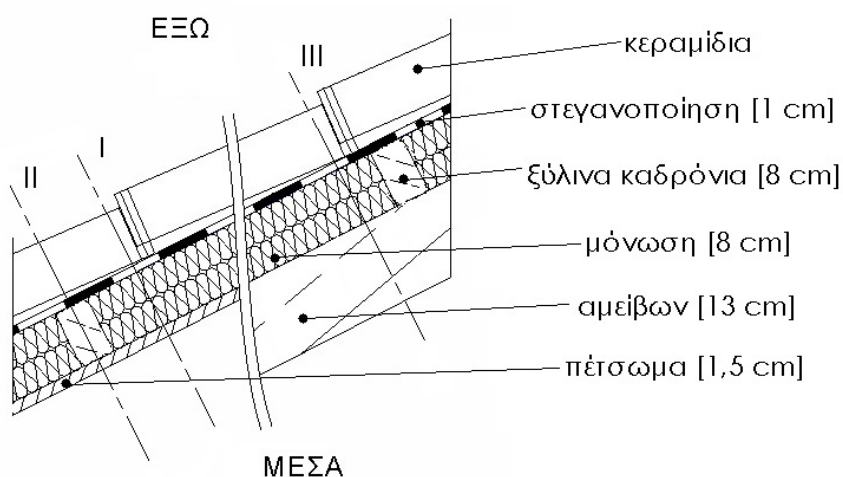
Πίνακας 4.3.58β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{II} (W/m^2K), της οροφής Ο58

Ο58		Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 8cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	1,5	0,52	0,029
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
3	καδρόνι 5/8cm	600	8	0,14	0,571
4	πέτσωμα	600	1,5	0,14	0,107
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,04	0,751			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{II} (W/m^2K)			1,122		

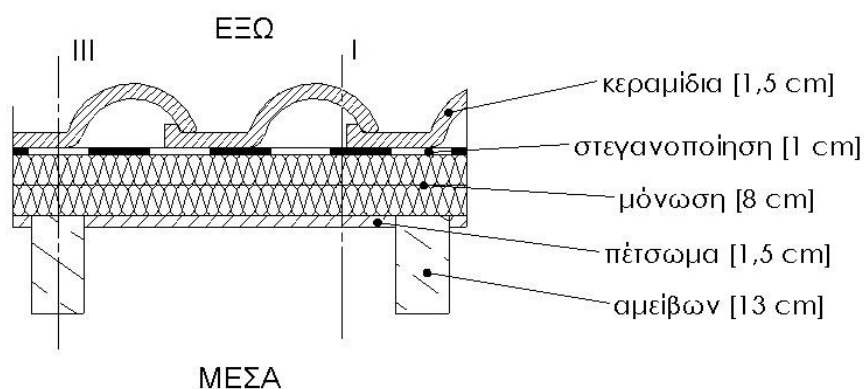
Πίνακας 4.3.58γ: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής O58

O58 Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 8cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια					
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d (cm)	λ (W/mK)	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	1,5	0,52	0,029
2	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
3	μόνωση		8	0,033	2,424
4	αμείβων	600	13	0,14	0,929
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		3,425	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				0,280	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III θα ισούται με $U_I=0,374 W/m^2K$ και $U_{III}=0,286 W/m^2K$ αντίστοιχα.



Σχήμα 4.3.58α: Πλάγια τομή της οροφής O58 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.58β: Κατά μήκος τομή της οροφής O58 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο59α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 2cm που τοποθετείται πάνω στους αμείβοντες. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Επάνω από τη στεγανοποιητική στρώση στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 28cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.59α1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m^2K), της οροφής Ο59α

Ο59α	Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια				
Διατομή I					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινος σκελετός)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		6	0,033	1,818
5	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,203	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m^2K)				0,427	

Πίνακας 4.3.59α2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{ii} (W/m^2K), της οροφής Ο59α

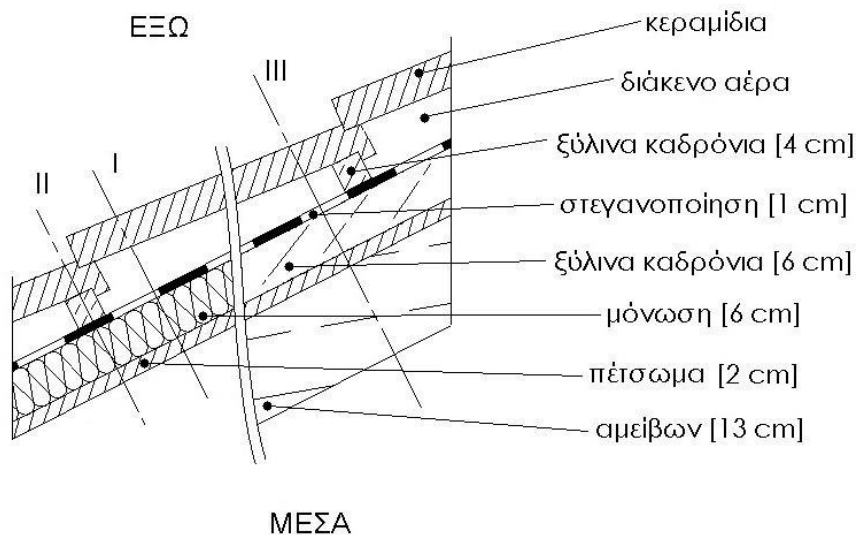
Ο59α	Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια				
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	καδρόνι	600	4	0,14	0,286
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		6	0,033	1,818
5	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,329	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{ii} (W/m^2K)				0,405	

Πίνακας 4.3.59α3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής O59α

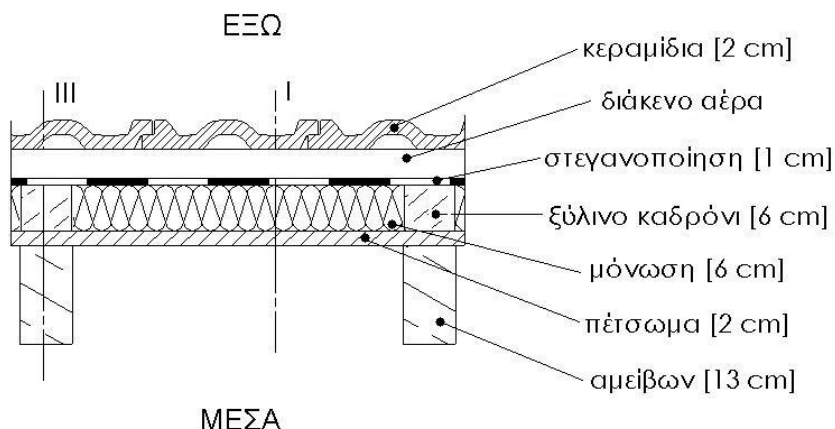
O59α		Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή III					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινος σκελετός)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	καδρόνι	600	6	0,14	0,429
5	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
6	αμείβων	600	13	0,14	0,929
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$	$R_a (m^2K/W)$	$R (m^2K/W)$			
0,10	0,04	1,742			
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{III} (W/m^2K)$			0,531		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,437 W/m^2K$ και $U_{II}=0,414 W/m^2K$ αντίστοιχα.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στο πέτσωμα και στη συνέχεια πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τους επιμέρους συντελεστές θερμοπερατότητας που έχουν υπολογισθεί όπως παραπάνω στις διατομές I, II και III με τη διαφορά ότι για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στη διατομή III δεν υπολογίζεται το καδρόνι καθώς στη θέση αυτού βρίσκεται το μονωτικό υλικό.



Σχήμα 4.3.59α1: Πλάγια τομή της οροφής O59α υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.59α2: Κατά μήκος τομή της οροφής O59α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O59β

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή O59α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από το πέτσωμα και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.59β1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m²K), της οροφής O59β

O59β					
Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με φράγμα υδρατμών, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια					
Διατομή I					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m ³)	d(cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινος σκελετός)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		6	0,038	1,579
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)		R_a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		1,981	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m ² K)				0,471	

Πίνακας 4.3.59β2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{II} (W/m^2K), της οροφής Ο59β

Ο59β	Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με φράγμα υδρατμών, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια				
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	καδρόνι	600	4	0,14	0,286
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	μόνωση		6	0,038	1,579
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,107	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{II} (W/m^2K)				0,445	

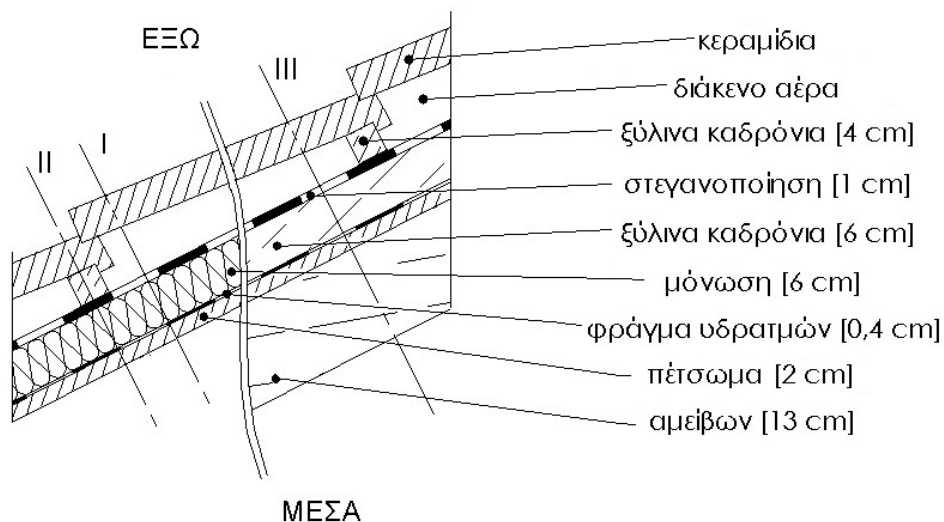
Πίνακας 4.3.59β3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής Ο59β

Ο59β	Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με φράγμα υδρατμών, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια				
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα(ξύλινος σκελετός)		4		0,160
3	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
4	καδρόνι	600	6	0,14	0,429
5	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
6	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
7	αμείβων	600	13	0,14	0,929
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		1,9	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				0,526	

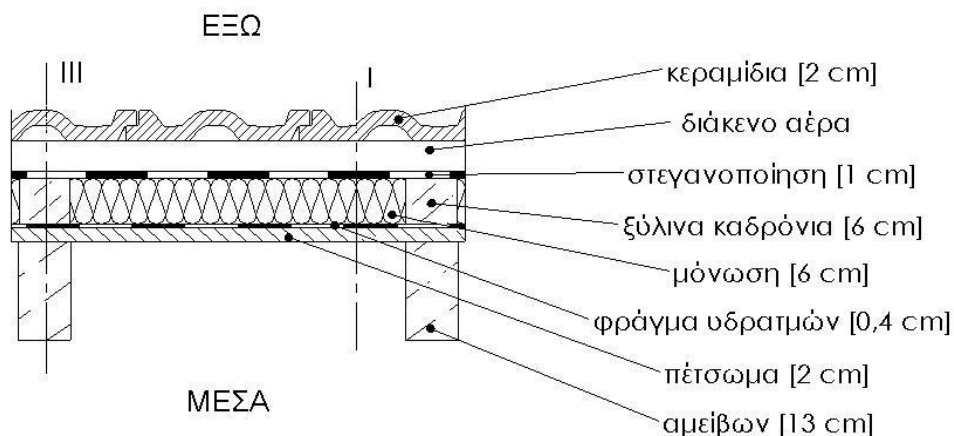
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,433 W/m^2K$ και $U_{II}=0,411 W/m^2K$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,424 W/m^2K$ και $U_{II}=0,402 W/m^2K$ αντίστοιχα.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή και στη συνέχεια πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τους επιμέρους συντελεστές

θερμοπερατότητας που έχουν υπολογισθεί όπως παραπάνω στις διατομές I, II και III με τη διαφορά ότι για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στη διατομή III δεν υπολογίζεται το καδρόνι καθώς στη θέση αυτού βρίσκεται το μονωτικό υλικό.



Σχήμα 4.3.59β1: Πλάγια τομή της οροφής Ο59β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.59β2: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο59β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο60

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 2cm που τοποθετείται πάνω στους αμείβοντες. Πάνω από το πέτσωμα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,1cm. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Επάνω από το μονωτικό υλικό και τα καδρόνια στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 14,4cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.60α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m^2K), της οροφής Ο60

Ο60		Ξύλινη στέγη αντεστραμμένου τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή I					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινος σκελετός)		4		0,160
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	στεγανοποίηση	1390	0,1	0,17	0,006
5	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,165	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m^2K)				0,434	

Πίνακας 4.3.60β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{ii} (W/m^2K), της οροφής Ο60

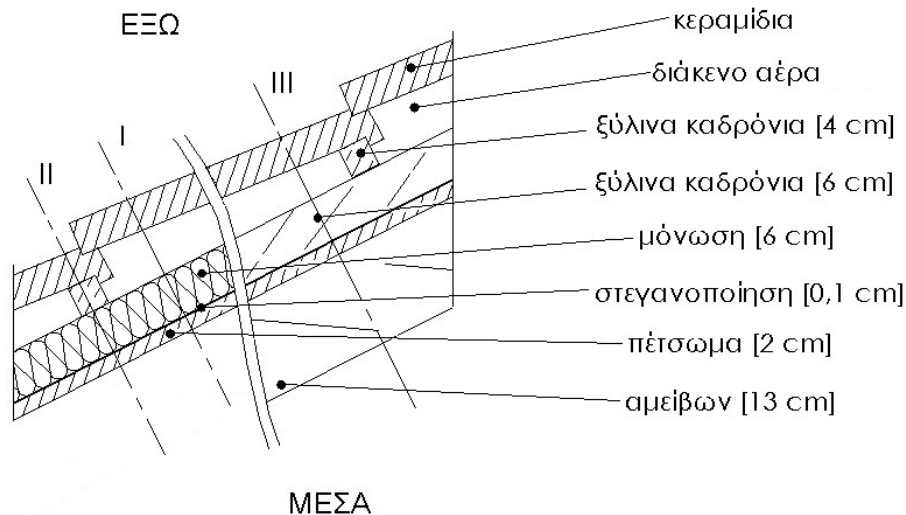
Ο60		Ξύλινη στέγη αντεστραμμένου τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια			
Διατομή II					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	ξύλινο καδρόνι	600	4	0,14	0,286
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	στεγανοποίηση	1390	0,1	0,17	0,006
5	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,291	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{ii} (W/m^2K)				0,411	

Πίνακας 4.3.60γ: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής Ο60

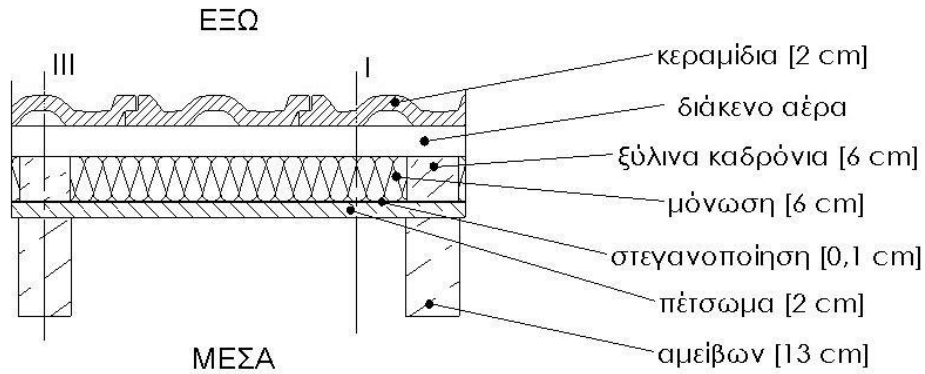
Ο60 Ξύλινη στέγη αντεστραμμένου τύπου με θερμομόνωση 6cm πάνω από τους αμείβοντες, με ξύλινο σκελετό και κεραμίδια					
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια	1200	2	0,52	0,038
2	διάκενο αέρα (ξύλινος σκελετός)		4		0,160
3	ξύλινο καδρόνι	600	6	0,14	0,429
4	στεγανοποίηση	1390	0,1	0,17	0,006
5	πέτσωμα	600	2	0,14	0,143
6	αμείβων	600	13	0,14	0,929
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,10		0,04		1,705	
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{III} (W/m^2K)$				0,542	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,444 W/m^2K$ και $U_{II}=0,421 W/m^2K$ αντίστοιχα.

Όταν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες, μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή και στη συνέχεια, πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από τους επιμέρους συντελεστές θερμοπερατότητας που έχουν υπολογισθεί όπως παραπάνω στις διατομές I, II και III με τη διαφορά ότι για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στη διατομή III δεν υπολογίζεται το καδρόνι καθώς στη θέση αυτού βρίσκεται το μονωτικό υλικό.



Σχήμα 4.3.60α: Πλάγια τομή της οροφής Ο60 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.60β: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο60 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο61

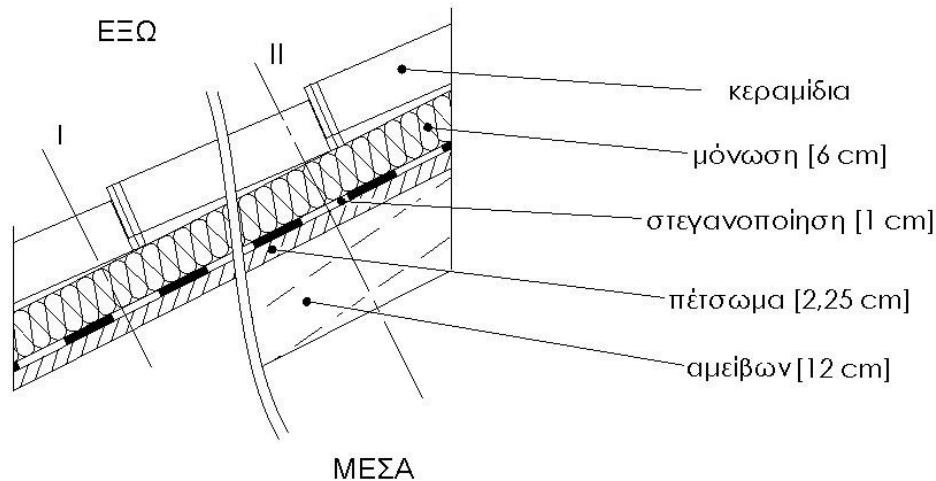
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 2,25cm που τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες πάχους 12cm. Πάνω από το πέτσωμα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τέλος, για την τελική επικάλυψη της στέγης τοποθετούνται κεραμίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 22,25cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

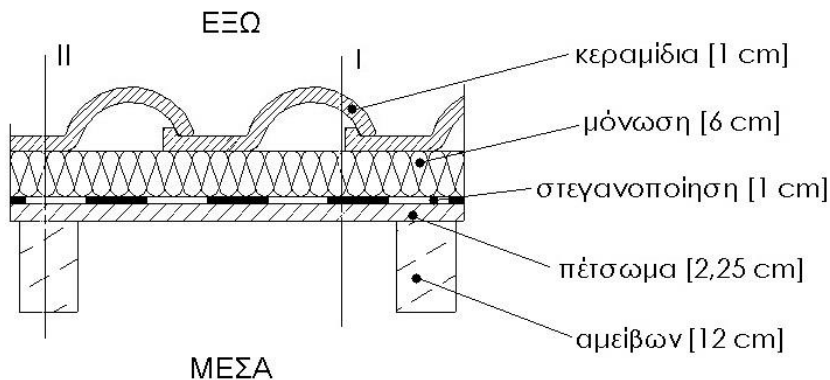
Πίνακας 4.3.61: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο61

Ο61 Ξύλινη στέγη αντεστραμμένου τύπου με θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	κεραμίδια	1200	1	1	0,52	0,019	0,019
2	μόνωση	28	6	6	0,033	1,818	1,818
3	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
4	πέτσωμα	600	2,25	2,25	0,14	0,161	0,161
5	αμείβων	600	-	12	0,14	-	0,857
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,042		2,899	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,458		0,329	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και II θα ισούται με $U_i=0,470 W/m^2K$ και $U_{ii}=0,335 W/m^2K$ αντίστοιχα.



Σχήμα 4.3.61α: Πλάγια τομή της οροφής Ο61 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.61β: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο61 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο62

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από πλάκες μοριοσανίδας (πέτσωμα) πάχους 2,8cm που τοποθετούνται κάτω από τους αμείβοντες πάχους 12cm. Στα διάκενα μεταξύ των αμειβόντων τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 8cm. Επάνω από τους αμείβοντες τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής πάχους 0,2cm. Στη συνέχεια, πάνω από τη μεμβράνη και τους αμείβοντες στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήγεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Με τον τρόπο αυτό και βάση της λειτουργίας της μεμβράνης δημιουργούνται δύο ανεξάρτητες ζώνες αερισμού, μεταξύ του μονωτικού υλικού και της μεμβράνης και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 23cm.

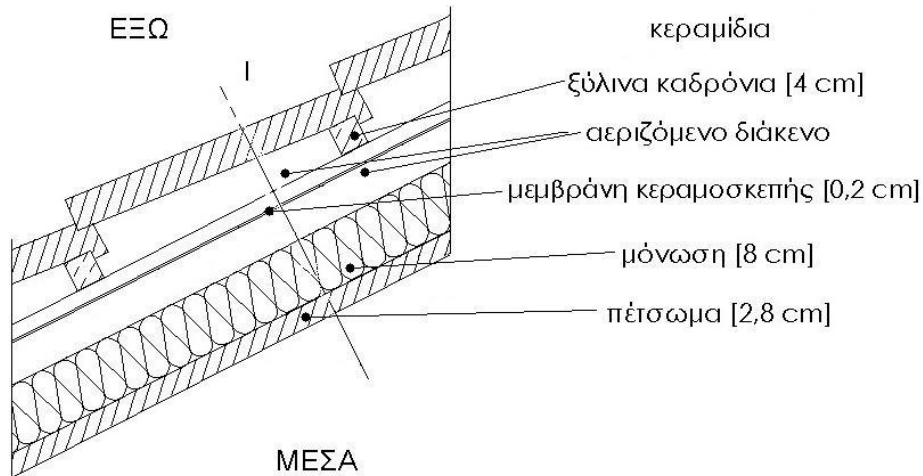
Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.62: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής Ο62

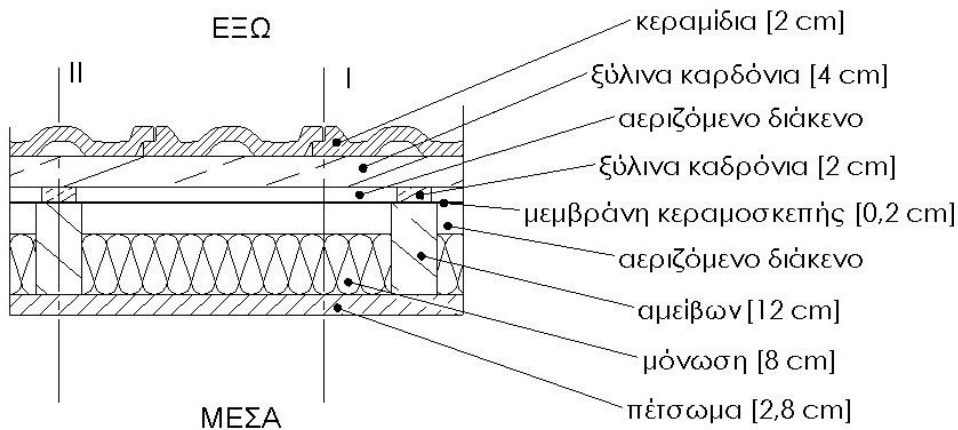
Ο62 Αεριζόμενη ξύλινη στέγη με θερμομονωτική στρώση 8cm ανάμεσα στους αμείβοντες							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ(kg/m ³)	d _I (cm)	d _{II} (cm)	λ(W/mK)	R _I (m ² K/W)	R _{II} (m ² K/W)
1	κεραμίδια		2	2		-	-
2	ξύλινα καδρόνια		4	4		-	-
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		2	2		-	-
4	μεμβράνη κεραμοσκεπής		0,2	0,2		-	-
5	αεριζόμενο διάκενο		4	-		-	-
6	αμείβων	600	-	12	0,14	-	0,857
7	μόνωση		8	-	0,033	2,424	-
8	πέτσωμα (μοριοσανίδα)	900	2,8	2,8	0,18	0,156	0,156
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης				Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R _I (m ² K/W)		R _{II} (m ² K/W)	
0,10		0,10*		2,580		1,013	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				U _I (W/m ² K)		U _{II} (W/m ² K)	
				0,360		0,825	

*Τα διάκενα αέρα μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και της μεμβράνης της κεραμοσκεπής και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενα. Για αυτό η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου θεωρείται ίση με R_i= R_δ. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου δεν λαμβάνονται υπόψη 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.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,033W/mK. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,034W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με U_I=0,369 W/m²K. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,038W/mK ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με U_I=0,406 W/m²K.



Σχήμα 4.3.62α: Πλάγια τομή της οροφής Ο62 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.62β: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο62 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο63

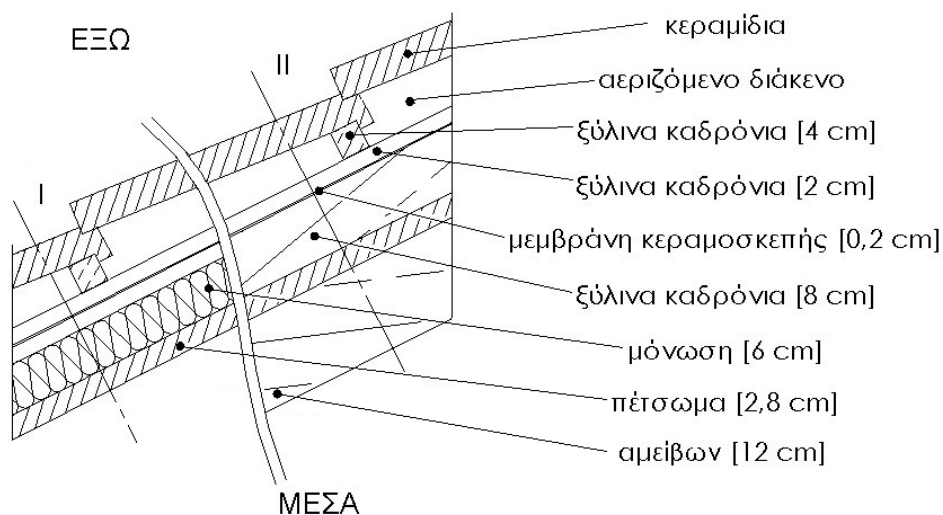
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από πλάκες μοριοσανίδας (πέτσωμα) πάχους 2,8cm που τοποθετούνται πάνω από τους αμείβοντες πάχους 12cm. Πάνω από το πέτσωμα διαμορφώνεται κάναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος τουλάχιστον 2cm μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού. Στη συνέχεια, τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής πάχους 0,2cm. Πάνω από τη μεμβράνη και τα καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήγεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Με τον τρόπο αυτό και βάση της λειτουργίας της μεμβράνης δημιουργούνται δύο ανεξάρτητες ζώνες αερισμού, μεταξύ του μονωτικού υλικού και της μεμβράνης και μεταξύ της μεμβράνης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 31cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητάς της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

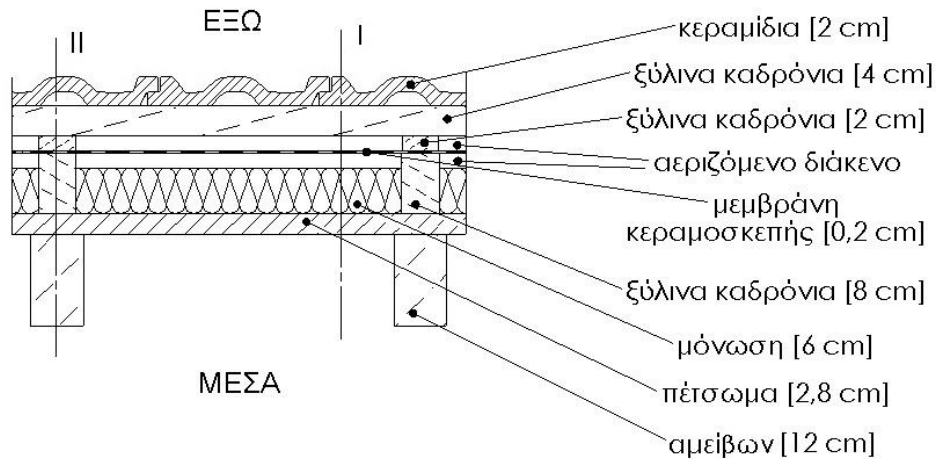
Πίνακας 4.3.63: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O63

O63 Αεριζόμενη ξύλινη στέγη με θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d_I(\text{cm})$	$d_{II}(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$	$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμίδια		2	2			
2	ξύλινα καδρόνια		4	4			
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		2	2			
4	μεμβράνη κεραμοσκεπής		0,2	0,2			
5	αεριζόμενο διάκενο		2	-			
6	ξύλινα καδρόνια	600	-	8	0,14	-	0,571
7	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
8	πέτσωμα (μορισσανίδα)	900	2,8	2,8	0,18	0,156	0,156
9	αμείβων	600	-	12	0,14	-	0,857
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_I(\text{m}^2\text{K/W})$		$R_{II}(\text{m}^2\text{K/W})$	
0,10		0,10		1,974		1,584	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				$U_I(\text{W/m}^2\text{K})$		$U_{II}(\text{W/m}^2\text{K})$	
				0,460		0,560	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με $U_I=0,472\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με $U_I=0,517\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.63α: Πλάγια τομή της οροφής O63 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.63β: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο63 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο64

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως αντεστραμμένη στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30° . Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 2cm που τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες πάχους 12cm. Πάνω από το πέτσωμα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάνναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος 4cm μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 38,5cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

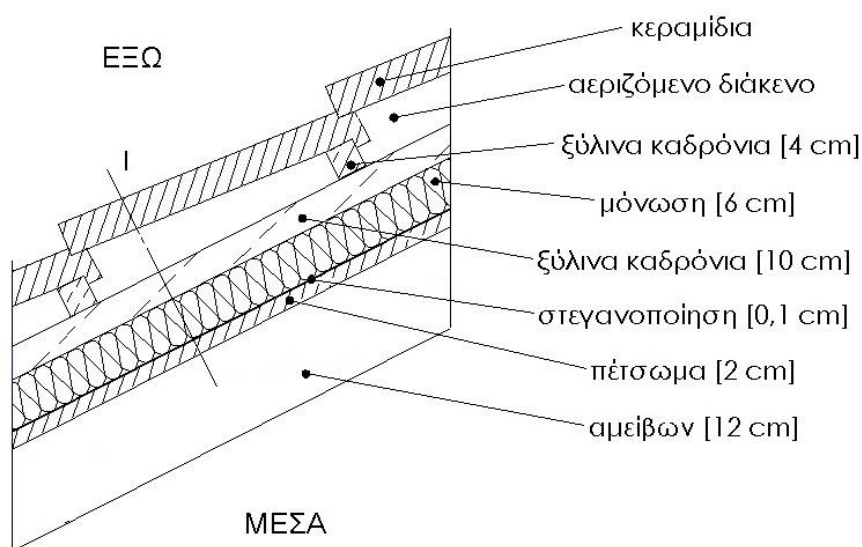
Πίνακας 4.3.64: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο64

Ο64 Αεριζόμενη ξύλινη στέγη αντεστραμμένου τύπου με θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ (kg/m ³)	d_I (cm)	d_{II} (cm)	λ (W/mK)	R_I (m ² K/W)	R_{II} (m ² K/W)
1	κεραμίδια		2	2			
2	ξύλινα καδρόνια		4	4			
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινα καδρόνια)		4	4			
4	μόνωση		6	-	0,033	1,818	-
5	ξύλινο καδρόνι		-	10	0,14	-	0,714
6	στεγανοποίηση	1390	0,1	0,1	0,17	0,006	0,006
7	πέτσωμα	600	2	2	0,14	0,143	0,143
8	αμείβων	600	-	12	0,14	-	0,857
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m ² K/W)		R_a (m ² K/W)		R_I (m ² K/W)		R_{II} (m ² K/W)	
0,10		0,10*		1,967		1,720	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				U_I (W/m ² K)		U_{II} (W/m ² K)	
				0,461		0,521	

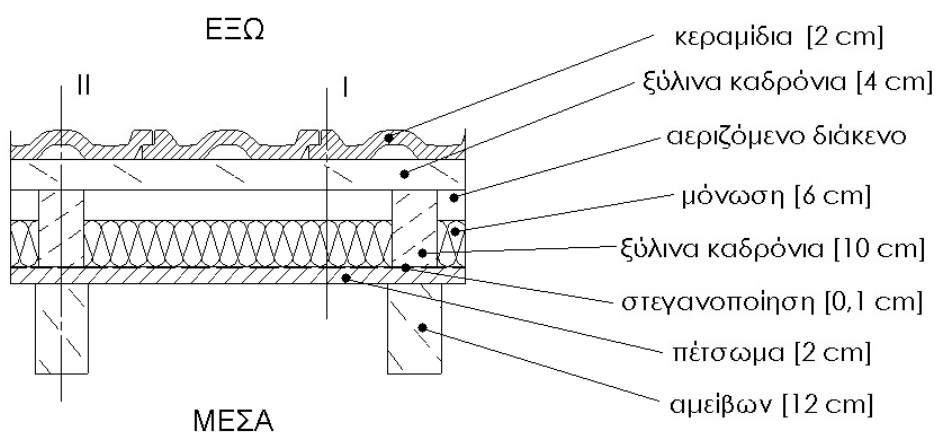
*Το διάκενο αέρα μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Για αυτό η θερμική αντίσταση του διακένου θεωρείται ίση με $R_i = R_o$. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου δεν λαμβάνονται υπόψη οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου μεταξύ του διακένου και του εξωτερικού περιβάλλοντος και ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εξωτερική πλευρά θεωρείται αυτό του διακένου.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με $U_i=0,465\text{ W/m}^2\text{K}$.

Αν ως θερμομονωτικό υλικό επιλεγούν πλάκες μονωτικού υλικού με διαμορφωμένες άκρες μπορούν να τοποθετηθούν κατευθείαν πάνω στην κατασκευή. Έτσι, πάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετούνται οι κατακόρυφοι και οριζόντιοι πήχεις για την διαμόρφωση του διακένου αερισμού και για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με τον συντελεστή της στέγης στη διατομή I.



Σχήμα 4.3.64α: Πλάγια τομή της οροφής Ο64 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.64β: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο64 υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο65α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 2,5cm που τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες πάχους 12cm. Πάνω στο πέτσωμα διαμορφώνεται κάναβος από οριζόντια ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm. Πάνω από τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό, τοποθετείται μια δεύτερη στρώση ξύλινου υποστρώματος (πέτσωμα) πάχους 2,5cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Στη συνέχεια, τοποθετούνται κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια πάχους 4cm για τη δημιουργία του αεριζόμενου διακένου. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 34cm.

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.65α1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m^2K), της οροφής Ο65α

Ο65α	Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες				
Διατομή I					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμίδια		2		
2	ξύλινα καδρόνια		4		
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4		
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
6	μόνωση		6	0,033	1,818
7	ξύλινο καδρόνι	600	-	0,14	-
8	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
9	αμείβων	600	-	0,14	-
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,10	0,10*	2,219			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m^2K)			0,413		

Πίνακας 4.3.65α2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{II} (W/m^2K), της οροφής Ο65α

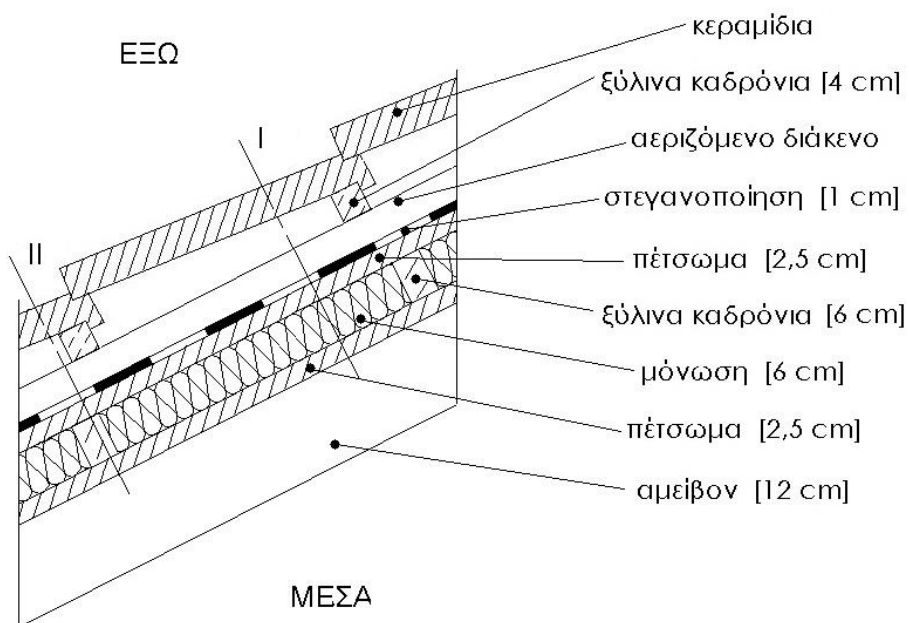
Ο65α		Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες			
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια		2		
2	ξύλινα καδρόνια		4		
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4		
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
6	μόνωση		-	0,033	-
7	ξύλινο καδρόνι	600	6	0,14	0,429
8	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
9	αμείβων	600	-	0,14	-
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,10*		0,829	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{II} (W/m^2K)				0,972	

Πίνακας 4.3.65α3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής Ο65α

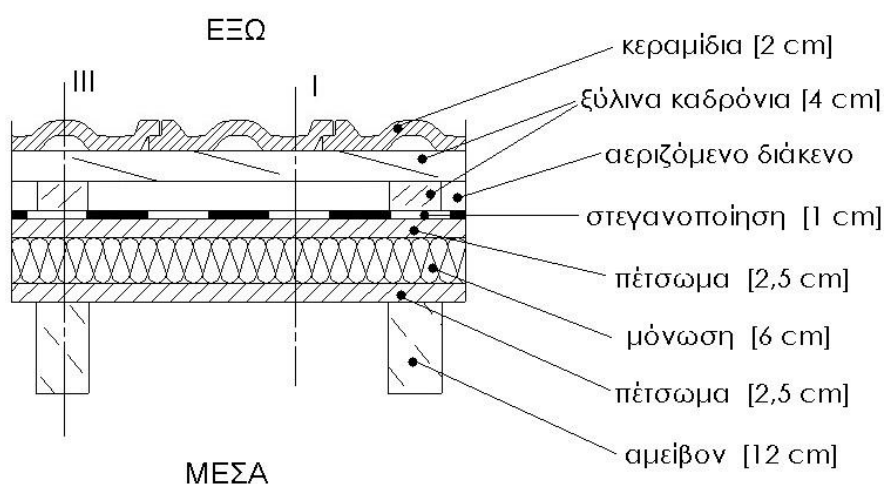
Ο65α		Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες			
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια		2		
2	ξύλινα καδρόνια		4		
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4		
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
6	μόνωση		6	0,033	1,818
7	ξύλινο καδρόνι	600	-	0,14	-
8	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
9	αμείβων	600	12	0,14	0,857
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,10*		3,076	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				0,305	

*Το διάκενο αέρα μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Για αυτό η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου θεωρείται ίση με $R_i = R_δ$. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου U δεν λαμβάνονται υπόψη 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.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III στους παραπάνω πίνακες χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III αντίστοιχα θα ισούται με $U_i=0,423\text{ W/m}^2\text{K}$ και $U_{iii}=0,310\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.3.65α1: Πλάγια τομή της οροφής O65a υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.65α2: Κατά μήκος τομή της οροφής O65a υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο65β

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο65α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από το πέτσωμα και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή (>5gr/m³).

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I, II και III της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.65β1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i (W/m²K), της οροφής Ο65β

Ο65β					
Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με φράγμα υδρατμών και θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες					
Διατομή I					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m ³)	d(cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	κεραμίδια		2		
2	ξύλινα καδρόνια		4		
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4		
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
6	μόνωση		6	0,038	1,579
7	ξύλινο καδρόνι	600	-	0,14	-
8	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
9	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
10	αμείβων	600	-	0,14	-
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)	R_a (m ² K/W)	R (m ² K/W)			
0,10	0,10	1,997			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_i (W/m ² K)				0,455	

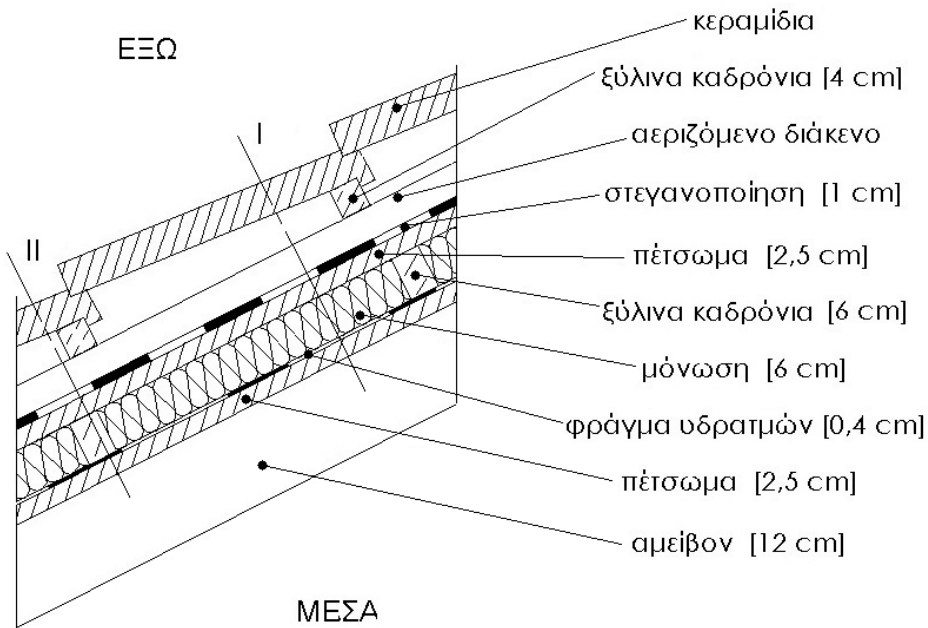
Πίνακας 4.3.65β2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{II} (W/m^2K), της οροφής Ο65β

Ο65β					
Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με φράγμα υδρατμών και θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες					
Διατομή II					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια		2		
2	ξύλινα καδρόνια		4		
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4		
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
6	μόνωση		-	0,038	-
7	ξύλινο καδρόνι	600	6	0,14	0,429
8	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
9	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
10	αμείβων	600	-	0,14	-
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,10		0,847	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{II} (W/m^2K)				0,955	

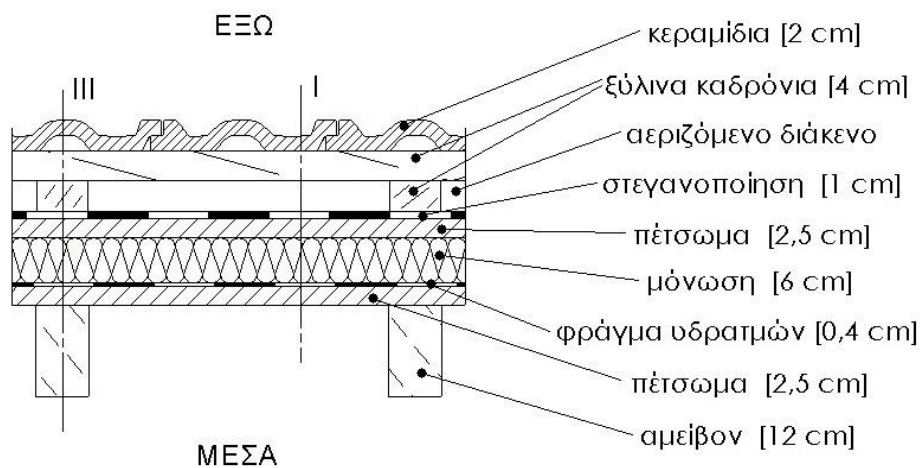
Πίνακας 4.3.65β3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{III} (W/m^2K), της οροφής Ο65β

Ο65β					
Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με φράγμα υδρατμών και θερμομονωτική στρώση 6cm πάνω από τους αμείβοντες					
Διατομή III					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	R(m^2K/W)
1	κεραμίδια		2		
2	ξύλινα καδρόνια		4		
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4		
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
6	μόνωση		6	0,038	1,579
7	ξύλινο καδρόνι	600	-	0,14	-
8	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,23	0,017
9	πέτσωμα	600	2,5	0,14	0,179
10	αμείβων	600	12	0,14	0,857
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,10		2,854	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_{III} (W/m^2K)				0,327	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III στους παραπάνω πίνακες χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III θα ισούται με $U_i=0,420\text{ W/m}^2\text{K}$ και $U_i=0,309\text{ W/m}^2\text{K}$, αντίστοιχα. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στις διατομές I και III θα ισούται με $U_i=0,410\text{ W/m}^2\text{K}$ και $U_i=0,304\text{ W/m}^2\text{K}$, αντίστοιχα.



Σχήμα 4.3.65β1: Πλάγια τομή της οροφής Ο65β υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.65β2: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο65β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο66α

Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Η κλίση της οροφής θεωρείται μικρότερη των 30°. Κατασκευάζεται με βάση το ξύλο, δηλαδή από ένα ξύλινο υπόστρωμα, το πέτσωμα πάχους 2,5cm που τοποθετείται κάτω από τους αμείβοντες πάχους 12cm. Στα διάκενα μεταξύ των αμειβόντων τοποθετείται σε δύο στρώσεις το θερμομονωτικό υλικό συνολικού πάχους 12cm. Στη συνέχεια, πάνω στους αμείβοντες τοποθετείται ένα δεύτερο ξύλινο υπόστρωμα πάχους 2,5cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες. Πάνω από τη στρώση αυτή τοποθετούνται κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια πάχους 4cm για τη δημιουργία του αεριζόμενου διακένου. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήγχεις (τεγίδες) για την αγκύρωση των κεραμιδιών πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 38,5cm.

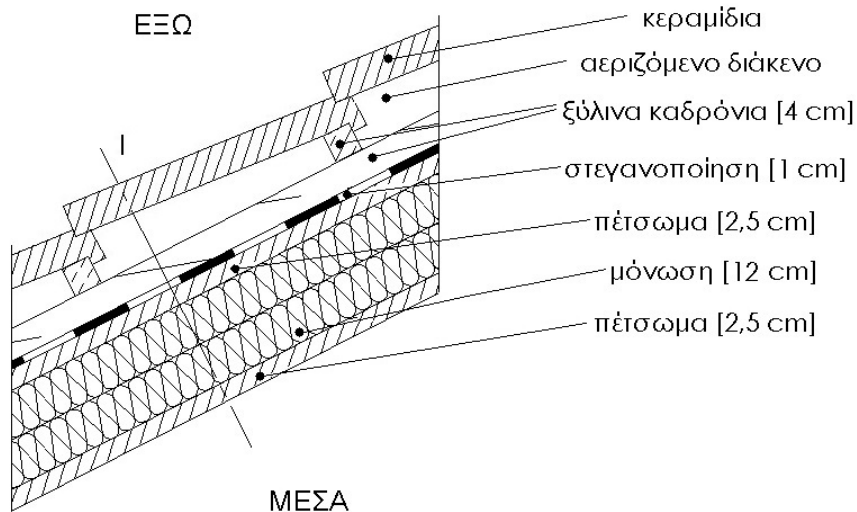
Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.3.66α: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο66α

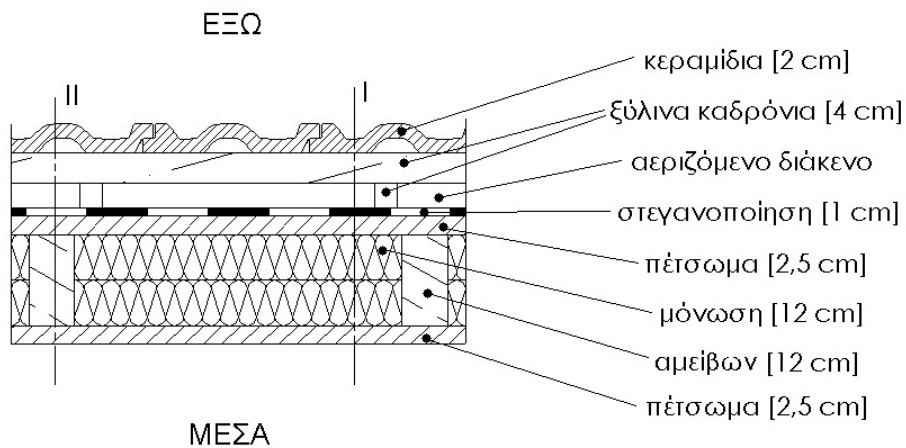
Ο66α							
Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομονωτική στρώση 12cm ανάμεσα στους αμείβοντες							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	κεραμίδια		2	2			
2	ξύλινα καδρόνια		4	4			
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4	4			
4	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	2,5	0,14	0,179	0,179
6	μόνωση		12	-	0,033	3,636	-
7	αμείβων	600	-	12	0,14	-	0,857
8	πέτσωμα	600	2,5	2,5	0,14	0,179	0,179
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,10		0,10*		4,037		1,258	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,236		0,686	

*Τα διάκενα αέρα μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενα. Για αυτό η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου θεωρείται ίση με $R_i = R_\delta$. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου U δεν λαμβάνονται υπόψη 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.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με $U_I=0,242 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.66α1: Πλάγια τομή της οροφής Ο66α υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.3.66α2: Κατά μήκος τομή της οροφής Ο66α υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ Ο66β

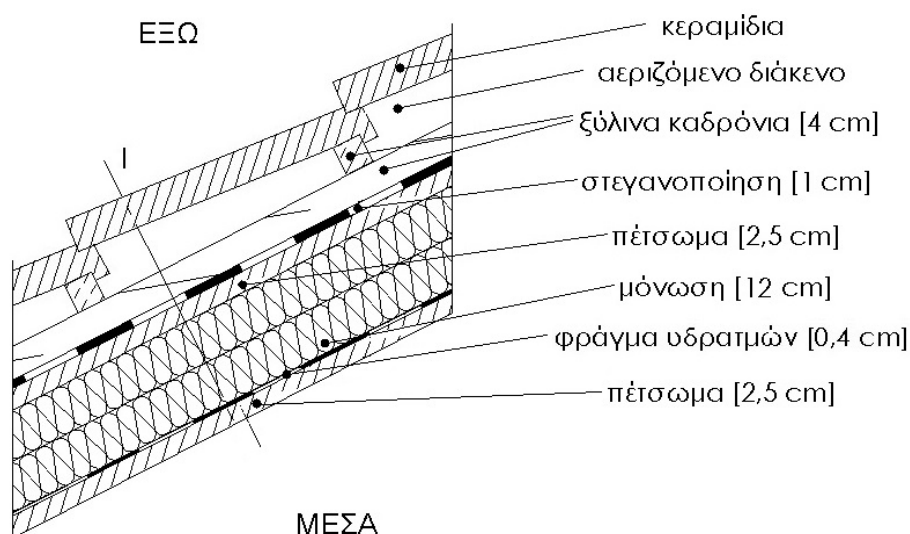
Η οροφή είναι κεκλιμένη εξωτερική με θερμομόνωση, χαρακτηρίζεται και ως συμβατική στέγη. Κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο με την οροφή Ο66α, με τη διαφορά ότι προστίθεται στρώση φράγματος υδρατμών πάχους 0,4cm πάνω από το πέτσωμα και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό. Η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών είναι υποχρεωτική όταν το θερμομονωτικό υλικό είναι ινώδες καθώς και όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι υψηλή ($>5\text{gr/m}^3$).

Η στέγη αυτή αποτελεί σύνθετο δομικό στοιχείο καθώς κατασκευάζεται από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II της στέγης, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας της μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

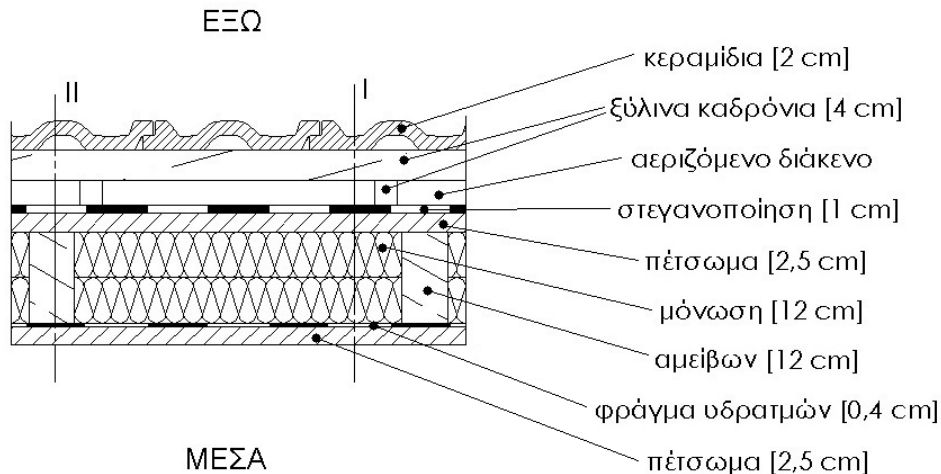
Πίνακας 4.3.66β: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο66β

Ο66β Αεριζόμενη ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με φράγμα υδρατμών και θερμομονωτική στρώση 12cm ανάμεσα στους αμείβοντες							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότη α	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	κεραμίδια		2	2			
2	ξύλινα καδρόνια		4	4			
3	αεριζόμενο διάκενο (ξύλινος σκελετός)		4	4			
4	στεγανοποίηση	1100	1	1	0,23	0,043	0,043
5	πέτσωμα	600	2,5	2,5	0,14	0,179	0,179
6	μόνωση		12	-	0,038	3,158	0,000
7	αμείβων	600	-	12	0,14	0,000	0,857
8	φράγμα υδρατμών	1100	0,4	0,4	0,23	0,017	0,017
9	πέτσωμα	600	2,5	2,5	0,14	0,179	0,179
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,10		0,10		3,576		1,275	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,265		0,678	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με $U_i=0,241 W/m^2K$. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στη διατομή I θα ισούται με $U_i=0,235 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.66β1: Πλάγια τομή της οροφής Ο66β υπό κλίμακα 1:10



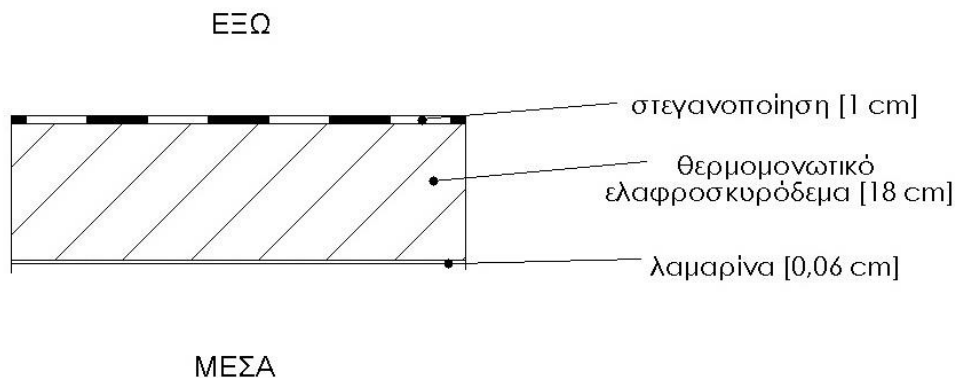
Σχήμα 4.3.66β2: Κατά μήκος τομή της οροφής O66β υπό κλίμακα 1:10

ΟΡΟΦΗ O67

Η οροφή είναι εξωτερική μεταλλική και μπορεί να κατασκευάζεται οριζόντια ή κεκλιμένη. Ο φέρων οργανισμός της οροφής αποτελείται από φύλλο λαμαρίνας πάχους 0,06 cm το οποίο στερεώνεται πάνω σε μεταλλικές δοκούς. Πάνω από τη λαμαρίνα διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 18cm το οποίο προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 19,06cm.

Πίνακας 4.3.67: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), της οροφής O67

O67 Μεταλλική οροφή με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 18cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
2	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	200	18	0,065	2,769
3	λαμαρίνα		0,06	58	0,00001
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,10		0,04		2,813	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,339	



Σχήμα 4.3.67: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής O67 υπό κλίμακα 1:10

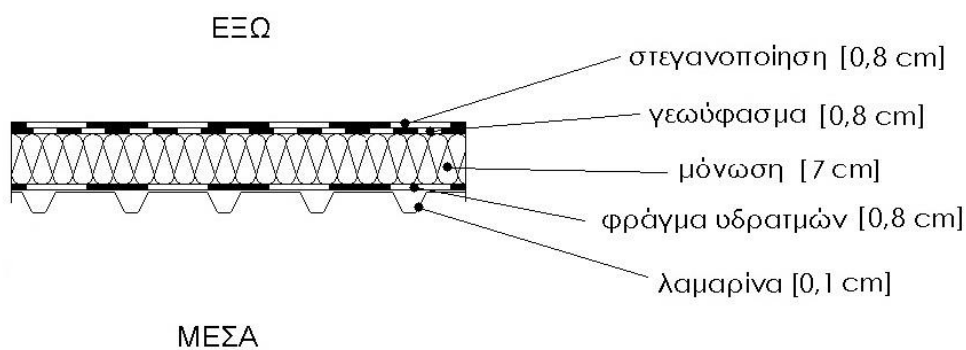
ΟΡΟΦΗ Ο68

Η οροφή είναι εξωτερική κεκλιμένη με θερμομόνωση και χαρακτηρίζεται ως μεταλλική στέγη. Ο φέρων οργανισμός της οροφής αποτελείται από τραπεζοειδή λαμαρίνα πάχους 0,1cm η οποία στερεώνεται πάνω σε μεταλλική κατασκευή. Πάνω από τη λαμαρίνα ακολουθεί το φράγμα υδρατμών πάχους 0,8cm. Στη συνέχεια τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 7cm. Ακολουθεί μια στρώση γεωυφάσματος 0,8cm και πάνω από αυτή η στεγανοποιητική στρώση 0,8cm. Το συνολικό πάχος της στέγης είναι 9,5cm.

Πίνακας 4.3.68: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της οροφής Ο68

Ο68					
Μεταλλική οροφή με θερμομόνωση 7cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m^3)	d (cm)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)
1	στεγανοποίηση	1100	0,8	0,23	0,035
2	γεωύφασμα	100	0,8	0,04	0,200
3	μόνωση		7	0,033	2,121
4	φράγμα υδρατμών	1100	0,8	0,23	0,035
5	λαμαρίνα		0,1	58	0,00002
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,10		0,04		2,391	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,395	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,405 W/m^2K$. Στην περίπτωση που ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα ισούται με $U=0,454 W/m^2K$.



Σχήμα 4.3.68: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής της οροφής Ο68 υπό κλίμακα 1:10

4.4 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U, και περιγραφή τυπικών δαπέδων

➤ Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)

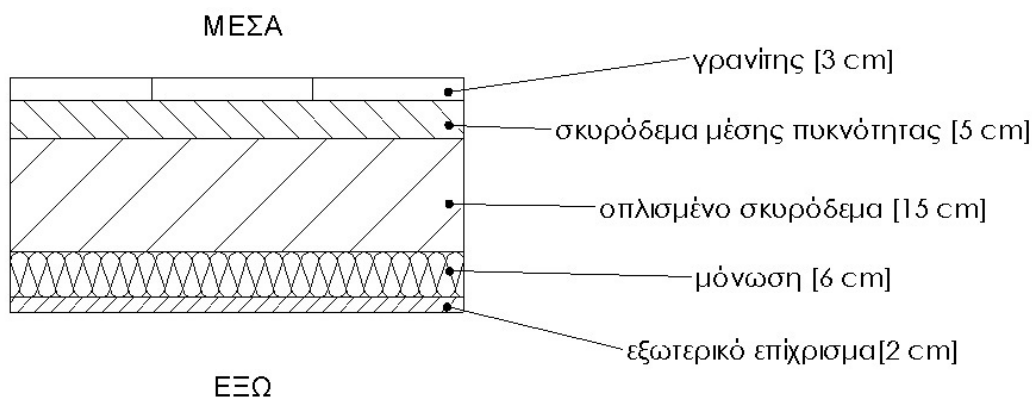
ΔΑΠΕΔΟ Δ1

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm και κάτω από αυτήν τοποθετείται το μονωτικό υλικό σε πάχος 6cm. Το μονωτικό υλικό επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 5cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από γρανίτη πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 31cm.

Πίνακας 4.4.1: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ1

Δ1 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εξωτερική θερμομόνωση 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	γρανίτης	2600	3	2,8	0,011
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	5	1,35	0,037
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
4	μόνωση		6	0,033	1,818
5	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,17		0,04		1,949	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,463	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,487 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,498 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.1: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ1 υπό κλίμακα 1:10

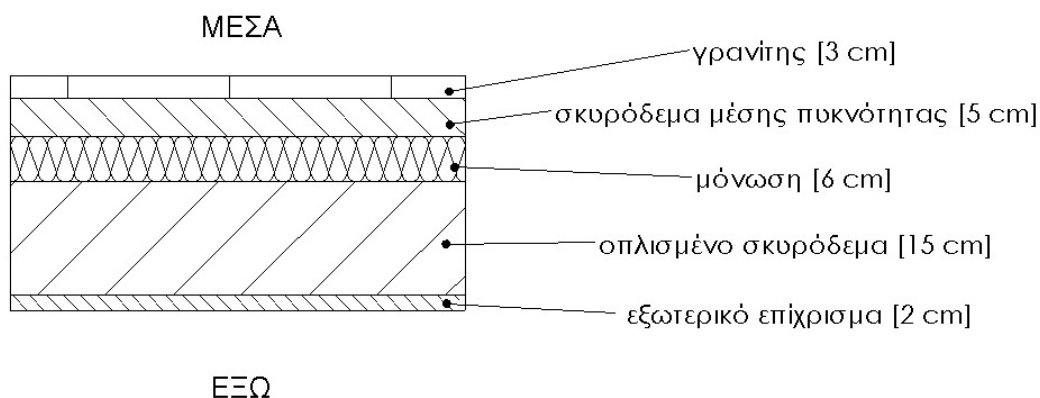
ΔΑΠΕΔΟ Δ2

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm η οποία στην εξωτερική της πλευρά επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 6 cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 5cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από γρανίτη πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 31cm.

Πίνακας 4.4.2: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ2

Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εσωτερική θερμομόνωση 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	γρανίτης	2600	3	2,8	0,011
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	5	1,35	0,037
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
5	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,04		1,949	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,463	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,487 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,532 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.2: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ2 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ3

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από μάρμαρο πάχους 3cm. Στην εξωτερική πλευρά του δαπέδου, κάτω από την φέρουσα πλάκα στερεώνονται ξύλινα καδρόνια. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των ξύλινων καδρονιών τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm. Τέλος, τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό επενδύονται από μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 1,25cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 34,25cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.3: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ3

Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	μάρμαρο	2800	3	3	3,5	0,009	0,009
2	κισηρόδεμα	500	10	10	0,2	0,500	0,500
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,5	0,060	0,060
4	μόνωση		5	-	0,033	1,515	-
5	ξύλινο καδρόνι	600	-	5	0,14	-	0,357
6	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0,04		2,143		0,985	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,425		0,837	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,433 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στην διατομή I θα ισούται με $U_I=0,464 W/m^2K$.

Εναλλακτικά, για τη μείωση των θερμογεφύρων, στη θέση των ξύλινων καδρονιών μπορούν να χρησιμοποιούνται κοίλοι ορθογωνικοί μεταλλικοί δοκοί στο εσωτερικό των οποίων μπορούν να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού.

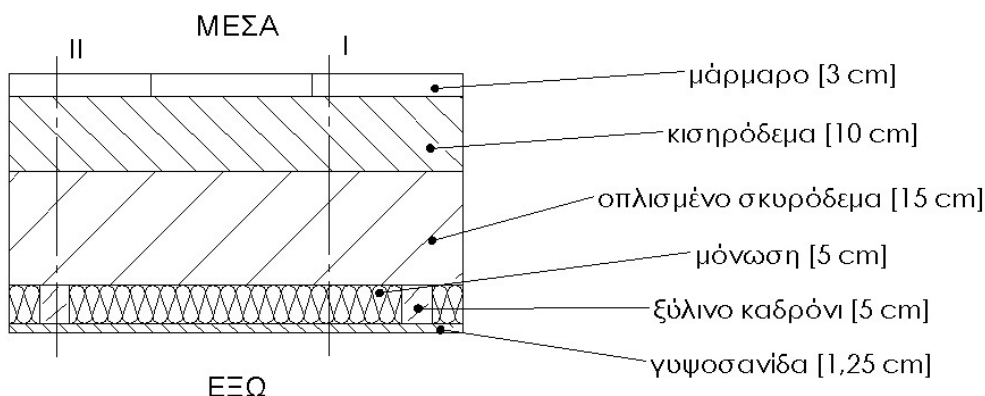
ΔΑΠΕΔΟ Δ4

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm. Κάτω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 9cm, το οποίο στη συνέχεια, επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 4cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από μάρμαρο πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 32,9cm.

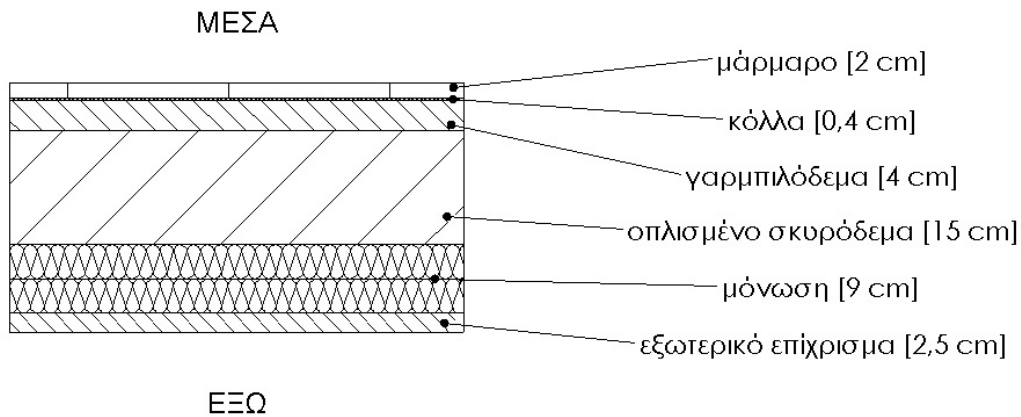
Πίνακας 4.4.4: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ4

Δ4 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εξωτερική θερμομόνωση 9cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	κόλλα		0,4	0,72	0,006
3	γαρμπιλόδεμα	1500	4	0,64	0,063
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
5	μόνωση		9	0,033	2,727
6	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2,5	0,87	0,029
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,04		2,890	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,323	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,340 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,348 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.3: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ3 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.4: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ4 υπό κλίμακα 1:10

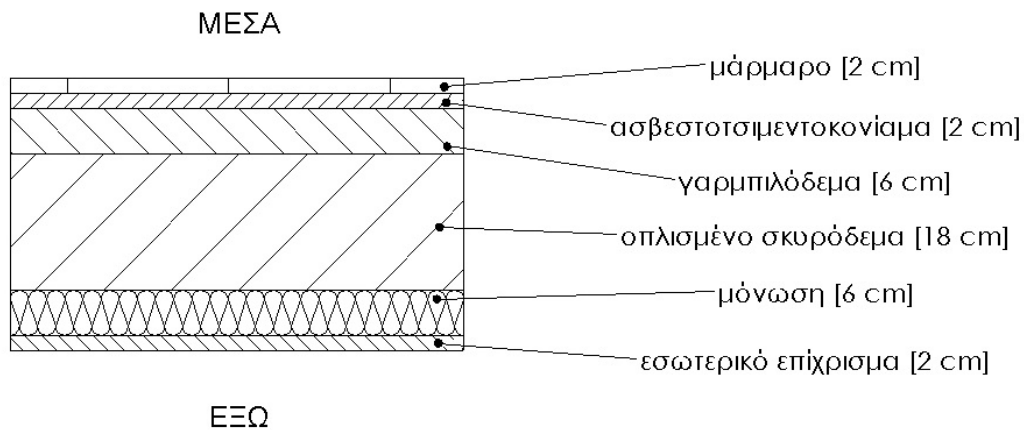
ΔΑΠΕΔΟ Δ5

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 18cm και κάτω από αυτήν τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 6cm. Το μονωτικό υλικό επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμαρίνες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 36cm.

Πίνακας 4.4.5: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ5

Δ5 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm με εξωτερική θερμομόνωση 6cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	0,64	0,094
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	18	2,03	0,089
5	μόνωση		6	0,033	1,818
6	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,17		0,04		2,052	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,442	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,463 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,474 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.5: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ5 υπό κλίμακα 1:10

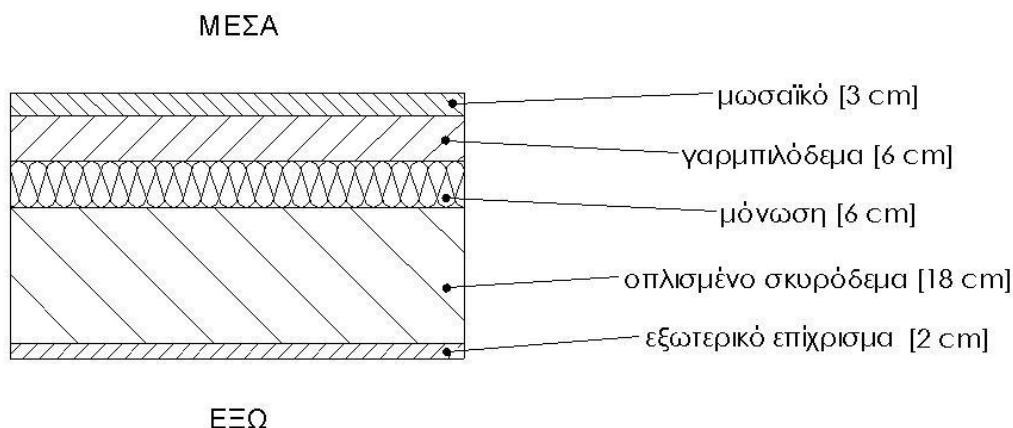
ΔΑΠΕΔΟ Δ6

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 18cm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Στην εσωτερική πλευρά της φέρουσας πλάκας τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 6cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ως τελική επίστρωση του δαπέδου τοποθετείται μωσαϊκό με πάχος 3cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 35cm.

Πίνακας 4.4.6: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ6

Δ6	Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυροδέμα 18cm με εσωτερική θερμομόνωση 6cm και τελική επίστρωση από μωσαϊκό 3cm				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μωσαϊκό	1900	3	1,2	0,025
2	γαρμπιλόδεμα	1500	6	0,64	0,094
3	μόνωση		6	0,033	1,818
4	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	18	2,03	0,089
5	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,04		2,049	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,443	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,464 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,505 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.6: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ6 υπό κλίμακα 1:10

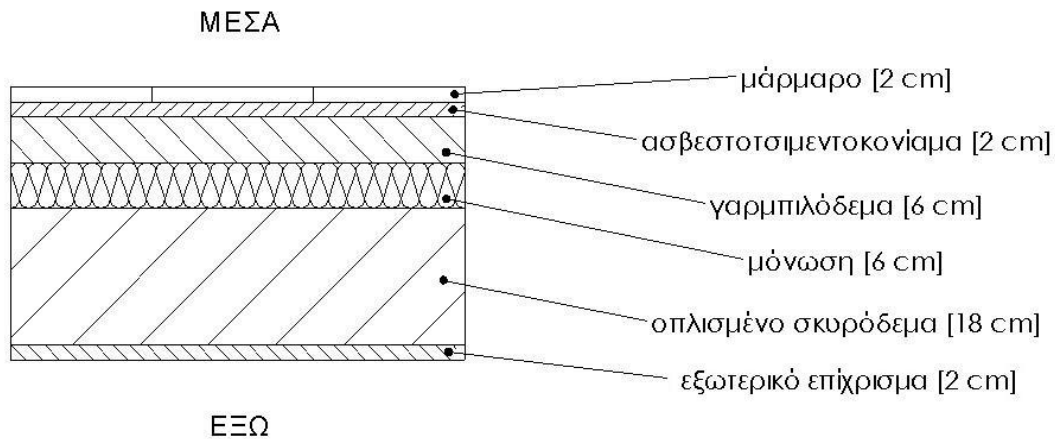
ΔΑΠΕΔΟ Δ7

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 18cm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Στην εσωτερική πλευρά της φέρουσας πλάκας τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 6cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμαρίνες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 36cm.

Πίνακας 4.4.7: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ7

Δ7	Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυροδέμα 18cm με εσωτερική θερμομόνωση 6cm				
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	0,64	0,094
4	μόνωση		6	0,033	1,818
5	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	18	2,03	0,089
6	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής	
		R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)	
		0,17	0,04	2,052	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,442	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,463 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,504 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.7: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ7 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ8

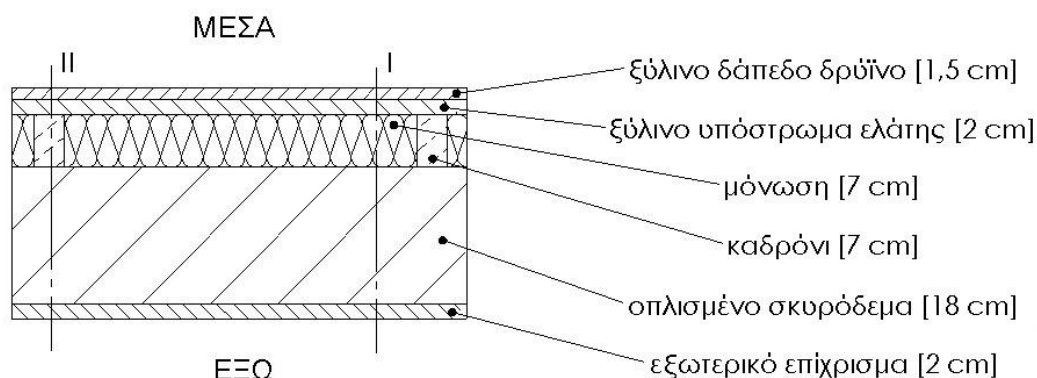
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 18cm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Στην εσωτερική πλευρά της φέρουσας πλάκας τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των δοκών τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 7cm. Στη συνέχεια τοποθετείται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm το οποίο καρφώνεται πάνω στα ξύλινα καδρόνια. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 30,5cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.8: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ8

Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm με εσωτερική θερμομόνωση 7cm και ξύλινη καρφωτή επικάλυψη									
Δ8	ΥΛΙΚΟ		πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II	
A/A			$\rho(kg/m^3)$	$d_I(cm)$	$d_{II}(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R_I(m^2K/W)$	$R_{II}(m^2K/W)$	
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο		800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071	
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης		600	2	2	0,14	0,143	0,143	
3	μόνωση			7	-	0,038	1,842	-	
4	καδρόνι		600	-	7	0,14	-	0,500	
5	οπλισμένο σκυρόδεμα		2400	18	18	2,03	0,089	0,089	
6	εξωτερικό επίχρισμα		1800	2	2	0,87	0,023	0,023	
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής						
$R_i(m^2K/W)$		$R_a(m^2K/W)$		$R_I(m^2K/W)$			$R_{II}(m^2K/W)$		
0,17		0,04		2,168			0,826		
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				$U_I(W/m^2K)$			$U_{II}(W/m^2K)$		
				0,421			0,965		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί πάπλωμα ορυκτοβάμβακα ή υαλοβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,040\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I θα ισούται με $U_I=0,437\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.8: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ8 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ9

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 18cm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Στην εσωτερική πλευρά της φέρουσας πλάκας τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των δοκών τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 7cm. Για την τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 2cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στα ξύλινα καδρόνια. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 29,4cm.

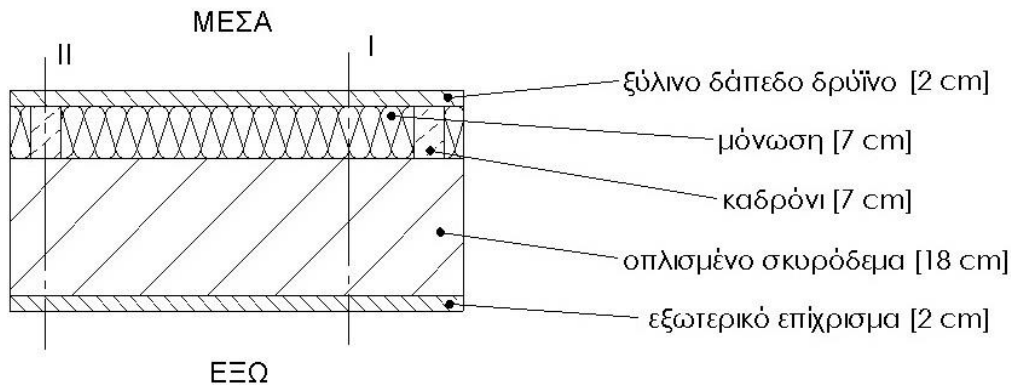
Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.9: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ9

Δ9							
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm με εσωτερική θερμομόνωση 7cm και μονή ξύλινη καρφωτή επικάλυψη							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	2	2	0,21	0,095	0,095
2	μόνωση		7	-	0,037	1,842	-
3	καδρόνι		-	7	0,14	-	0,500
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	18	18	2,03	0,089	0,089
5	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0,04		2,049		0,707	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				U_I ($\text{W/m}^2\text{K}$)		U_{II} ($\text{W/m}^2\text{K}$)	
				0,443		1,091	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

$\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί πάπλωμα ορκοτοβάμβακα ή υαλοβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,040\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I θα ισούται με $U_I=0,461\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.9: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ9 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ10

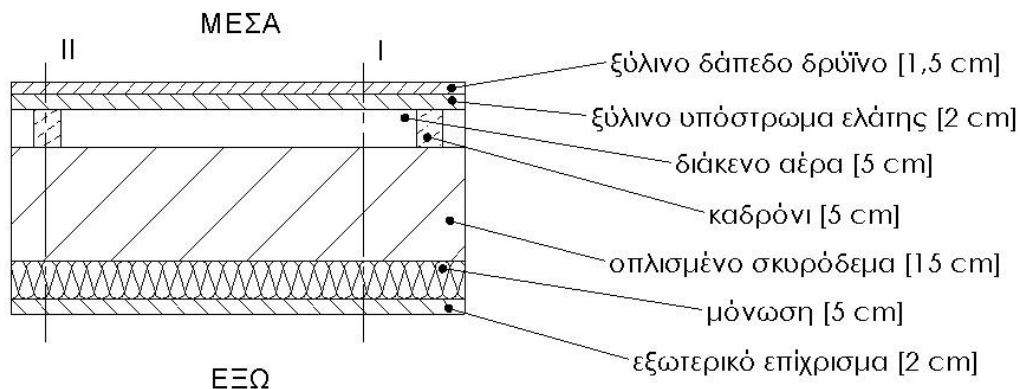
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 15cm και κάτω από αυτήν τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 5cm. Το μονωτικό υλικό επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm, πάνω στα οποία καρφώνεται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το διάκενο αέρα πάχους 5cm που σχηματίζεται μεταξύ της φέρουσας πλάκας και του ξύλινου υποστρώματος είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 27,5cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια μεταξύ των οποίων σχηματίζεται μη αεριζόμενο διάκενο αέρα. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.10: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ10

Δ10	Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με εξωτερική θερμομόνωση 5cm και ξύλινη καρφωτή επικάλυψη						
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα α $\rho(\text{kg/m}^3)$	πάχος I d_I (cm)	πάχος II d_{II} (cm)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	θερμική αντίσταση I R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)	θερμική αντίσταση II R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης	600	2	2	0,14	0,143	0,143
3	διάκενο αέρα		5	-		0,210	-
4	καδρόνι		-	5	0,14	-	0,357
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	15	2,03	0,074	0,074
6	μόνωση		5	5	0,033	1,515	1,515
7	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0,04		2,036		2,183	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				U_I ($\text{W/m}^2\text{K}$)		U_{II} ($\text{W/m}^2\text{K}$)	
				0,445		0,418	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,463\text{ W/m}^2\text{K}$ και $U_{II}=0,433\text{ W/m}^2\text{K}$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,472\text{ W/m}^2\text{K}$ και $U_{II}=0,441\text{ W/m}^2\text{K}$ αντίστοιχα.



Σχήμα 4.4.10: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ10 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ 11

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά και εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 20cm. Η εξωτερική πλευρά της πλάκας επιχρίζεται με θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 3cm, πάνω στο οποίο εφαρμόζεται το τελικό επίχρισμα φινιρίσματος πάχους 0,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 12cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 37cm.

Πίνακας 4.4.11: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ11

Δ11 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 12cm, εξωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα 3cm και επικάλυψη κεραμικών πλακιδίων					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	κόλλα	1800	0,5	0,87	0,006
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	12	0,08	1,500
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	3	0,056	0,536
6	εξωτερικό επίχρισμα (φινιρίσμα)	1800	0,5	0,87	0,006
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0,04		2,151	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,424	

ΔΑΠΕΔΟ Δ12

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά και εξωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm. Η εξωτερική πλευρά της πλάκας επιχρίεται με θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 3cm, πάνω στο οποίο εφαρμόζεται το τελικό επίχρισμα φινιρίσματος πάχους 0,5cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 12cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 39,5cm.

Πίνακας 4.4.12: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ12

A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	12	0,08	1,500
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	θερμομονωτικό επίχρισμα	230	3	0,056	0,536
6	εξωτερικό επίχρισμα (φινίρισμα)	1800	0,5	0,87	0,006
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,04		2,169	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,420	

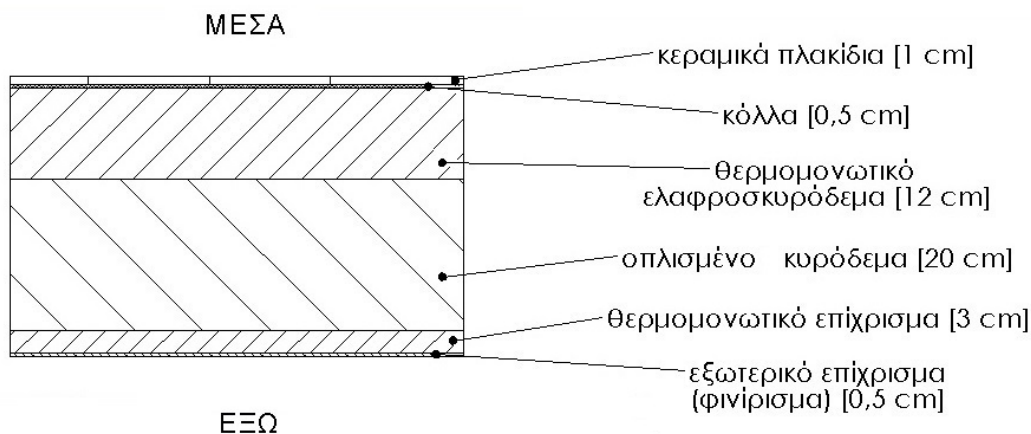
ΔΑΠΕΔΟ Δ13

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εξωτερικά και εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm και κάτω από αυτήν τοποθετείται το μονωτικό υλικό (αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη) με πάχος 5cm. Η θερμομονωτική στρώση επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 6cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ακολουθεί η στρώση από τσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm τα οποία αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 36cm.

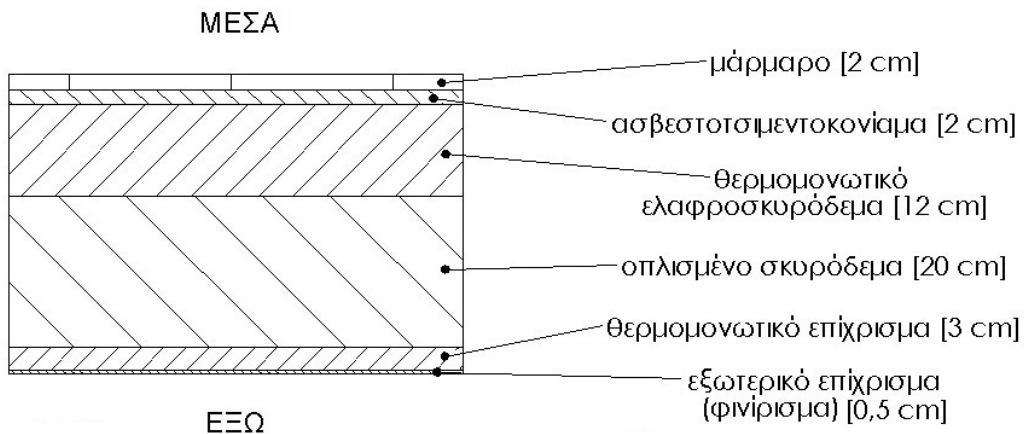
Πίνακας 4.4.13: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του δαπέδου Δ13

Δ13 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 6cm, εξωτερική θερμομόνωση 5cm και επικάλυψη με κεραμικά πλακίδια					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	6	0,08	0,750
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	μόνωση		5	0,033	1,515
6	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (\text{m}^2\text{K/W})$		$R_a (\text{m}^2\text{K/W})$		$R (\text{m}^2\text{K/W})$	
0,17		0,04		2,406	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,382	

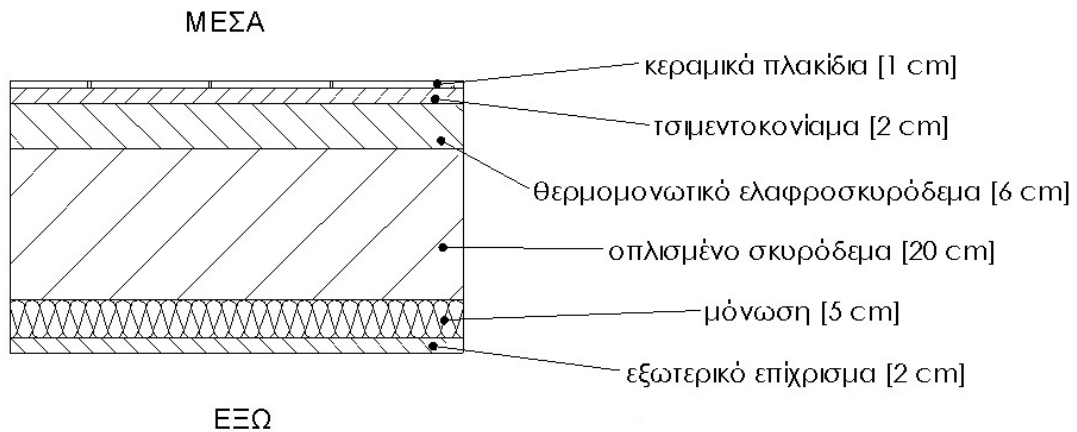
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως ελαφρύ μονωτικό υλικό, το οποίο τοποθετείται κάτω από τη φέρουσα πλάκα, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν στην ίδια θέση ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,395 \text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,402 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.11: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ11 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.12: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ12 υπό κλίμακα 1:10



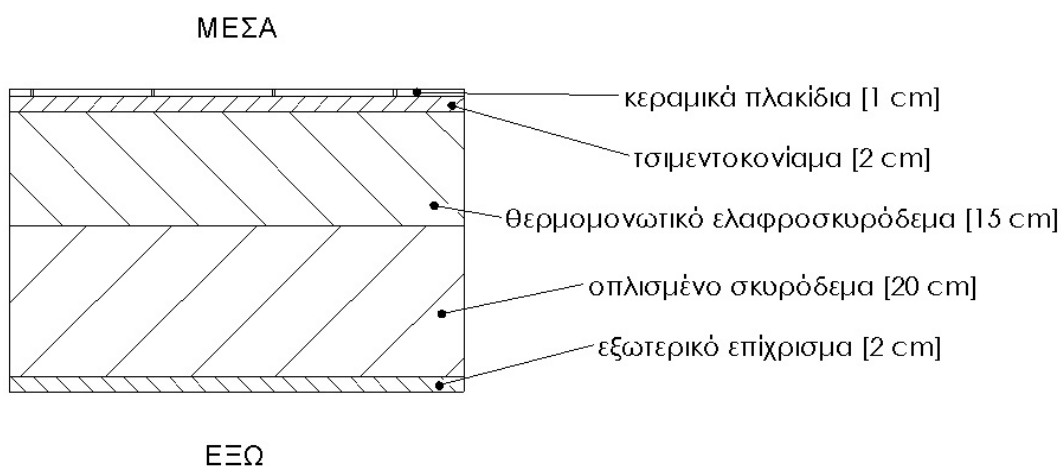
Σχήμα 4.4.13: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ13 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ14

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) και είναι θερμομονωμένο εσωτερικά. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 15cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ακολουθεί η στρώση από τσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm για την επικόλληση της τελικής επίστρωσης του δαπέδου από κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 40cm.

Πίνακας 4.4.14: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ14

Δ14 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 15cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	15	0,08	1,875
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	εξωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,04		2,016	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,449	



Σχήμα 4.4.14: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ14 υπό κλίμακα 1:10

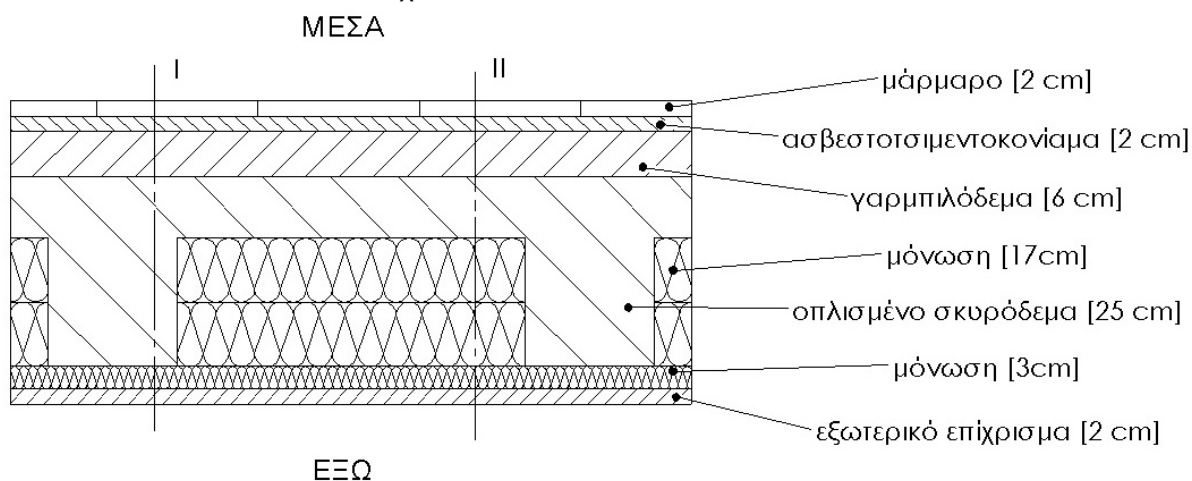
ΔΑΠΕΔΟ Δ15

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή). Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 25cm. Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 17cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση ασβεστοτσιμεντοκονιάματος πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη του δαπέδου χρησιμοποιούνται μαρμάρια πλακίδια πάχους 2cm. Κάτω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται ένα δεύτερο θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm, το οποίο στην συνέχεια επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 40cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.15: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ15

Δ15 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 25cm σε συνδυασμό με εξωτερική θερμομόνωση 3cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		ρ (kg/m ³)	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	λ (W/mK)	R_i (m ² K/W)	R_{ii} (m ² K/W)
1	μάρμαρο	2800	2	2	3,5	0,006	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	6	0,64	0,094	0,094
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	8	2,03	0,123	0,039
5	μόνωση		-	17	0,039	-	4,359
6	μόνωση		3	3	0,033	0,909	0,909
7	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m ² K/W)		R_a (m ² K/W)		R_i (m ² K/W)		R_{ii} (m ² K/W)	
0,17		0,04		1,178		5,453	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				U_i (W/m ² K)		U_{ii} (W/m ² K)	
				0,721		0,177	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό πλήρωσης της δοκιδωτής πλάκας διογκωμένη πολυστερίνη (EPS60) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό, το οποίο τοποθετείται κάτω από τη φέρουσα πλάκα, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν στην ίδια θέση ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_i=0,749 W/m^2K$ και $U_{ii}=0,178 W/m^2K$ αντίστοιχα. Τέλος, στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί στην ίδια θέση ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_i=0,762 W/m^2K$ και $U_{ii}=0,179 W/m^2K$ αντίστοιχα.



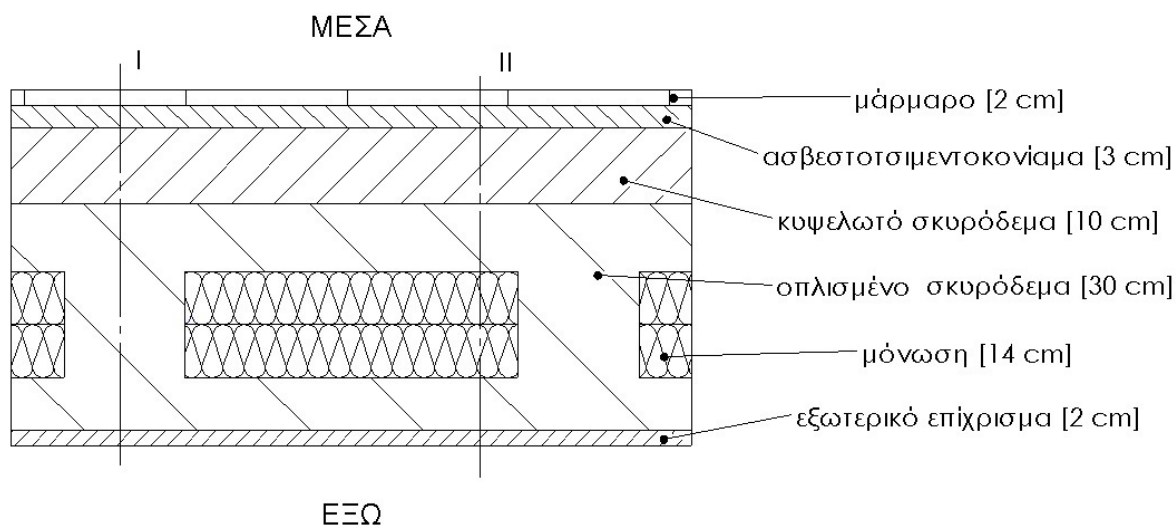
Σχήμα 4.4.15: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ15 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ16

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πilotή). Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 30cm η οποία αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς). Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 14cm. Η φέρουσα πλάκα επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 10cm. Ακολουθεί στρώση ασβεστοτσιμεντοκονιάματος πάχους 3cm. Ως τελική επικάλυψη του δαπέδου χρησιμοποιούνται μαρμάρινα πλακίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 47cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.16: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ16

Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 30cm (πλάκα σάντουιτς)							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	μάρμαρο	2800	2	2	3,5	0,006	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	3	3	0,87	0,034	0,034
3	κυψελωτό σκυρόδεμα	500	10	10	0,19	0,526	0,526
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	9	2,03	0,148	0,044
5	μόνωση		-	14	0,039	-	3,590
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	-	7	2,03	-	0,034
7	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,17		0,04		0,737		4,258	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				1,056		0,224	



Σχήμα 4.4.16: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ16 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ17

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή). Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 30cm η οποία αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς). Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 14cm. Η φέρουσα πλάκα επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται ένα δεύτερο θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm. Στη συνέχεια, διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση ασβεστοσιμεντοκονιάματος πάχους 3cm. Ως τελική επικάλυψη του δαπέδου χρησιμοποιούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 44cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.17: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ17

Δ17 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 30cm (πλάκα σάντουιτς) σε συνδυασμό με εσωτερική θερμομόνωση 3cm							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1	1,84	0,005	0,005
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	6	0,64	0,094	0,094
4	μόνωση		3	3	0,033	0,909	0,909
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	9	2,03	0,148	0,044
6	μόνωση		-	14	0,039	-	3,590
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	-	7	2,03	-	0,034
8	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,17		0,04		1,202		4,723	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,708		0,203	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό πλήρωσης της δοκιδωτής πλάκας διογκωμένη πολυστερίνη (EPS60) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό, το οποίο τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν στην ίδια θέση ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_i=0,735 W/m^2K$ και $U_{ii}=0,205 W/m^2K$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί στην ίδια θέση ως μονωτικό υλικό σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_i=0,786 W/m^2K$ και $U_{ii}=0,209 W/m^2K$ αντίστοιχα.

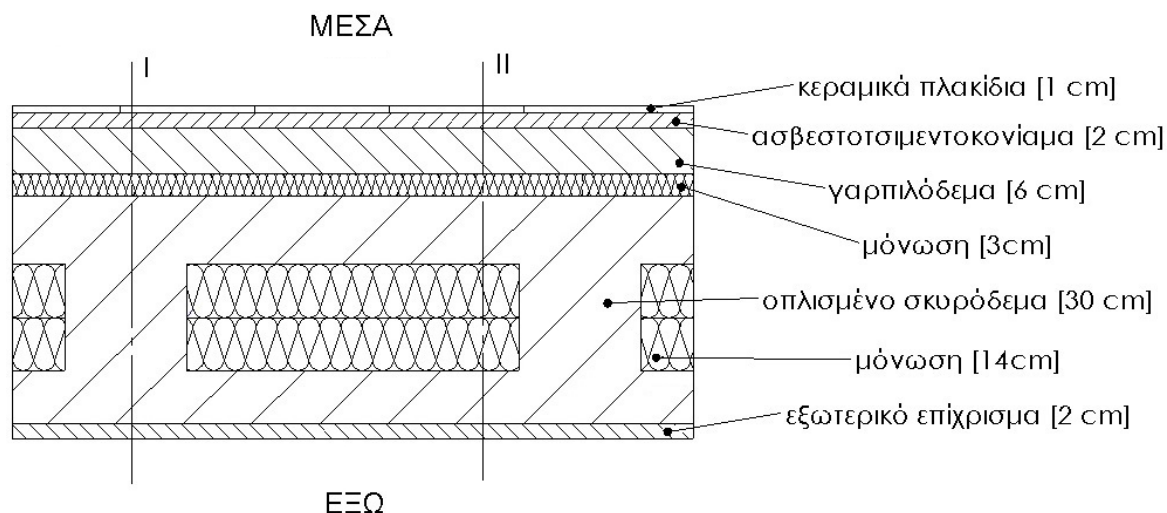
ΔΑΠΕΔΟ Δ18

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή). Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 30cm η οποία αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς). Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 14cm. Η φέρουσα πλάκα επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των δοκών τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 7cm. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 2cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στα ξύλινα καδρόνια. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 41,4cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

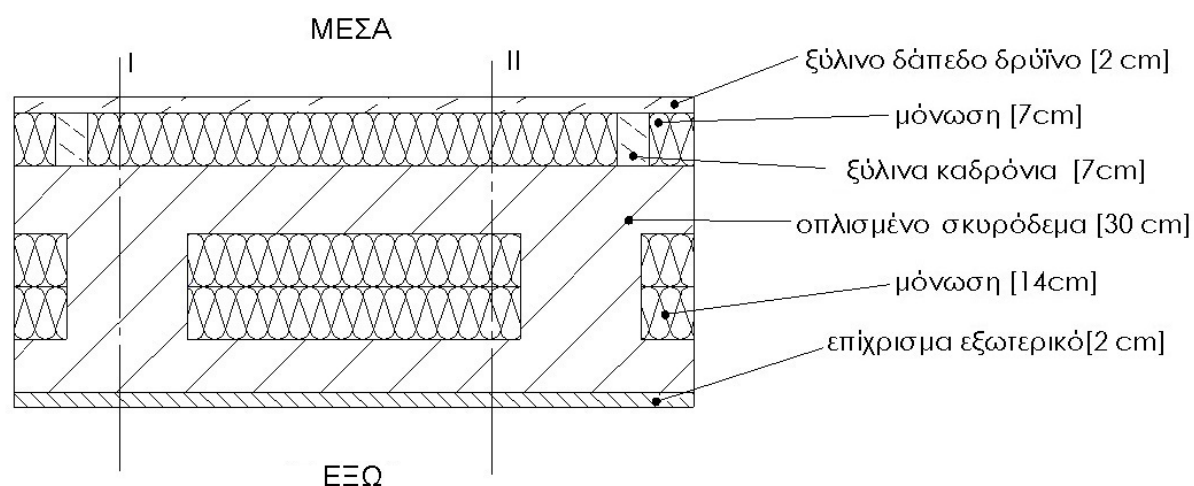
Πίνακας 4.4.18: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ18

Δ18 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 30cm (πλάκα σάντουιτς) σε συνδυασμό με εσωτερική θερμομόνωση 7cm και ξύλινο καρφωτό δάπεδο							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	2	2	0,21	0,095	0,095
2	μόνωση		7	7	0,038	1,842	1,842
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	9	2,03	0,148	0,044
4	μόνωση		-	14	0,039	-	3,590
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	-	7	2,03	-	0,034
6	επίχρισμα εξωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,17		0,04		2,108		6,157	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				0,431		0,157	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό πλήρωσης της δοκιδωτής πλάκας διογκωμένη πολυστερίνη (EPS60) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό, το οποίο τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα και ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια, μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν στην ίδια θέση ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί πάπλωμα ορυκτοβάμβακα ή υαλοβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,040W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_i=0,449 W/m^2K$ και $U_{ii}=0,159 W/m^2K$ αντίστοιχα.



Σχήμα 4.4.17: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ17 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.18: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ18 υπό κλίμακα 1:10

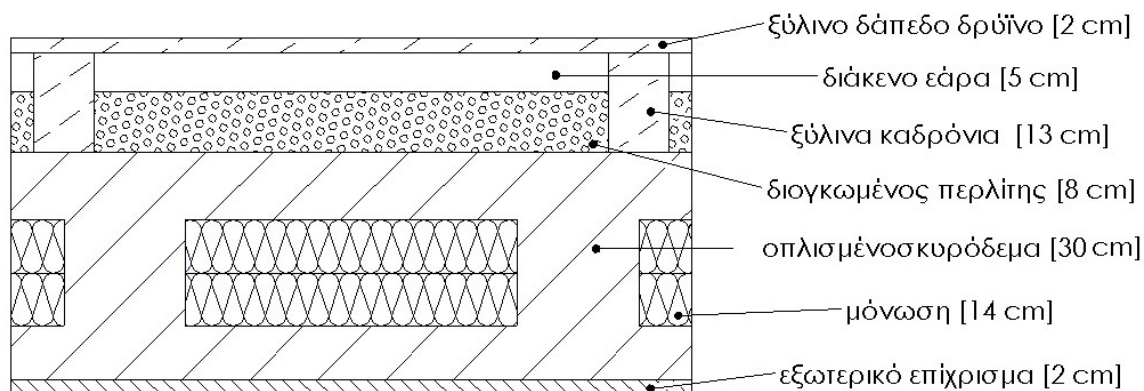
ΔΑΠΕΔΟ Δ19

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή). Κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) συνολικού πάχους 30cm η οποία αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς). Στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων τοποθετείται μονωτικό υλικό (διογκωμένη πολυστερίνη EPS60) σε πάχος 14cm. Η φέρουσα πλάκα επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί). Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των δοκών τοποθετείται διογκωμένος περλίτης σε πάχος 8cm. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 2cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στα ξύλινα καδρόνια. Το διάκενο αέρα πάχους 5cm που σχηματίζεται μεταξύ της στρώσης του περλίτη και του ξύλινου παρκέτου είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 47cm. Η δοκιδωτή πλάκα αποτελεί σύνθετο δομικό υλικό και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.19: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ19

Δ19 Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 30cm (πλάκα σάντουιτς) σε συνδυασμό με εσωτερική θερμομόνωση 8cm και ξύλινο καρφωτό δάπεδο							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύϊνο	800	2	2	0,21	0,095	0,095
2	διάκενο αέρα		5	5		0,210	0,210
3	διογκωμένος περλίτης		8	8	0,07	1,143	1,143
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	30	9	2,03	0,148	0,044
5	διογκωμένη πολυστερίνη		-	14	0,039	-	3,590
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	-	7	2,03	-	0,034
7	επίχρισμα εσωτερικό	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0,04		1,619		5,140	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,547		0,187	

ΜΕΣΑ



ΕΞΩ

Σχήμα 4.4.19: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ19 υπό κλίμακα 1:10

➤ **Δάπεδα επάνω από κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους**

ΔΑΠΕΔΟ Δ20

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 5cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από μάρμαρο πάχους 3cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 30cm.

Πίνακας 4.4.20: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του δαπέδου Δ20

Δ20 Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 10cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	μάρμαρο	2800	3	3,5	0,009
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	10	1,35	0,074
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
4	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,17		0,17		0,166	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				1,978	

ΔΑΠΕΔΟ Δ21

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από την φέρουσα πλάκα τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 4cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας πάχους 10cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από μάρμαρο πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 34cm.

Πίνακας 4.4.21: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του δαπέδου Δ21

Δ21 Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με θερμομόνωση 4cm και σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 10cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ(kg/m ³)	d(cm)	λ(W/mK)	R(m ² K/W)
1	μάρμαρο	2800	3	3,5	0,009
2	σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας	2000	10	1,35	0,074
3	μόνωση		4	0,033	1,212
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
5	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R _i (m ² K/W)		R _a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,17		0,17		1,378	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,582	

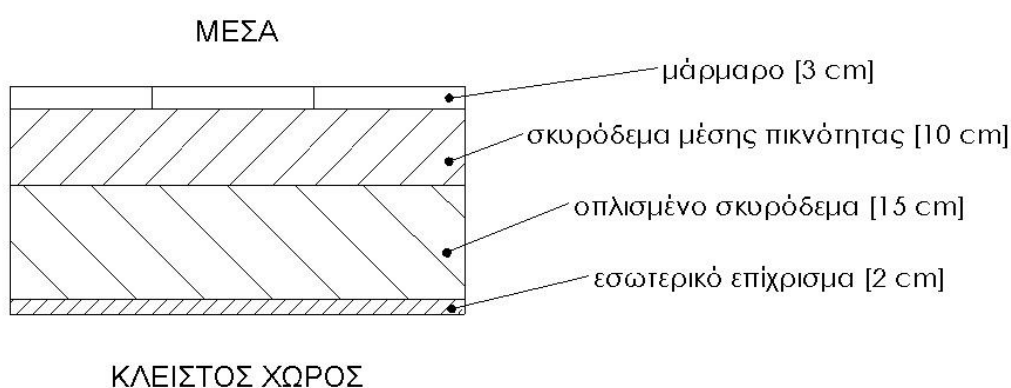
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,607\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,653\text{ W/m}^2\text{K}$.

ΔΑΠΕΔΟ Δ22

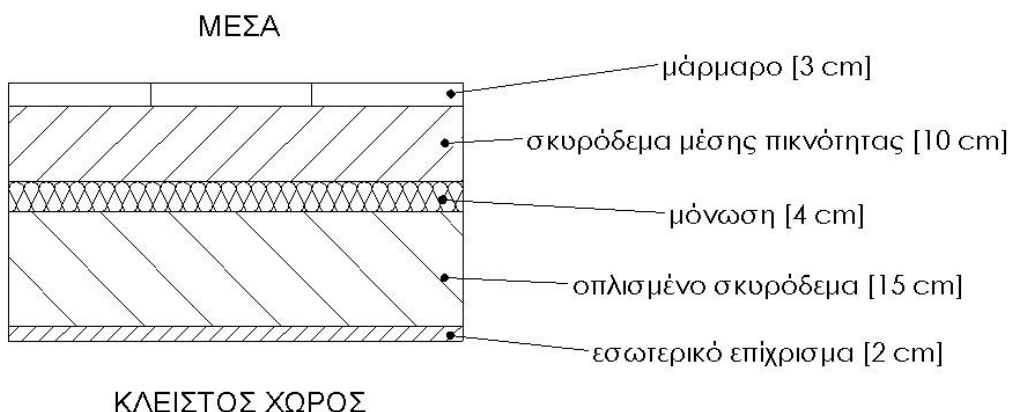
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από μάρμαρο πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 30cm.

Πίνακας 4.4.22: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ22

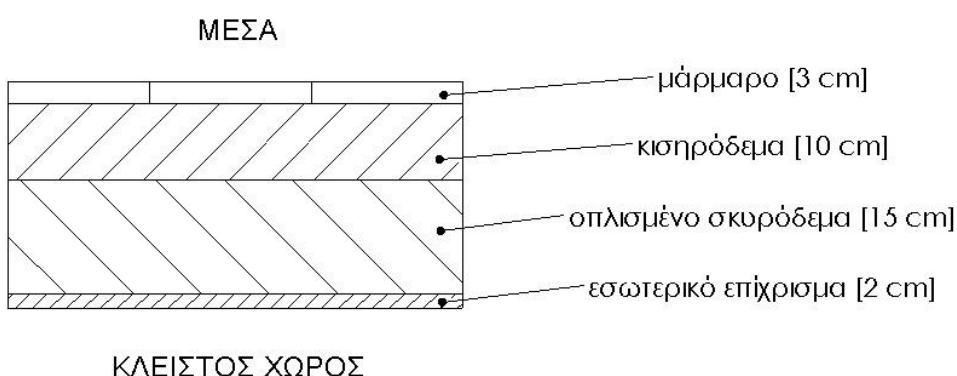
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm και κισηρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	μάρμαρο	2800	3	3,5	0,009
2	κισηρόδεμα	500	10	0,2	0,500
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
4	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0,17		0,592	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				1,073	



Σχήμα 4.4.20: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ20 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.21: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ21 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.22: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ22 υπό κλίμακα 1:10

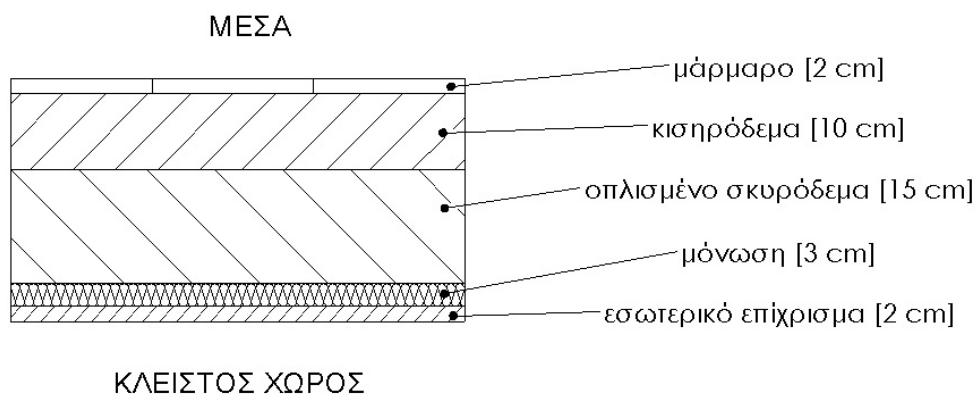
ΔΑΠΕΔΟ Δ23

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (με 2% χάλυβα) πάχους 15cm. Κάτω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm το οποίο στη συνέχεια στην κάτω πλευρά του επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από την πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται κισηρόδεμα πάχους 10cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται πλάκες από μάρμαρο πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 32,5cm.

Πίνακας 4.4.23: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ23

Δ23 Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με κισηρόδεμα 10cm και εξωτερική θερμομόνωση 3cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	κισηρόδεμα	500	10	0,2	0,500
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
4	μόνωση		3	0,033	0,909
5	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,17		1,498	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,544	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,560\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,568\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.23: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ23 υπό κλίμακα 1:10

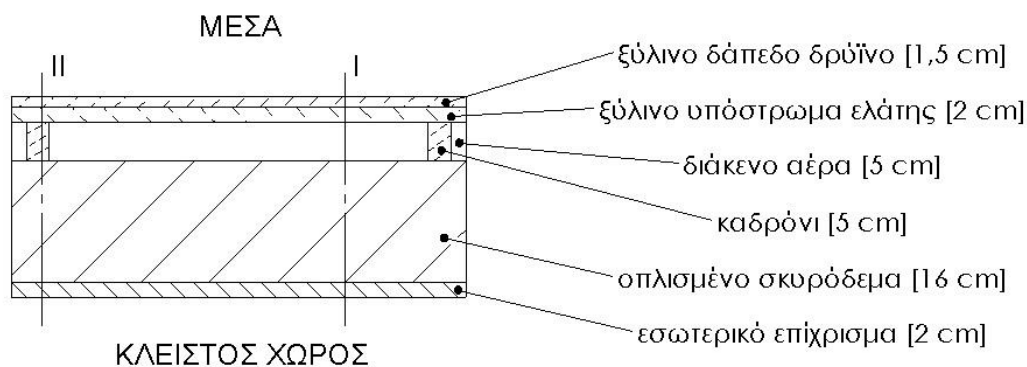
ΔΑΠΕΔΟ Δ24

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 16cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm, πάνω στα οποία καρφώνεται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το διάκενο αέρα πάχους 5cm που σχηματίζεται μεταξύ της φέρουσας πλάκας και του ξύλινου υποστρώματος είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 26,5cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια μεταξύ των οποίων σχηματίζεται μη αεριζόμενο διάκενο αέρα. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.24: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ24

Δ24 Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm και ξύλινη καρφωτή επικάλυψη							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_i (m^2K/W)	R_{ii} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης	600	2	2	0,14	0,143	0,143
3	διάκενο αέρα		5	-		0,210	-
4	καδρόνι		-	5	0,14	-	0,357
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	16	2,03	0,079	0,079
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{ii} (m^2K/W)	
0,17		0,17		0,526		0,673	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_i (W/m^2K)		U_{ii} (W/m^2K)	
				1,155		0,987	



Σχήμα 4.4.24: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ24 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ25

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 16cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm, πάνω στα οποία καρφώνεται το ξύλινο παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 2cm. Το διάκενο αέρα πάχους 5cm που σχηματίζεται μεταξύ της φέρουσας πλάκας και του ξύλινου παρκέτου είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 25cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια μεταξύ των οποίων σχηματίζεται μη αεριζόμενο διάκενο αέρα. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.25: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ25

Δ25	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm και μονή ξύλινη καρφωτή επικάλυψη						
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	2	2	0,21	0,095	0,095
2	διάκενο αέρα		5	-		0,210	-
3	καδρόνι		-	5	0,14	-	0,357
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	16	2,03	0,079	0,079
5	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0,17		0,407		0,554	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				1,339		1,118	

ΔΑΠΕΔΟ Δ26

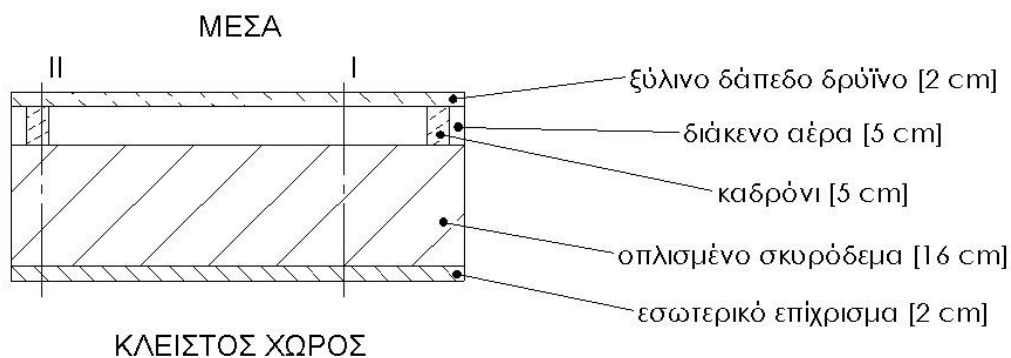
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 16cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm \times 7cm. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των δοκών τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 5cm. Στη συνέχεια τοποθετείται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm το οποίο καρφώνεται πάνω στα ξύλινα καδρόνια. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 26,5cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

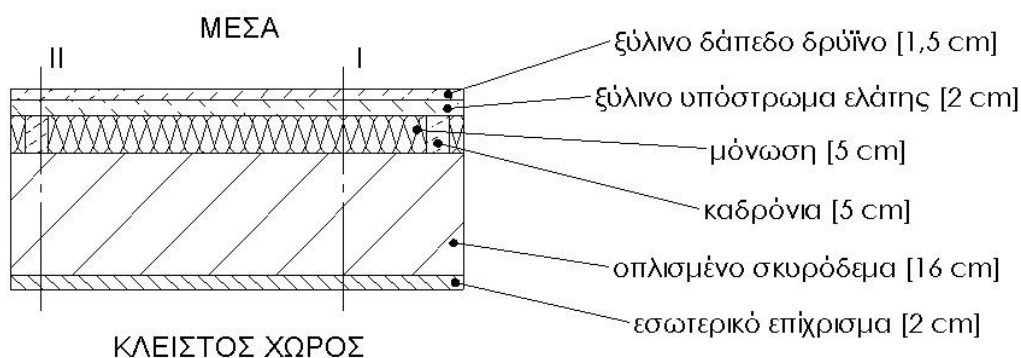
Πίνακας 4.4.26: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ26

Δ26	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm, με θερμομόνωση 5cm και ξύλινη καρφωτή επικάλυψη						
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης	600	2	2	0,14	0,143	0,143
3	μόνωση		5	-	0,037	1,316	-
4	καδρόνι		-	5	0,14	-	0,357
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	16	2,03	0,079	0,079
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0,17		1,632		0,673	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,507		0,987	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί πάπλωμα ορυκτοβάμβακα ή υαλοβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,040\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I θα ισούται με $U_I=0,525\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.25: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ25 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.26: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ26 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ27

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 16cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται περλιτόδεμα πάχους 10cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 32cm.

Πίνακας 4.4.27: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ27

Δ27	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm και περλιτόδεμα 10cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	περλιτόδεμα	500	10	0,16	0,625
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	2,03	0,079
5	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,17		0,756	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,913	

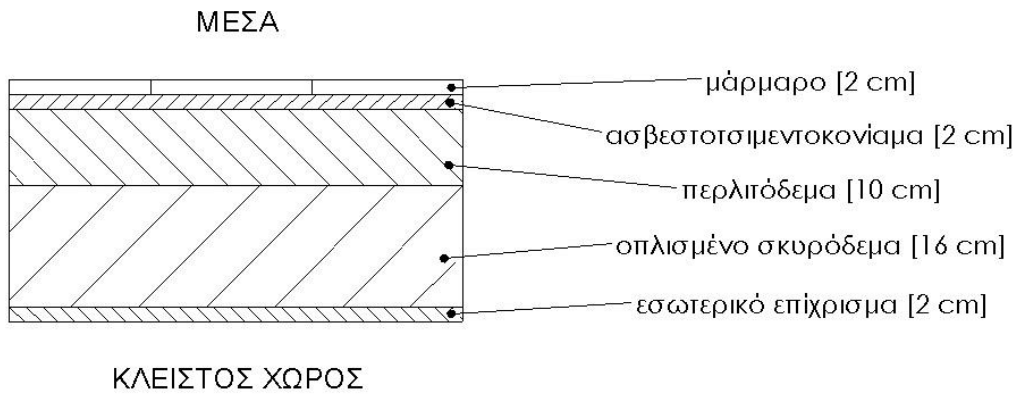
ΔΑΠΕΔΟ Δ28

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 16cm. Στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm, το οποίο στη συνέχεια, επιχρίζεται στην κάτω πλευρά του με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται περλιτόδεμα πάχους 10cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 35cm.

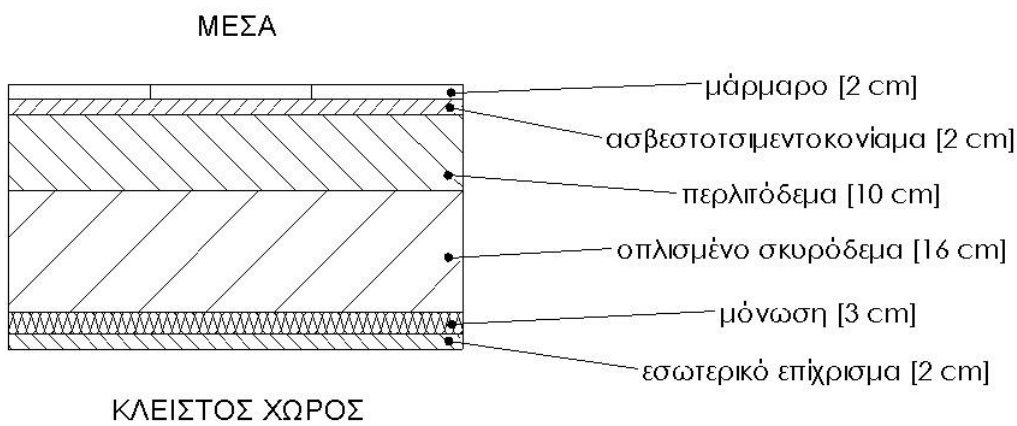
Πίνακας 4.4.28: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ28

Δ28	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 16cm με περλιτόδεμα 10cm και εξωτερική θερμομόνωση 3cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	περλιτόδεμα	500	10	0,16	0,625
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	16	2,03	0,079
5	μόνωση		3	0,033	0,909
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,17		1,665	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,499	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,512 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,518 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.27: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ27 υπό κλίμακα 1:10



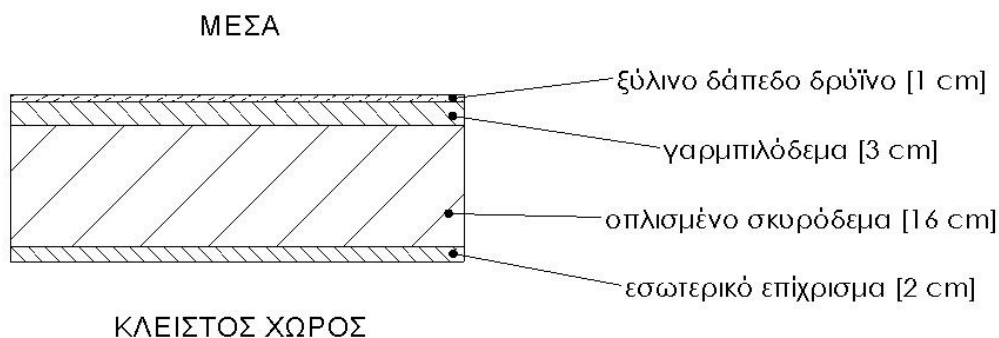
Σχήμα 4.4.28: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ28 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ29

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 16cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 3cm. Ως τελική επικάλυψη χρησιμοποιείται ξύλινο κολλητό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 22cm.

Πίνακας 4.4.29: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ29

Δ29	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυροδέμα 16cm με γαρμπιλόδεμα 3cm και ξύλινη κολλητή επικάλυψη				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1	0,21	0,048
2	γαρμπιλόδεμα	1900	3	1,1	0,027
3	οπλισμένο σκυροδέμα	2400	16	2,03	0,079
4	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,17		0,177	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,935	



Σχήμα 4.4.29: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ29 υπό κλίμακα 1:10

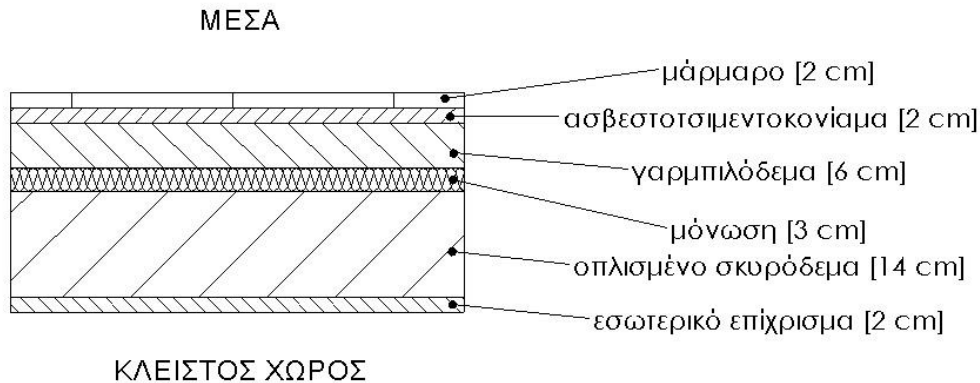
ΔΑΠΕΔΟ Δ30

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 29cm.

Πίνακας 4.4.30: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ30

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	0,64	0,094
4	μόνωση		3	0,033	0,909
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	2,03	0,069
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0,17		1,123	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,683	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,708 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,755 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.30: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ30 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ31

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 14cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Κάτω από την φέρουσα πλάκα στερεώνονται ξύλινα καδρόνια. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των ξύλινων καδρονιών τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm. Τέλος, τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό επενδύονται από μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 1,25cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 28,25cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

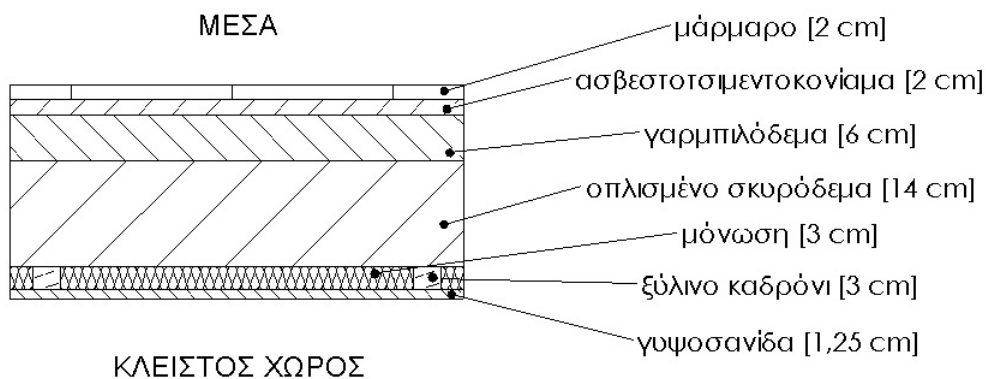
Πίνακας 4.4.31: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ31

Δ31	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 14cm, γαρμπιλόδεμα 6cm και με θερμομόνωση 3cm (κάτω από τη φέρουσα πλάκα)						
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	μάρμαρο	2800	2	2	3,5	0,006	0,006
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	2	0,87	0,023	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	6	0,64	0,094	0,094
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	14	14	2,03	0,069	0,069
5	μόνωση		3	-	0,033	0,909	-
6	ξύλινο καδρόνι	600	-	3	0,14	-	0,214
7	γυψοσανίδα	680	1,25	1,25	0,21	0,060	0,060
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0,17		1,160		0,465	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,667		1,242	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στην διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS150) με

συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,034\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U_i=0,679\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στην διατομή I θα ισούται με $U_i=0,724\text{ W/m}^2\text{K}$.

Εναλλακτικά, για τη μείωση των θερμογεφύρων, στη θέση των ξύλινων καδρονιών μπορούν να χρησιμοποιούνται κοίλοι ορθογωνικοί μεταλλικοί δοκοί στο εσωτερικό των οποίων μπορούν να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού.



Σχήμα 4.4.31: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ31 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ32

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 20cm η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 6cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 29,5cm.

Πίνακας 4.4.32: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ32

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	κόλλα	1800	0,5	0,87	0,006
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	6	0,08	0,750
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0,17		0,883	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,818	

ΔΑΠΕΔΟ Δ33

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 20cm, η οποία στην κάτω πλευρά της επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος

9cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 35cm.

Πίνακας 4.4.33: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ33

Δ33 Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 9cm και μαρμάρινη επικάλυψη					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	9	0,08	1,125
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,17		0,17		1,275	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,619	

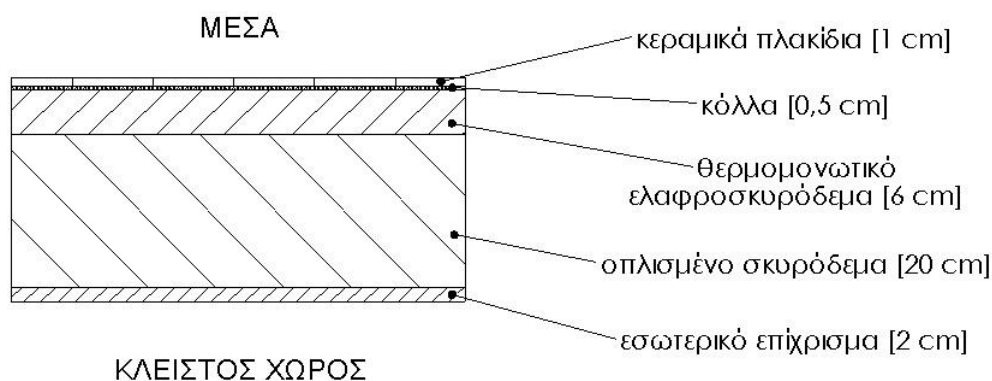
ΔΑΠΕΔΟ Δ34

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm. Κάτω από τη φέρουσα πλάκα, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm, το οποίο στη συνέχεια στην κάτω πλευρά του επιχρίεται με επίχρισμα πάχους 2cm. Πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 6cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ακολουθεί η στρώση από τσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm τα οποία αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 34cm.

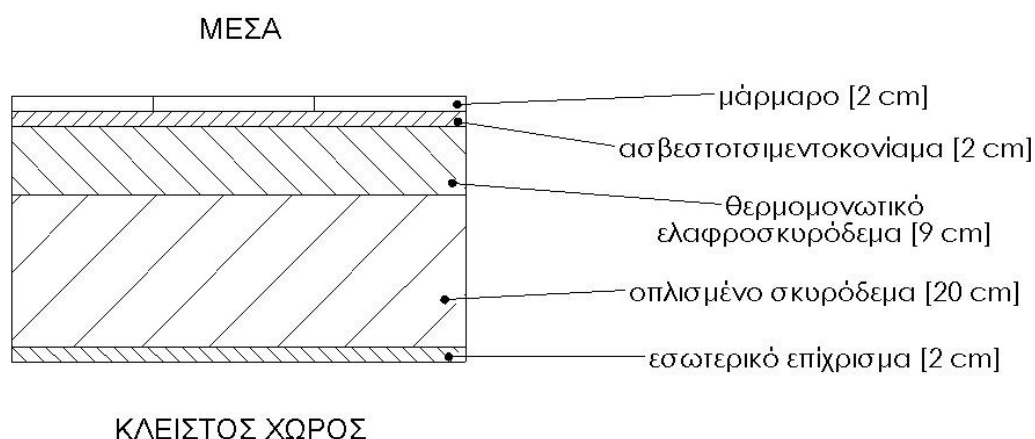
Πίνακας 4.4.34: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ34

Δ34 Δάπεδο σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 6cm και θερμομόνωση 3cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	d(cm)	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	6	0,08	0,750
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
5	μόνωση		3	0,033	0,909
6	εσωτερικό επίχρισμα	1800	2	0,87	0,023
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,17		0,17		1,800	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,467	

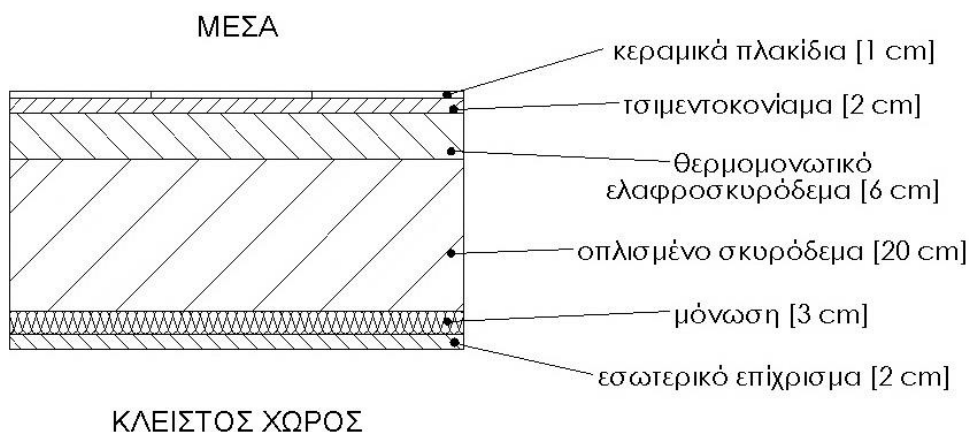
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,479\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,036\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,484\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.32: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ32 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.33: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ33 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.34: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ34 υπό κλίμακα 1:10

➤ Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος

ΔΑΠΕΔΟ Δ35

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1700kg/m^3 και πάχους 10cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 14,5cm.

Πίνακας 4.4.35: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ35

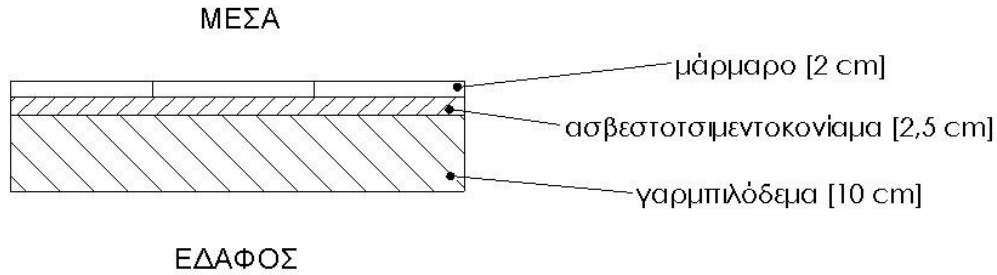
Δ35	Δάπεδο επί εδάφους από γαρμπιλόδεμα 10cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2,5	0,87	0,029
3	γαρμπιλόδεμα	1700	10	0,81	0,123
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)			
0,17	0	0,158			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				3,050	

ΔΑΠΕΔΟ Δ36

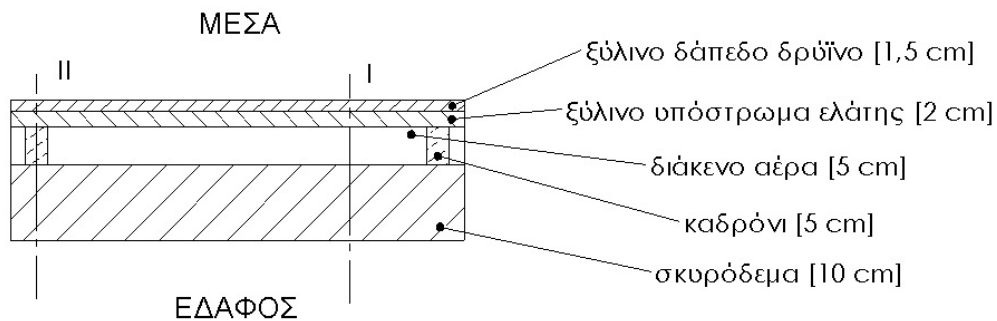
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq\text{C12/15}$) πάχους 10cm. Στη συνέχεια, πάνω από το σκυρόδεμα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής $5\text{cm}\times 7\text{cm}$, πάνω στα οποία καρφώνεται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το διάκενο αέρα πάχους 5cm που σχηματίζεται μεταξύ του σκυροδέματος και του ξύλινου υποστρώματος είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 18,5cm. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι το δάπεδο αυτό αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς πάνω από το σκυρόδεμα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια μεταξύ των οποίων σχηματίζεται μη αεριζόμενο διάκενο αέρα. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.36: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ36

Δ36	Δάπεδο επί εδάφους από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq\text{C12/15}$) 10cm και ξύλινη καρφωτή επικάλυψη							
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II	
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	d_i (cm)	d_{ii} (cm)	$\lambda(\text{W/mK})$	R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_{ii} ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071	
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης	600	2	2	0,14	0,143	0,143	
3	διάκενο αέρα		5	-		0,210	-	
4	καδρόνι	600	-	5	0,14	-	0,357	
5	σκυρόδεμα		10	10	1,51	0,066	0,066	
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής						
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)	R_I ($\text{m}^2\text{K/W}$)			R_{II} ($\text{m}^2\text{K/W}$)			
0,17	0	0,491			0,638			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)		U_I ($\text{W/m}^2\text{K}$)			U_{II} ($\text{W/m}^2\text{K}$)			
		1,514			1,238			



Σχήμα 4.4.35: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ35 υπό κλίμακα 1:10



Σχήμα 4.4.36: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ36 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ37

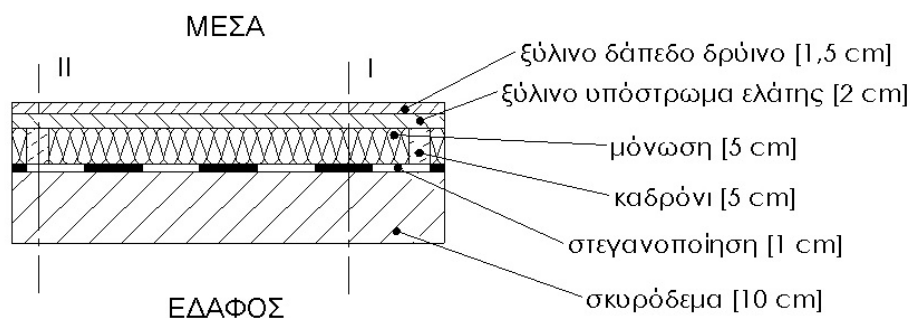
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 10cm. Πάνω από το σκυρόδεμα, ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Πάνω από τη στεγάνωση τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm. Στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των δοκών τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 5cm. Στη συνέχεια τοποθετείται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm το οποίο καρφώνεται πάνω στα ξύλινα καδρόνια. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 19,9cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.37: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ37

Δάπεδο επί εδάφους από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) 10cm με θερμομόνωση 5cm και ξύλινη καρφωτή επικάλυψη							
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης	600	2	2	0,14	0,143	0,143
3	μόνωση		5	-	0,038	1,316	-
4	καδρόνι	600	-	5	0,14	-	0,357
5	στεγανοποίηση	1050	1	1	0,17	0,059	0,059
6	σκυρόδεμα		10	10	1,51	0,066	0,066
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_I (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0		1,655		0,696	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,548		1,154	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στη διατομή I στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό μαλακή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,038W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί πάπλωμα ορυκτοβάμβακα ή υαλοβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,040W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U_I=0,568 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.37: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ37 υπό κλίμακα 1:10

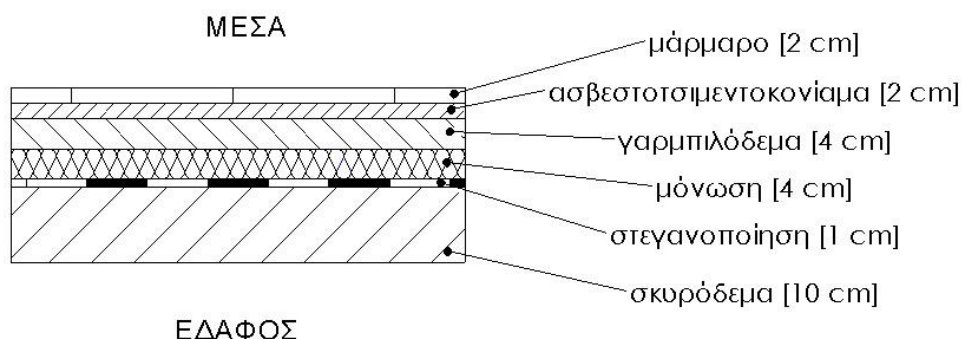
ΔΑΠΕΔΟ Δ38

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 10cm. Πάνω από το σκυρόδεμα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Η στεγανοποίηση της κατασκευής επιτυγχάνεται με επαλείψεις ασφαλτικού γαλακτώματος. Στη συνέχεια, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 4cm, πάνω από το οποίο διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 4cm. Ακολουθεί η στρώση από ασβεστοσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται μαρμάρινες πλάκες πάχους 2cm οι οποίες αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 23cm.

Πίνακας 4.4.38: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ38

Δ38 Δάπεδο επί εδάφους από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) 10cm με στεγανοποίηση, θερμομόνωση 4cm και γαρμπιλόδεμα 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	2	0,87	0,023
3	γαρμπιλόδεμα	1900	4	1,1	0,036
4	μόνωση		4	0,033	1,212
5	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
6	σκυρόδεμα		10	1,51	0,066
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής		
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0		1,402	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,636	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,665 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,722 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.38: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ38 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ39

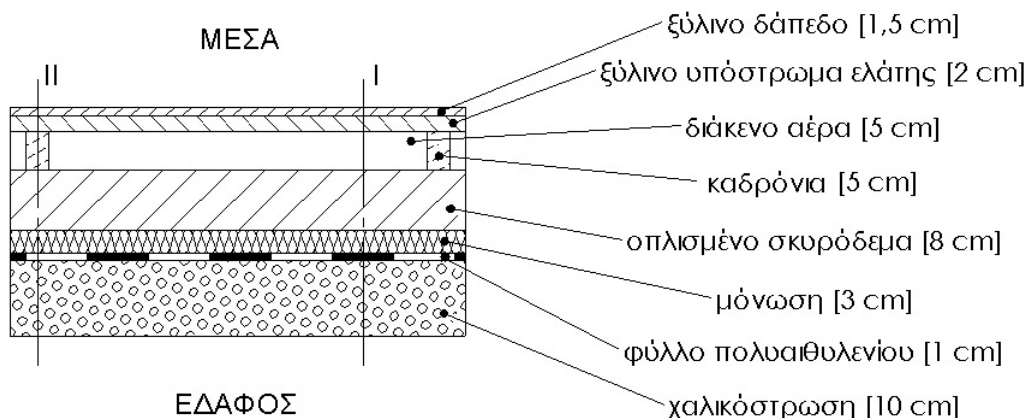
Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται χαλίκι σε πάχος 10cm πάνω από το οποίο τοποθετείται φύλλο πολυαιθυλενίου σε πάχος 1cm. Ακολουθεί η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού πάχους 3cm. Πάνω από τη θερμομονωτική στρώση τοποθετείται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 8cm. Πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια (δοκοί) με διαστάσεις διατομής 5cm×7cm, πάνω στα οποία καρφώνεται ένα ξύλινο υπόστρωμα από ελάτη πάχους 2cm. Ως τελική επικάλυψη τοποθετείται ξύλινο καρφωτό παρκέτο (ξύλινα δρύινα τεμάχια παρκέτου) πάχους 1,5cm, το οποίο καρφώνεται πάνω στο ξύλινο υπόστρωμα. Το διάκενο αέρα πάχους 5cm που σχηματίζεται μεταξύ της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος και του ξύλινου υποστρώματος είναι μη αεριζόμενο. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 30,5cm.

Το δάπεδο αποτελείται από διατομές με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς πάνω από το σκυρόδεμα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια μεταξύ των οποίων σχηματίζεται μη αεριζόμενο διάκενο αέρα. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διατομές I και II του δαπέδου, ενώ ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη σχέση 3.25.

Πίνακας 4.4.39: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ39

Δ39	Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 8cm με χαλικόστρωση 10cm και θερμομόνωση 3cm						
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος I	πάχος II	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση I	θερμική αντίσταση II
		$\rho(kg/m^3)$	d_I (cm)	d_{II} (cm)	$\lambda(W/mK)$	R_I (m^2K/W)	R_{II} (m^2K/W)
1	ξύλινο δάπεδο δρύινο	800	1,5	1,5	0,21	0,071	0,071
2	ξύλινο υπόστρωμα ελάτης	600	2	2	0,14	0,143	0,143
3	διάκενο αέρα		5	-		0,210	-
4	καδρόνια	600	-	5	0,14	-	0,357
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	8	8	2,03	0,039	0,039
6	μόνωση		3	3	0,033	0,909	0,909
7	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	1	1	0,5	0,020	0,020
8	χαλικόστρωση		10	10	0,81	0,123	0,123
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης			Αντίσταση θερμοδιαφυγής				
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R_i (m^2K/W)		R_{II} (m^2K/W)	
0,17		0		1,516		1,663	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				U_I (W/m^2K)		U_{II} (W/m^2K)	
				0,593		0,545	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στις διατομές I και II θα ισούται με $U_I=0,612 W/m^2K$ και $U_{II}=0,561 W/m^2K$ αντίστοιχα.



Σχήμα 4.4.39: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ39 υπό κλίμακα 1:10

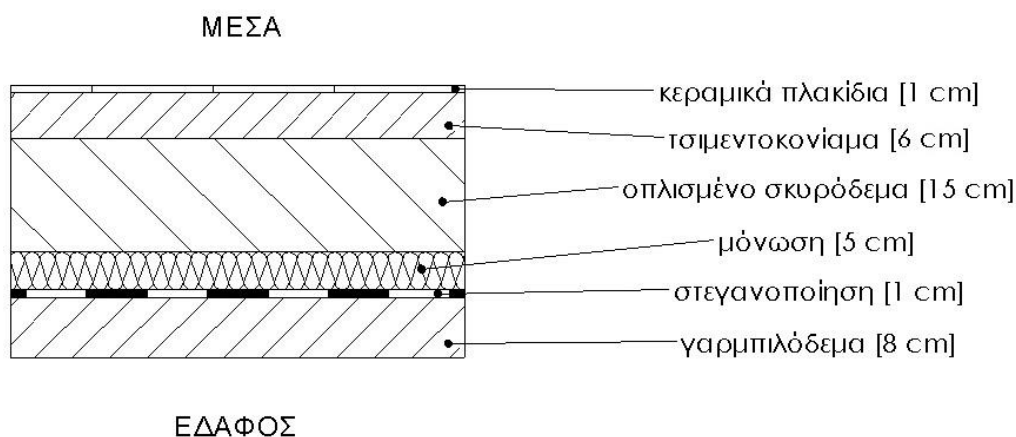
ΔΑΠΕΔΟ Δ40

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m^3 και πάχους 8cm , το οποίο λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm . Στη συνέχεια, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 5cm , πάνω από το οποίο βρίσκεται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 15cm . Πάνω από τη πλάκα σκυροδέματος διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα πάχους 6cm . Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm . Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 36cm .

Πίνακας 4.4.40: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ40

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	6	1,4	0,043
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,204	0,068
4	μόνωση		5	0,033	1,515
5	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
6	γαρμπιλόδεμα	1500	8	0,64	0,125
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0		1,800	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,508	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,531\text{W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.40: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ40 υπό κλίμακα 1:10

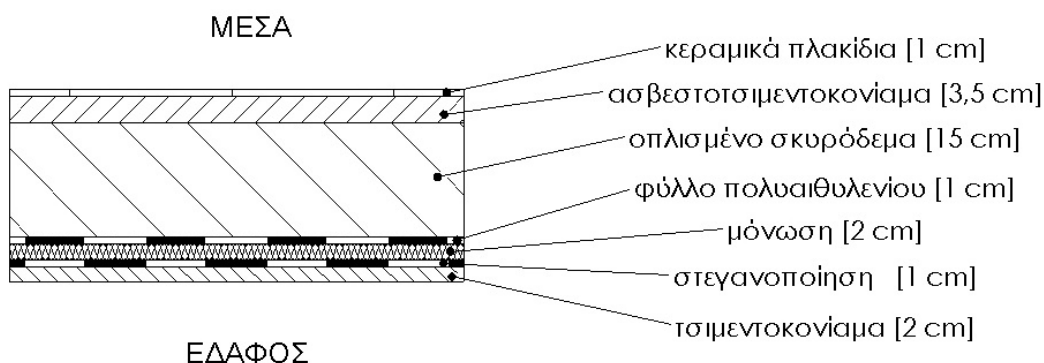
ΔΑΠΕΔΟ Δ41

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα πάχους 2cm, το οποίο λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Στη συνέχεια, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 5cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στρώση από φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 1cm. Ακολουθεί η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm, πάνω από την οποία διαστρώνεται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πάχους 3,5cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 25,5cm.

Πίνακας 4.4.41: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ41

A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	3,5	0,87	0,040
3	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
4	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	1	0,5	0,020
5	μόνωση		2	0,033	0,606
6	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
7	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0		0,803	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				1,027	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=1,065 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.41: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ41 υπό κλίμακα 1:10

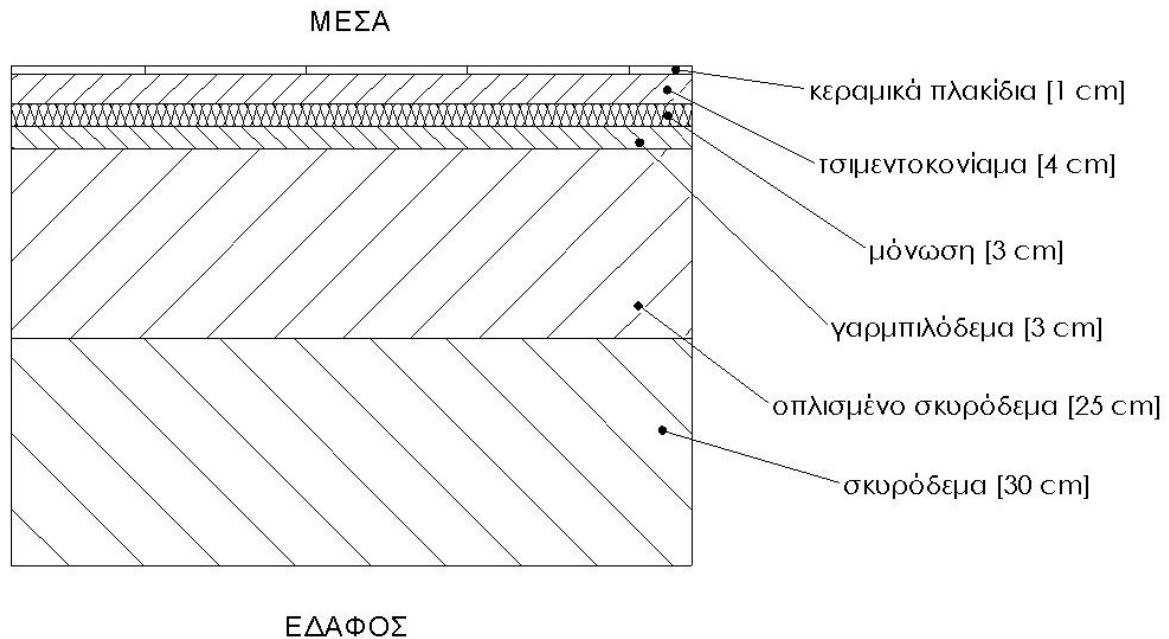
ΔΑΠΕΔΟ Δ42

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και κατασκευάζεται ως υπερυψωμένο από την επιφάνεια του εδάφους. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 30cm, το οποίο λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Στη συνέχεια, διαστρώνεται οπλισμένο σκυρόδεμα (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 25cm. Ακολουθεί μία στρώση από γαρμπιλόδεμα πάχους 3cm. Πάνω από τη στρώση αυτή τοποθετείται το μονωτικό υλικό με πάχος 3cm. Ακολουθεί η στρώση από τσιμεντοκονίαμα με πάχος 4cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 66cm.

Πίνακας 4.4.42: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ42

A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	4	1,4	0,029
3	μόνωση		3	0,033	0,909
4	γαρμπιλόδεμα	1500	3	0,64	0,047
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	25	2,03	0,123
6	σκυρόδεμα		30	1,51	0,199
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0		1,312	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,675	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,699 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,745 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.42: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ42 υπό κλίμακα 1:10

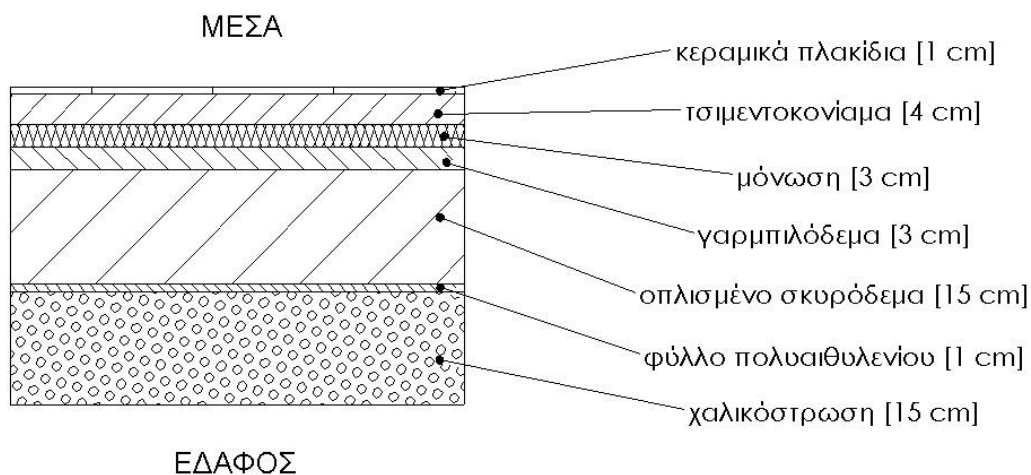
ΔΑΠΕΔΟ Δ43

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται μία στρώση από χαλίκι σε πάχος 15cm, πάνω από την οποία τοποθετείται φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 1cm. Στη συνέχεια, ακολουθεί η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm, πάνω από την οποία διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 3cm. Έπειτα, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm, πάνω από το οποίο διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα με πάχος 4cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 42cm.

Πίνακας 4.4.43: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ43

Δ43	Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με χαλικόστρωση 15cm, στεγανοποίηση και θερμομόνωση 3cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	4	1,4	0,029
3	μόνωση		3	0,033	0,909
4	γαρμπιλόδεμα	1500	3	0,64	0,047
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
6	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	1	0,5	0,020
7	χαλικόστρωση		15	0,81	0,185
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0		1,269	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/ m^2K)				0,695	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,721\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,770\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.43: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ43 υπό κλίμακα 1:10

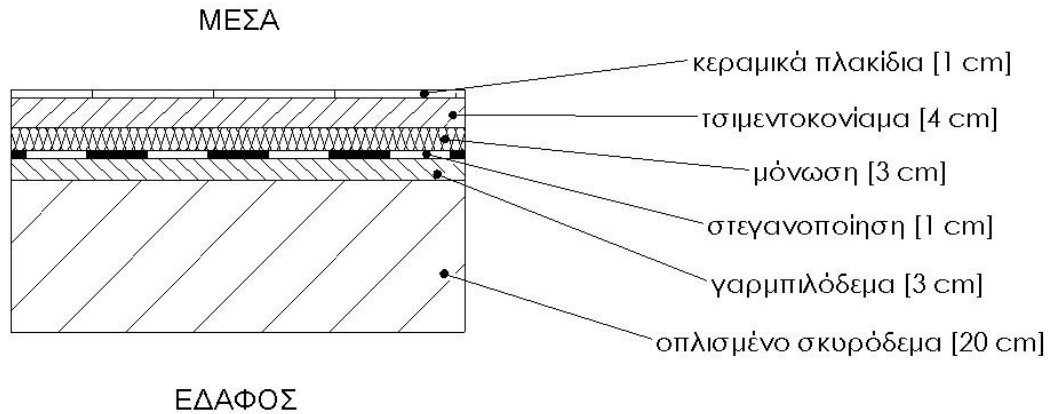
ΔΑΠΕΔΟ Δ44

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος τοποθετείται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C}16/20$) πάχους 20cm. Στη συνέχεια, διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 3cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Έπειτα, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 5cm, πάνω από το οποίο διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα με πάχος 4cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 34cm.

Πίνακας 4.4.44: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ44

Δ44	Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με γαρμπιλόδεμα 3cm, στεγανοποίηση και θερμομόνωση 3cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	4	1,4	0,029
3	μόνωση		3	0,033	0,909
4	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
5	γαρμπιλόδεμα	1500	3	0,64	0,047
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0		1,132	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,768	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,800\text{ W/m}^2\text{K}$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039\text{W/mK}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,861\text{ W/m}^2\text{K}$.



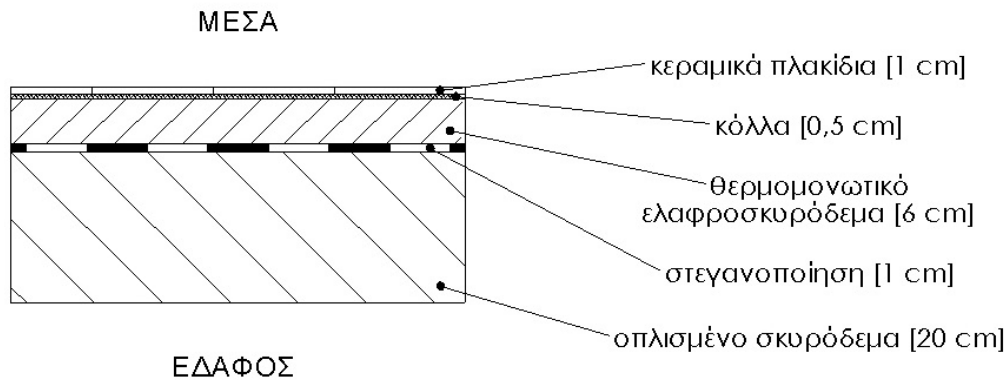
Σχήμα 4.4.44: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ44 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ45

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος τοποθετείται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 20cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Στη συνέχεια, διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 6cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 28,5cm.

Πίνακας 4.4.45: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U ($\text{W/m}^2\text{K}$), του δαπέδου Δ45

Δ45	Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με στεγανοποίηση και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 6cm				
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(\text{kg/m}^3)$	$d(\text{cm})$	$\lambda(\text{W/mK})$	$R(\text{m}^2\text{K/W})$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	κόλλα	1800	0,5	0,87	0,006
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	6	0,08	0,750
4	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
0,17		0		0,919	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2\text{K}$)				0,919	



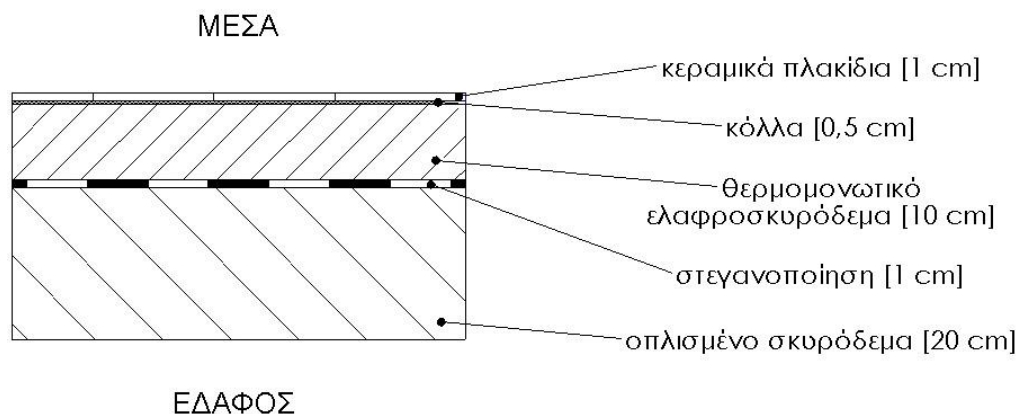
Σχήμα 4.4.45: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ45 υπό κλίμακα 1:10

ΔΑΠΕΔΟ Δ46

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος τοποθετείται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 20cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Στη συνέχεια, διαστρώνεται το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα σε πάχος 10cm, το οποίο λειτουργεί ως εξισωτική στρώση, ενώ παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην κατασκευή. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 32,5cm.

Πίνακας 4.4.46: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ46

Δ46 Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 20cm με στεγανοποίηση και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα 10cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	κόλλα	1800	0,5	0,87	0,006
3	θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	300	10	0,08	1,250
4	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
5	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	20	2,03	0,099
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)		R_a (m^2K/W)		R (m^2K/W)	
0,17		0		1,419	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,630	



Σχήμα 4.4.46: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ46 υπό κλίμακα 1:10

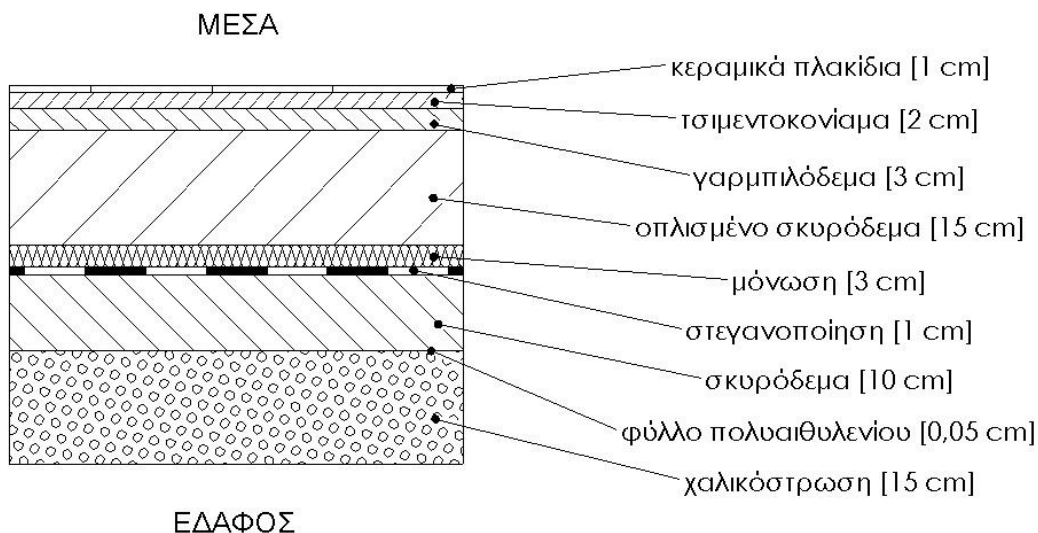
ΔΑΠΕΔΟ Δ47

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και κατασκευάζεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται χαλίκι σε πάχος 15cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται φύλλο πολυαιθυλενίου σε πάχος 0,05cm το οποίο δημιουργεί το κατάλληλο υπόστρωμα για την διάστρωση σκυροδέματος (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 10cm, το οποίο λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Έπειτα, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm. Ακολουθεί η τοποθέτηση της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm, πάνω από την οποία διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 3cm. Τέλος, διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm τα οποία αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 50,05cm.

Πίνακας 4.4.47: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ47

Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με χαλικόστρωση 15cm, στρώση εξυγίανσης από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) 10cm, στεγανοποίηση και θερμομόνωση 3cm					
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	γαρμπιλόδεμα	1500	3	0,64	0,047
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	μόνωση		3	0,033	0,909
6	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
7	σκυρόδεμα		10	1,51	0,066
8	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,05	0,5	0,001
9	χαλικόστρωση		15	0,81	0,185
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,17	0	1,345			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)			0,660		

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,683 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.47: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ47 υπό κλίμακα 1:10

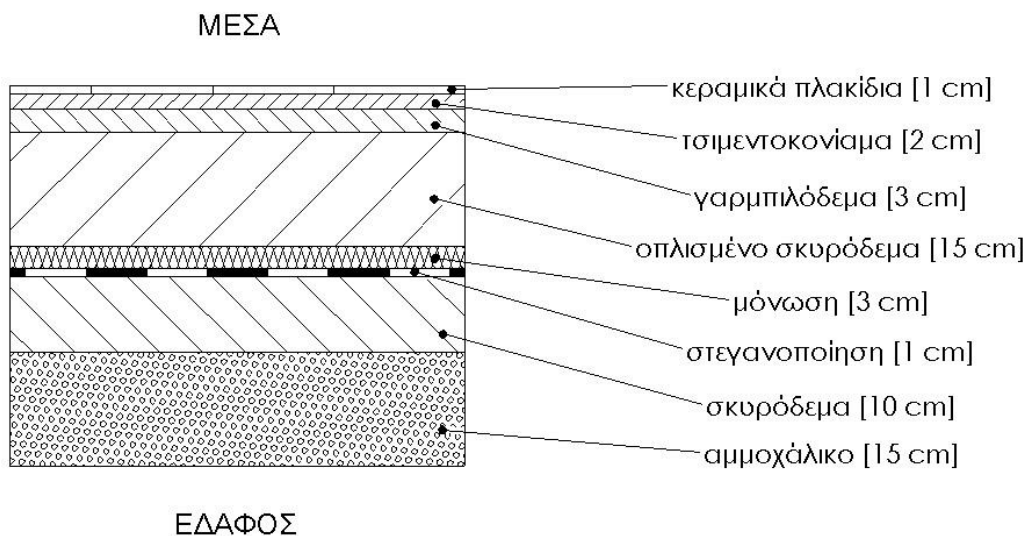
ΔΑΠΕΔΟ Δ48

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και κατασκευάζεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται αμμοχάλικο σε πάχος 15cm. Στη συνέχεια, διαστρώνεται σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 10cm, το οποίο λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφατικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Έπειτα, τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 3cm. Ακολουθεί η τοποθέτηση της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq C16/20$) πάχους 15cm, πάνω από την οποία διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 3cm. Τέλος, διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα με πάχος 2cm πάνω στην οποία επικολλούνται κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm τα οποία αποτελούν την τελική επίστρωση του δαπέδου. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 50cm.

Πίνακας 4.4.48: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ48

Δ48		Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με αμμοχάλικο 15cm, στρώση εξυγίανσης από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) 10cm, στεγανοποίηση και θερμομόνωση 3cm			
A/A	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα $\rho(kg/m^3)$	πάχος $d(cm)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(W/mK)$	θερμική αντίσταση $R(m^2K/W)$
1	κεραμικά πλακίδια	2000	1	1,84	0,005
2	τσιμεντοκονίαμα	2000	2	1,4	0,014
3	γαρμπιλόδεμα	1500	3	0,64	0,047
4	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
5	μόνωση		3	0,033	0,909
6	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
7	σκυρόδεμα		10	1,51	0,066
8	αμμοχάλικο	2200	15	2	0,075
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)	R (m^2K/W)			
0,17	0	1,234			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,712	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033\text{W/mK}$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,739\text{ W/m}^2\text{K}$.



Σχήμα 4.4.48: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ48 υπό κλίμακα 1:10

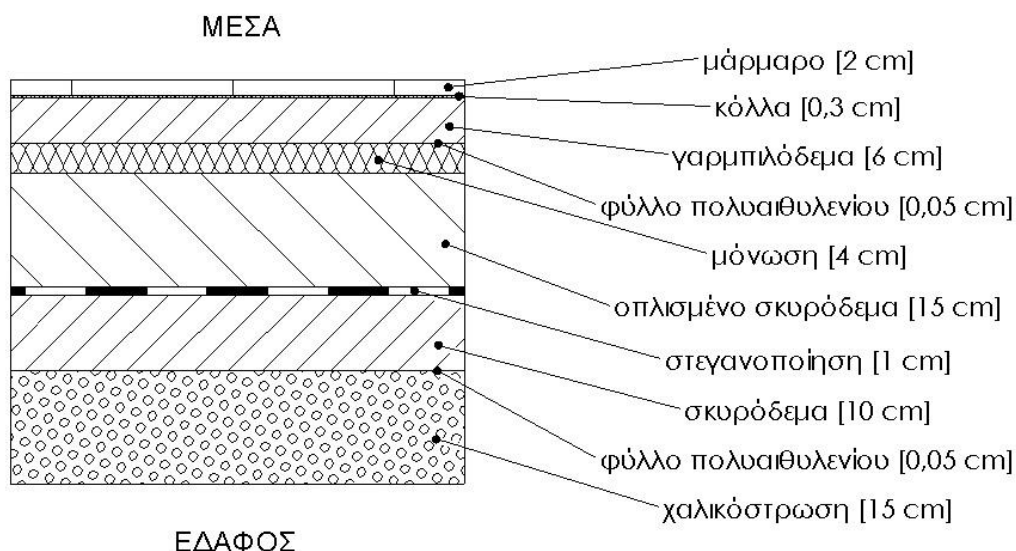
ΔΑΠΕΔΟ Δ49

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και κατασκευάζεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται χαλίκι σε πάχος 15cm, πάνω από το οποίο τοποθετείται φύλλο πολυαιθυλενίου σε πάχος 0,05cm. Στη συνέχεια, διαστρώνεται σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq\text{C12/15}$) πάχους 10cm, το οποίο λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 1cm. Ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα). Έπειτα, τοποθετείται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας $\geq\text{C16/20}$) πάχους 15cm. Ακολουθεί η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού πάχους 4cm το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στρώση φύλλου πολυαιθυλενίου πάχους 0,05cm. Τέλος, διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται μαρμάρινα πλακίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 53,4cm.

Πίνακας 4.4.49: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ49

Δ49 Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με χαλικόστρωση 15cm, στρώση εξυγίανσης από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) 10cm, στεγανοποίηση και θερμομόνωση 3cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		$\rho(kg/m^3)$	$d(cm)$	$\lambda(W/mK)$	$R(m^2K/W)$
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	κόλλα	1800	0,3	0,87	0,003
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	0,64	0,094
4	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,05	0,5	0,001
5	μόνωση		4	0,033	1,212
6	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,03	0,074
7	στεγανοποίηση	1100	1	0,23	0,043
8	σκυρόδεμα		10	1,51	0,066
9	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,05	0,5	0,001
10	χαλικόστρωση		15	0,81	0,185
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
$R_i (m^2K/W)$		$R_a (m^2K/W)$		$R (m^2K/W)$	
0,17		0		1,686	
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U (W/m^2K)$				0,539	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,560 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,599 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.49: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ49 υπό κλίμακα 1:10

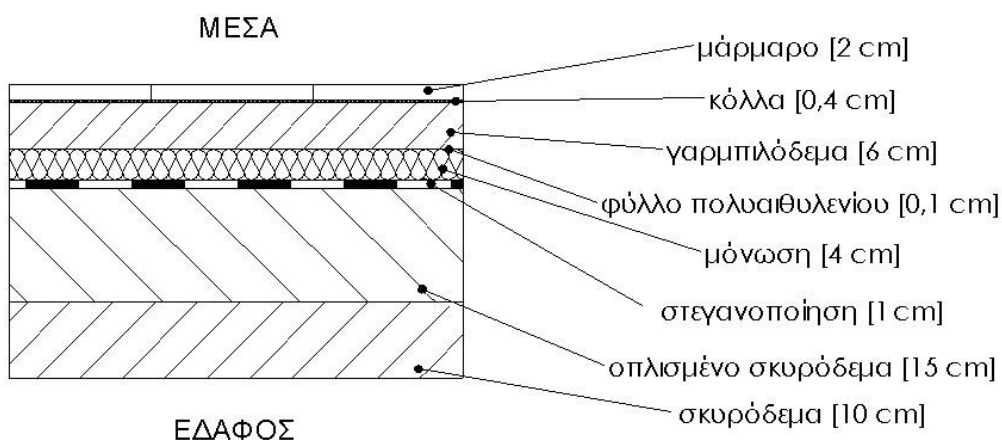
ΔΑΠΕΔΟ Δ50

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Πάνω στο έδαφος διαστρώνεται ισχνό σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) πάχους 10cm. Στη συνέχεια, τοποθετείται η πλάκα οπλισμένου σκυρόδεμα (με $\geq 2\%$ σίδηρο) πάχους 15cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση πάχους 0,4cm. Πάνω από τη στεγάνωση τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 4cm, το οποίο προστατεύεται από την υπερκείμενη του στρώση δηλαδή από το φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 0,1cm. Έπειτα, διαστρώνεται γαρμπιλόδεμα πάχους 6cm. Ως τελική επικάλυψη επικολλούνται μαρμάρια πλακίδια πάχους 2cm. Το συνολικό πάχος του δαπέδου είναι 37,9cm.

Πίνακας 4.4.50: Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), του δαπέδου Δ50

Δ50 Δάπεδο επί εδάφους από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm με στρώση εξυγίανσης από σκυρόδεμα (κατηγορίας $\leq C12/15$) 10cm, στεγανοποίηση και θερμομόνωση 4cm					
Α/Α	ΥΛΙΚΟ	πυκνότητα	πάχος	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	θερμική αντίσταση
		ρ (kg/m ³)	d(cm)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
1	μάρμαρο	2800	2	3,5	0,006
2	κόλλα		0,4	0,72	0,006
3	γαρμπιλόδεμα	1500	6	0,64	0,094
4	φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,1	0,5	0,002
5	μόνωση		4	0,033	1,212
6	στεγανοποίηση	1050	1	0,17	0,059
7	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	15	2,5	0,060
8	σκυρόδεμα		10	1,51	0,066
Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης		Αντίσταση θερμοδιαφυγής			
R_i (m ² K/W)		R_a (m ² K/W)		R (m ² K/W)	
0,17		0		1,675	
Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)				0,597	

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033W/mK$. Αν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (EPS100) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035W/mK$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου θα ισούται με $U=0,637 W/m^2K$. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σκληρή πλάκα πετροβάμβακα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,039W/mK$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου θα ισούται με $U=0,689 W/m^2K$.



Σχήμα 4.4.50: Σχεδιαστική απεικόνιση της διατομής του δαπέδου Δ50 υπό κλίμακα 1:10

5. Οι εξωτερικές τοιχοποιίες

5.1 Κατηγορίες εξωτερικών τοιχοποιιών

Τοιχοποιία είναι η κατακόρυφη κατασκευή από δομικά υλικά που ορίζει ένα χώρο, τον περικλείει ή τον διαχωρίζει από έναν άλλο. Η εξωτερική τοιχοποιία προσδιορίζει το χώρο σε σχέση με το εξωτερικό του περιβάλλον. Ανάλογα με την προέλευση των υλικών που είναι διαμορφωμένα κατάλληλα ώστε να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μιας τοιχοποιίας, αυτά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τα φυσικά, όταν προέρχονται από φυσικούς λίθους (λιθοδομές)
- Τα τεχνητά, όταν αποτελούν βιομηχανικά προϊόντα

Στην πρώτη κατηγορία υπάγονται οι παντός τύπου λίθοι (ακατέργαστοι ή κατεργασμένοι) από τους οποίους κατασκευάζονται οι λιθοδομές, οι οποίες αποτελούν τις πρώτες μορφές τοιχοποιίας. Στην κατηγορία των τεχνητών λίθων μπορεί να υπαχθεί η μεγάλη ποικιλία των νεότερων υλικών που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο ως βασικά οικοδομικά υλικά σε τυποποιημένα ή μη μεγέθη. Με το τρόπο αυτό προσδίδονται στα οικοδομικά υλικά επιθυμητές ιδιότητες και χαρακτηριστικά που βοηθούν στην βελτίωση της ποιότητας των κατασκευών.

Σήμερα στο εμπόριο διατίθεται ένα μεγάλο πλήθος τεχνητών βιομηχανικών λίθων με ποικιλία ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών. Τα πλέον διαδεδομένα υλικά είναι οι οπτόπλινθοι, κοινώς τούβλα. Είναι το κατ'εξοχήν υλικό δόμησης σχεδόν όλων των μορφών τοιχοποιιών. Πολύ παλαιότερα επικρατούσαν οι ωμόπλινθοι, που σήμερα πλέον σχεδόν δεν χρησιμοποιούνται. Άλλα υλικά που ονοματίζονται κυρίως από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παρασκευή τους ή από τις ιδιότητες τους, είναι τα θερμομονωτικά τούβλα, οι τσιμεντόλιθοι, οι ελαφροτσιμεντόλιθοι και το σκυρόδεμα. [27]

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες λοιπόν που κατασκευάζονται κυρίως σήμερα, διακρίνονται ανάλογα με το βασικό υλικό δόμησης του στις εξής κατηγορίες:

- Τοιχοποιίες από φυσικά υλικά, λιθοδομές
- Τοιχοποιίες από τεχνητά υλικά που είναι οι εξής:
 - τοιχοποιίες από οπτόπλινθους
 - τοιχοποιίες από θερμομονωτικά τούβλα
 - τοιχοποιίες από τούβλα με ενσωματωμένο μονωτικό υλικό
 - τοιχοποιίες από πορώδεις τσιμεντόλιθους
 - τοιχοποιίες από τσιμεντόλιθους
 - τοιχοποιίες ξηράς δόμησης από μεταλλικό σκελετό με επενδύσεις τσιμεντοσανίδας και γυψοσανίδας

5.2 Ενδεικτικά πάχη των εξωτερικών τοίχων

Το συνολικό πάχος των τοίχων αποτελεί ένα αρχικό χαρακτηριστικό τους γνώρισμα. Το πάχος των τοίχων δεν είναι ένα σταθερό μέγεθος αλλά μεταβάλλεται κατά κύριο λόγο ανάλογα με το είδος της τοιχοποιίας, τις κατασκευαστικές απαιτήσεις, το βασικό υλικό δόμησης της τοιχοποιίας και τα χαρακτηριστικά αυτού, την ύπαρξη ή όχι θερμομόνωσης (εσωτερικής, εξωτερικής ή πυρήνα) και τις απαιτήσεις θερμομόνωσης. Βάσει των εξωτερικών τοιχοποιιών που περιγράφηκαν στην ενότητα 4.1, τα πάχη των τοιχοποιιών μπορούν να κυμαίνονται σε εύρος από 12,368 έως 41cm. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με όσα παρατηρήθηκαν στην ενότητα 4.1 και σύμφωνα με τις κατασκευαστικές λύσεις και τα διάφορα δομικά προϊόντα που προτείνονται από τους κατασκευαστές, παρουσιάζονται ενδεικτικά πάχη εξωτερικών τοιχοποιιών ανάλογα με το είδος τους:

- το πάχος τοιχοποιίας από οπτόπλινθους κυμαίνεται σε εύρος από 21 έως 42cm. Η διακύμανση αυτή παρουσιάζεται λόγω των κατασκευαστικών απαιτήσεων και της μορφής της κατασκευής (μονοκέλυφη, δικάλυφη τοιχοποιία με διάκενο αέρα ή θερμομόνωση πυρήνα ή συνδυασμό των δύο) καθώς και λόγω του ρόλου που καλείται να ικανοποιήσει μια τοιχοποιία όπως για παράδειγμα μια δικάλυφη τοιχοποιία με διάκενο συρόμενου κουφώματος. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το πάχος του τοίχου είναι η ποικιλία των διαστάσεων των τούβλων, το σύστημα δόμησης (δρομικός, ορθοδρομικός, μπατικός τοίχος) και η ύπαρξη ή όχι θερμομόνωσης (εσωτερικής, εξωτερικής ή πυρήνα) καθώς και το πάχος αυτής.

- το πάχος τοιχοποιίας από θερμομονωτικά τούβλα κυμαίνεται σε εύρος από 29 έως 40cm. Η διακύμανση αυτή παρουσιάζεται λόγω των κατασκευαστικών απαιτήσεων, της ποικιλίας των διαστάσεων των θερμομονωτικών τούβλων, της ύπαρξης ή όχι επιπλέον στρώσης θερμομονωτικού υλικού καθώς και του πάχους αυτής.

- το πάχος τοιχοποιίας από πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα κυμαίνεται σε εύρος από 24 έως 34cm και η διακύμανση αυτή παρουσιάζεται λόγω των κατασκευαστικών απαιτήσεων, της ποικιλίας των διαστάσεων των πλίνθων και των απαιτήσεων θερμομόνωσης.
- το πάχος τοιχοποιίας από τσιμεντόλιθους κυμαίνεται σε εύρος από 24 έως 29cm. Η διακύμανση αυτή παρουσιάζεται λόγω των κατασκευαστικών απαιτήσεων και της ύπαρξης ή όχι θερμομόνωσης στρώσης.
- το πάχος τοιχοποιίας από τούβλα με ενσωματωμένο θερμομονωτικό υλικό κυμαίνεται σε εύρος από 24 έως 30,5cm. Η διακύμανση αυτή παρουσιάζεται λόγω των κατασκευαστικών απαιτήσεων και της ύπαρξης ή όχι επιπλέον στρώσης θερμομονωτικού υλικού καθώς και του πάχους αυτής.
- το πάχος τοιχοποιίας ξηράς δόμησης από μεταλλικό σκελετό με επενδύσεις τσιμεντοσανίδας και γυψοσανίδας κυμαίνεται σε εύρος από 11,95 έως 20,75cm. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στις κατασκευαστικές απαιτήσεις, στο τρόπο κατασκευής του τοίχου δηλαδή με μονό ή διπλό μεταλλικό σκελετό, στο πάχος αυτού καθώς και στην ύπαρξη ή όχι εξωτερικής θερμομόνωσης.
- το πάχος τοιχοποιίας που κατασκευάζεται κατά βάση από φυσικούς λίθους μπορεί να κυμαίνεται σε εύρος από 50 έως 100cm ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Στην περίπτωση μεικτής τοιχοποιίας κατασκευασμένης τόσο από φυσικούς λίθους όσο και από οπτόπλινθους το πάχος της μπορεί να κυμαίνεται από 51 έως και 64cm. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στις κατασκευαστικές απαιτήσεις, στο πάχος του κάθε κελύφους και στο πάχος του μονωτικού υλικού.

5.3 Το πλήθος των στρωμάτων των εξωτερικών τοίχων

Ο αριθμός των στρωμάτων των τοίχων αποτελεί ένα χαρακτηριστικό τους γνώρισμα. Τα στρώματα του τοίχου ορίζονται ως τα βασικά δομικά υλικά τα οποία στην κατάλληλη σειρά συνιστούν την δομή ενός τοίχου και καθορίζουν την λειτουργία του. Επομένως, ο αριθμός των στρωμάτων των τοίχων δεν είναι ένα μέγεθος σταθερό αλλά μεταβάλλεται, κατά κύριο λόγο, ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις, το είδος της τοιχοποιίας, τα βασικά υλικά δόμησης της και τα χαρακτηριστικά αυτών, τον τρόπο κατασκευής της και την ύπαρξη ή όχι θερμομόνωσης (εσωτερικής, εξωτερικής ή πυρήνα). Βάσει των εξωτερικών τοιχοποιιών που περιγράφηκαν στην ενότητα 4.1, παρατηρήθηκε ότι οι τοιχοποιίες μπορούν να αποτελούνται από 3 έως και 10 στρώματα δομικών υλικών. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με όσα παρατηρήθηκαν στην ενότητα 4.1, παρουσιάζονται ενδεικτικά το πλήθος των στρωμάτων των εξωτερικών τοιχοποιιών ανάλογα με το είδος τους:

- Οι τοιχοποιίες από οπτόπλινθους αποτελούνται από 3 έως και 7 στρώματα δομικών υλικών. Η μεταβολή αυτή οφείλεται κυρίως σε κατασκευαστικούς λόγους, στο είδος της τοιχοποιίας, μονοκέλυφη ή δικέλυφη, και στις απαιτήσεις θερμομόνωσης. Οι μονοκέλυφες τοιχοποιίες αποτελούνται συνήθως από 3 ή 4 στρώσεις δομικών υλικών, από τους οπτόπλινθους, από μία ή δύο στρώσεις επιχρίσματος, από τη θερμομονωτική στρώση όταν προβλέπεται και από πλάκες όπως πλάκες φυτικών ινών και γυψοσανίδες όταν απαιτείται. Οι δικέλυφες τοιχοποιίες αποτελούνται από 4 έως και 7 στρώσεις δομικών υλικών. Αποτελούνται από δύο κελύφη που κατασκευάζονται το ένα δίπλα στο άλλο ή με κάποια ενδιάμεση απόσταση. Η μεταβολή του αριθμού των στρωμάτων καθορίζεται από τον τρόπο κατασκευής της τοιχοποιίας, τη λειτουργία της, τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης και τις απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Οι τοιχοποιίες από τσιμεντόλιθους αποτελούνται από 3 ή 4 στρώματα δομικών υλικών, από τους τσιμεντόλιθους, από μία ή δύο στρώσεις επιχρίσματος, από τη θερμομονωτική στρώση όταν προβλέπεται και από πλάκες από γυψοσανίδες όταν απαιτείται.
- Οι τοιχοποιίες από πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα αποτελούνται από 3 στρώματα δομικών υλικών, δηλαδή από τους πλίνθους και το επίχρισμα εσωτερικό και εξωτερικό.
- Οι τοιχοποιίες από θερμομονωτικά τούβλα αποτελούνται από 3, 4 ή 5 στρώματα δομικών υλικών. Ο τοίχος στην γενική περίπτωση αποτελείται από το τούβλο σε συνδυασμό με το επίχρισμα εσωτερικό και εξωτερικό ενώ όταν απαιτείται, προστίθεται και μία ή δύο στρώσεις θερμομονωτικού υλικού.
- Οι τοιχοποιίες από τούβλα με ενσωματωμένο θερμομονωτικό υλικό αποτελούνται από 3 ή 4 στρώματα δομικών υλικών. Ο τοίχος αποτελείται από το τούβλο σε συνδυασμό με το επίχρισμα εσωτερικό και εξωτερικό ενώ όταν απαιτείται, προστίθεται και μία επιπλέον στρώση θερμομονωτικού υλικού.
- Οι λιθοδομές αποτελούνται από 3 ή 4 στρώματα δομικών υλικών. Ο τοίχος μπορεί να είναι μονοκέλυφος και να κατασκευάζεται από τους φυσικούς λίθους σε συνδυασμό με δύο στρώσεις επιχρίσματος εξωτερικά και εσωτερικά. Εναλλακτικά, η λιθοδομή μπορεί να μένει ανεπίχριστη όποτε ο τοίχος αποτελείται από μία μόνο στρώση δομικών υλικών, τους λίθους. Σε περιπτώσεις που οι λιθοδομές αποτελούνται από 4 στρώματα

δομικών υλικών, στη δομή τους συμπεριλαμβάνονται οι φυσικοί λίθοι, το θερμομονωτικό υλικό, η οπτοπλινθοδομή και το εσωτερικό επίχρισμα. Οι τοιχοποιίες αυτές πρόκειται στην ουσία για μεικτές τοιχοποιίες.

- Οι τοιχοποιίες ξηράς δόμησης αποτελούνται από 5 με 8 στρώματα δομικών υλικών. Κατά κύριο λόγο, κατασκευάζονται από μία στρώση τσιμεντοσανίδας, δύο στρώσεις γυψοσανίδας, μία στρώση επιχρίσματος και μία στρώση θερμομονωτικού υλικού. Η διακύμανση στον αριθμό των στρώσεων οφείλεται στο τρόπο κατασκευής του τοίχου δηλαδή με μονό ή διπλό μεταλλικό σκελετό, στην ύπαρξη ή όχι διακένου αέρα και εξωτερικής θερμομόνωσης.

5.4 Το επίχρισμα

Το επίχρισμα στην εξωτερική επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου του κελύφους προσφέρει την αναγκαία προστασία έναντι των επιδράσεων των καιρικών φαινομένων και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παράλληλα, αποκρύπτει ενδεχόμενες κατασκευαστικές ατέλειες, ενώ αναδεικνύει την αισθητική της όψης, ανάλογα βεβαίως με τις προτιμήσεις των χρηστών, προσφέροντας επίπεδες και ομοιόμορφες επιφάνειες, σχηματικές απεικονίσεις ή και χρωματικές διαβαθμίσεις. [27]

Ειδικότερα στην περίπτωση των τοιχοποιιών, η επίχριση είναι ο καλύτερος τρόπος για να προστατευθεί αυτή έναντι της βροχής, αλλά και έναντι των λοιπών καιρικών φαινομένων. Μια τοιχοποιία μπορεί να προσβληθεί πολύ εύκολα από τα νερά της βροχής, αν υπάρχουν κατασκευαστικά λάθη ή αστοχίες, ατέλειες ή κακοτεχνίες, καθώς και φθορές που διογκώνονται προϊόντος του χρόνου και δεν επιδιορθώνονται εγκαίρως. [27]

Το επίχρισμα για να παίξει ικανοποιητικά το ρόλο του, οφείλει να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις. Κατά κανόνα θα πρέπει: [27]

- να είναι υδραπωθητικό, ταυτόχρονα όμως και υδρατμοδιαπερατό,
- να μην παρουσιάζει ρωγμές στην επιφάνεια του,
- να είναι ομογενές και να στερεοποιείται με ομαλό και ομοιόμορφο τρόπο,
- να έχει υψηλές αντοχές στις θερμοκρασιακές μεταβολές στη διάρκεια της ημέρας και γενικότερα στις καταπονήσεις λόγω της επίδρασης των καιρικών φαινομένων (βροχής, παγετού κτλ),
- να παρασκευάζεται με τις σωστές αναλογίες υλικών και να αποκτά ισχυρή πρόσφυση επάνω στο υπόστρωμα.

Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν κυρίως στα εξωτερικά επιχρίσματα, σ' αυτά δηλαδή που καλύπτουν τις εξωτερικές επιφάνειες των κατακόρυφων δομικών στοιχείων. Στα εξωτερικά επιχρίσματα δαπέδων σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και στα εσωτερικά επιχρίσματα, σ' αυτά δηλαδή που καλύπτουν τις εσωτερικές επιφάνειες των εξωτερικών τοιχοποιιών, οροφών, δαπέδων και στοιχείων σκυροδέματος οι απαιτήσεις αυτές υφίστανται μεν, σε πιο περιορισμένο όμως βαθμό. [27]

➤ Τα είδη των επιχρισμάτων και οι θερμοφυσικές τους ιδιότητες

Τα επιχρίσματα είναι μείγματα κονιών, νερού και λεπτόκοκκων αδρανών, μικρότερων των 4mm. Σ'αυτά μπορούν ενδεχομένως να προστεθούν και διαφορά ειδικά πρόσθετα, που στόχο έχουν να επηρεάσουν τη ρευστότητα, την πλαστικότητα και την εργασιμότητα κατά την επεξεργασία τους ή την σκληρότητα, την τελική τους εμφάνιση και τις μηχανικές τους αντοχές μετά την σκλήρυνση τους, αλλά και άλλες φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. [27]

Ανάλογα με το είδος της κονιάς που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη και τα αδρανή τους, τα επιχρίσματα διακρίνονται σε:

- τσιμεντοκονιάματα, που έχουν ως κύριο συνδετικό υλικό (κονία) το τσιμέντο,
- ασβεστοκονιάματα, με κύριο συνδετικό υλικό τον πολτό ασβέστου ή την κονιοποιημένη υδράσβεστο,
- ασβεστοτσιμεντοκονιάματα, με μείγμα τσιμέντου και ασβέστη ως συνδετική ύλη,
- μαρμαροκονιάματα, με κύριο αδρανές την μαρμαρόσκονη αντί της άμμου και συνδετική ύλη ασβέστη ή τσιμέντο,
- πουζολανικά κονιάματα, με συνδετικό υλικό ασβέστη (με μερική υποκατάσταση με τσιμέντο) και πουζολάνη,
- κουρασάνι, με κύριο συνδετικό υλικό μείγμα κονιοποιημένων κεραμικών προϊόντων και ασβέστου
- γυψοκονιάματα, που έχουν ως κύριο συστατικό τη γύψο και δεν προσφέρονται για εξωτερικά επιχρίσματα [27]

Στα επιχρίσματα αυτά, πρέπει να προστεθούν και επιχρίσματα με θερμομονωτικές ιδιότητες. Αυτά χρησιμοποιούνται ως κύριο ή συμπληρωματικό θερμομονωτικό υλικό για την θερμομόνωση των εξωτερικών τοιχοποιιών καθώς και δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. [16] Αναλυτικότερα, τα χαρακτηριστικά και ιδιότητες αυτών των επιχρισμάτων παρουσιάζονται στην ενότητα 8.3.2.2.

Συνήθως, στα δομικά στοιχεία του κελύφους χρησιμοποιούνται ως επιχρίσματα εξωτερικά και εσωτερικά, αναλόγως της δομής του στοιχείου, τα ασβεστοκονιάματα και κυρίως τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα. [16,23,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες των κυριότερων επιχρισμάτων.

Πίνακας 5.1: Θερμοφυσικές ιδιότητες επιχρισμάτων [11]

Επιχρίσματα	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK)	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
				ξηρό	υγρό
ασβεστοκονιάματα	1800	0,87	1000	15	
ασβεστοτσιμεντοκονιάματα	1800	0,87	1000	25-35	
	1900	1	1100	35	
τσιμεντοκονίαμα	2000	1,4	1100	25-35	
ασβεστογυψοκονίαμα	1400	0,7	1000	10	
γυψοκονίαμα χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1200	0,35	900	10	6
γυψοκονίαμα με συμπλήρωμα άμμου	1600	0,8	900	10	6
συνθετικά κονιάματα	1800	0,87	1100	80-250	

➤ Τα πάχη των επιχρισμάτων

Το συνολικό πάχος του επιχρίσματος εξωτερικό ή εσωτερικό ποικίλλει αναλόγως της θέσης του στην οικοδομή, της σύνθεσης του και του αριθμού των στρώσεων του. [27] Στις εξωτερικές τοιχοποιίες το επίχρισμα εξωτερικό ή εσωτερικό έχει συνήθως πάχος 2cm, διαστρώνεται ωστόσο και σε πάχη 2,5 cm και 1,5cm, ενώ σπανιότερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εξωτερικό επίχρισμα πάχους 1cm. [16,23,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43]

Υπάρχουν όμως και ορισμένες εξαιρέσεις:

- Οι τοιχοποιίες που έχουν ως εξωτερική στρώση διακοσμητικό τούβλο δεν επιχρίονται εξωτερικά.
- Οι τσιμεντοσανίδες που χρησιμοποιούνται σε τοιχοποιίες ξηράς δόμησης αποτελούν ένα σταθερό υπόβαθρο που αντέχει στα καιρικά φαινόμενα και έτσι το απαιτούμενο πάχος επιχρίσματος μπορεί να κυμαίνεται από 0,5 έως 0,7cm. [44]
- Στις τοιχοποιίες που θερμομονώνονται εξωτερικά ή εσωτερικά με θερμομονωτικό επίχρισμα, το πάχος του τελικού επιχρίσματος που λειτουργεί ως φινιρίσμα της επιφάνειας είναι 0,5cm. [16]
- Στις περιπτώσεις όπου οι τοιχοποιίες επενδύονται εσωτερικά με γυψοσανίδα (τοιχοποιίες με εσωτερική θερμομόνωση) δεν απαιτείται η χρήση επιχρίσματος. Η γυψοσανίδα μπορεί να επιχρισθεί για αισθητικούς λόγους. [44,45]
- Οι τοιχοποιίες με εξωτερική επένδυση ή αεριζόμενη πρόσοψη από πλάκες μαρμάρου, φυσικές πλάκες, κεραμικά πλακίδια ή μεταλλικά φύλλα δεν επιχρίονται εξωτερικά

5.5 Η τοιχοποιία από οπτόπλινθους

Οι οπτόπλινθοι φέρεται να έχουν κάνει την εμφάνισή τους περί το 3000π.Χ. στη Μεσοποταμία, όπου χρησιμοποιήθηκαν φούρνοι για την ξήρανση των πλίνθων. Η οπτοπλινθοδομή άνθισε κυρίως κατά τη ρωμαϊκή εποχή και συνεχίστηκε με βελτιωμένα χαρακτηριστικά κατά τους βυζαντινούς χρόνους. Ωστόσο, η ευρεία βιομηχανική παραγωγή οπτόπλινθων κατέστη ουσιαστικά δυνατή μόλις στα μέσα του 19ου αιώνα με την ανακάλυψη του υψικαμίνου του Χόφμαν. [27]

5.5.1 Υλικά παραγωγής και απαιτήσεις ως προς την ποιότητα των οπτόπλινθων [27]

Οι οπτόπλινθοι, κοινώς τούβλα ή αργιλικά λιθοσώματα είναι σήμερα το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο υλικό στη δόμηση. Η διάδοση τους οφείλεται κυρίως στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν στη δόμηση με την ποικιλία των διαστάσεων τους, τη συνεργασιμότητα που επιδεικνύουν με άλλα υλικά, το μειωμένο βάρος τους και τα καλά θερμοτεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Για την παρασκευή τους ως τεχνική χρησιμοποιείται η όπτηση και ως πρώτη ύλη χρησιμεύουν η άμμος, η άργιλος και το νερό. Η ποιότητα των υλικών αυτών είναι καθοριστική για την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, όπως εξίσου καθοριστική είναι η διαδικασία παραγωγής τους. Η διαδικασία για την παραγωγή των οπτόπλινθων είναι αρκετά σύνθετη και χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία ως προς την ακριβή σύσταση της αργιλικής πρώτης ύλης.

Σε διάφορες φάσεις της παρασκευής είναι δυνατό επίσης να προστεθούν ποικίλες ουσίες, που προσδίδουν στα παραγόμενα προϊόντα διαφορετικά χαρακτηριστικά. Έτσι, για παράδειγμα, η πρόσμιξη κόκκων διογκωμένης πολυστερίνης, περλίτη ή άλλων διογκούμενων με την όπτηση υλικών δίνει πορώδη ελαφρά τούβλα, η προσθήκη διαφόρων χρωστικών ουσιών προσδίδει στα προϊόντα ποικίλους χρωματισμούς, όπως το κιτρινωπό χρώμα, που δίνει, για παράδειγμα, η αργιλική μάργα. Επίσης η επεξεργασία αργίλου, πυριτικής άμμου και αλουμίνας δίνει τούβλα με υψηλό σημείο τήξης, ιδιαίτερα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες (πυρότουβλα).

Όλων των ειδών τα τούβλα οφείλουν να πληρούν ορισμένες προδιαγραφές, που προσδίδουν σε αυτά ιδιότητες χαρακτηριστικές της ποιότητας του 'καλού' προϊόντος:

- Να είναι ανθεκτικά σε θλιπτικές καταπονήσεις
- Να είναι ανθεκτικά σε ακραίες καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα στον παγετό
- Να μη περιέχουν ξένες προσμίξεις που μπορεί αργότερα να προκαλέσουν προβλήματα
- Να είναι υδρατμοδιαπερατά, αλλά να μην παρουσιάζουν υψηλή υδραπορροφητικότητα
- Να έχουν καλή θερμοχρωρητικότητα και να προσφέρουν θερμική προστασία
- Να προσφέρουν ηχητική προστασία και να παρουσιάζουν χαρακτηριστικά πυραντίστασης
- Να επιτρέπουν την ισχυρή πρόσφυση στα κονιάματα
- Να έχουν ζωντανά χρώματα
- Να είναι εύχρηστα στην κατασκευή

Αντιθέτως, θα πρέπει:

- Να μη έχουν προσμίξεις αλάτων, ευδιάλυτων στο νερό (τα ευδιάλυτα άλατα με την προσθήκη ποσότητας ανθρακικού βαρίου στη φάση παρασκευής των τούβλων είναι δυνατό να μετατραπούν σε αδιάλυτα)
- Να μην παρουσιάζουν στην επιφάνεια τους ρωγμές, εξανθήματα, κηλίδες και απολεπίσεις
- Να μην είναι ψαθυρά και σαθρά

5.5.2 Συστήματα δόμησης [27]

Οι τοιχοποιίες από οπτόπλινθους στο σύνολο τους σχεδόν δομούνται και συνεχίζουν να δομούνται κατά το ισόδομο σύστημα και, ανάλογα με τον τρόπο εμπλοκής των τούβλων τους που καθορίζει και το πάχος τους, διακρίνονται σε δρομικές, ορθοδρομικές, μπατικές και σπανιότερα υπερμπατικές. Ειδικότερα:

- Δρομική είναι η τοιχοποιία που αποτελείται από ίδιου σχήματος τούβλα και στην οποία αυτά τοποθετούνται το ένα στη συνέχεια του άλλου, έχοντας την επιμήκη πλευρά τους παράλληλη προς το μήκος της τοιχοποιίας. Η δρομική τοιχοποιία αποτελεί το πιο διαδεδομένο σύστημα δόμησης.
- Ορθοδρομική είναι η δρομική τοιχοποιία, τα τούβλα της οποίας πατούν στη στενότερη πλευρά τους. Αποτελεί και αυτή σύστημα δόμησης που συναντάται αρκετά συχνά.
- Μπατική καλείται η τοιχοποιία που αποτελείται από ίδιου σχήματος τούβλα, το μήκος των οποίων εγκάρσια τοποθετημένων σε μια στρώση καταλαμβάνει πλάτος ίσο με αυτό δυο τούβλων παράλληλα τοποθετημένων κατά το σύστημα της δρομικής τοιχοποιίας. Στην μπατική τοιχοποιία η εγκάρσια και η διπλή δρομική τοποθέτηση εναλλάσσονται μεταξύ τους στις διαδοχικές στρώσεις.
- Ως υπερμπατική ορίζεται η τοιχοποιία, η κάθε στρώση της οποίας αποτελείται από εγκάρσια σειρά τούβλων και μια δρομική και των οποίων η θέση εναλλάσσεται στις διαδοχικές στρώσεις. Η υπερμπατική τοιχοποιία συναντάται σπανιότερα.

5.5.3 Μορφή, διαστάσεις και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά οπτόπλινθων

Οι οπτόπλινθοι παράγονται σε ποικίλα μεγέθη και μορφές από διάφορους παραγωγούς. Το σύνηθες σχήμα τους είναι αυτό του ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου με ποικιλία αναλογιών ως προς τις διαστάσεις των πλευρών τους. Ως προς τη μορφή τους διακρίνονται σε:

- συμπαγείς ή αλλιώς πλήρεις οπτόπλινθους,
- διάτρητες οπτόπλινθους με οριζόντιες οπές και
- διάτρητες οπτόπλινθους με κατακόρυφες οπές

Στις διάτρητες οπτόπλινθους οι οπές έχουν ορθογωνική ή κυκλική διατομή, χωρίζονται μεταξύ τους με τοιχώματα διαφόρων παχών, είναι διατεταγμένες σε σειρές και στήλες και αναπτύσσονται είτε προς την οριζόντια είτε προς την κατακόρυφη διάσταση. Η ύπαρξη των οπών στη μάζα των οπτόπλινθων αποσκοπεί αφενός στη μείωση του βάρους τους και αφετέρου στην αύξηση της θερμομονωτικής και ηχομονωτικής τους ικανότητας. Για την καλύτερη πρόσφυση του συνδετικού κονιάματος οι διάτρητες οπτόπλινθοι έχουν στην επιφάνεια τους ραβδώσεις, ενώ οι πλήρεις κοιλώματα.

Ωστόσο, σημαντικός παράγοντας στη δόμηση μιας τοιχοποιίας αναδεικνύονται οι διαστάσεις των τούβλων. Αυτές οφείλουν να είναι τέτοιες, που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των διαφόρων οικοδομικών μεγεθών και παράλληλα να επιτρέπουν την εύκολη δόμηση.

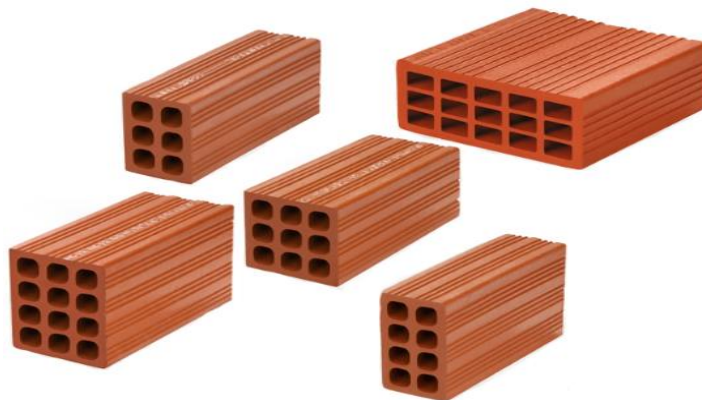
Παλαιότερα οι πλέον συνηθισμένες διαστάσεις τούβλων στην Ελλάδα είναι αυτές του εξάσπου με τις οριζόντιες οπές που έχει ύψος 6cm * πλάτος 9cm * μήκος 19cm. Τα τούβλα αυτά είναι εύχρηστα στην κατασκευή, καθώς το πλάτος τους καλύπτει το άνοιγμα της παλάμης και διευκολύνει τον κτίστη στη χρήση του. Εξυπηρετούν την κατασκευή ορθοδρομικών, δρομικών και μπατικών τοιχοποιιών. Στο πλάτος των 19cm μιας μπατικής οπτοπλινθοδομής αντιστοιχεί το μήκος ενός εγκάρσια τοποθετημένου τούβλου ή δύο παράλληλων με ενδιάμεση συνδετική στρώση κονιάματος πάχους 1cm, δηλαδή 9cm (τούβλο) + 1cm (κονίαμα) + 9cm (τούβλο) = 19cm (εγκάρσιο τούβλο). Τα τούβλα αυτά συνεχίζουν και σήμερα να χρησιμοποιούνται, όχι όμως σε μεγάλη έκταση.

Σε χρήση ήταν και συνεχίζουν να είναι επίσης:

- τα διάτρητα τούβλα με οριζόντιες οπές, με ύψος 9cm, πλάτος 9cm και μήκος 19cm,
- τα διάτρητα με κατακόρυφες οπές, με ύψος 7-8cm, πλάτος 9cm και μήκος 19cm,
- τα συμπαγή, με ύψος 4-8cm, πλάτος 9-10cm και μήκος 19-20cm.

Τα συμπαγή τούβλα που κατασκευάζονται σήμερα, σε αντιστάθμιση του βάρους τους, έχουν ως επί το πλείστον μικρότερο ύψος από τα διάτρητα. Καθώς μάλιστα τα συμπαγή χρησιμοποιούνται κυρίως ως διακοσμητικά σε εμφανείς τοιχοποιίες, οι διαστάσεις αυτές από αισθητικής άποψης δίνουν ένα πολύ καλύτερο αποτέλεσμα.

Σήμερα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των τούβλων ποικίλλουν και, παρά τις κατά καιρούς προσπάθειες που έγιναν, δεν υπάρχει κάποια τυποποίηση διαστάσεων, την οποία να είναι υποχρεωμένοι να τηρήσουν οι παραγωγοί. Λόγω μάλιστα της μεγάλης ποικιλίας διαστάσεων δεν ορίζονται πλέον από αυτές αλλά από τον αριθμό των οπών τους. Από τους κατασκευαστές διατίθεται μια πολύ μεγαλύτερη ποικιλία οπτόπλινθων τόσο ως προς τις διαστάσεις, όσο και ως προς τη διεύθυνση των οπών (οριζόντιες ή κατακόρυφες) ή άλλα γεωμετρικά και τεχνικά τους χαρακτηριστικά.



Σχήμα 5.1: Τούβλα διαφόρων διαστάσεων και οπών

Τα παλαιά εξάοπα τούβλα δεν προτιμούνται από τους κατασκευαστές, καθώς τα νέα πολύ μεγαλύτερων διαστάσεων, καθιστούν την κατασκευή πολύ πιο σύντομη. Είναι χαρακτηριστικό πάντως ότι για την κατασκευή ενός τετραγωνικού μέτρου δρομικής οπτοπλινθοδομής με τα 'μικρά' τούβλα διαστάσεων 6×9×19 (cm) απαιτούνται περί τα 70 τεμάχια, ενώ με τα 'μεγάλα' τούβλα διαστάσεων 9×15×25 (cm) αρκούν μόλις 25. [27]

Στην προτίμηση των περισσότερων κατασκευαστών είναι τα μεγάλα τούβλα με πλάτος συνήθως 7, 7,5, 9, 10, 12cm (καλούμενα και ως 'γλώσσες') και κάποια ακόμη μεγαλύτερα με πλάτος συνήθως 17, 18, 19, 20, 22 και 25 cm (καλούμενα και ως 'μπλόκια'). [23,27,28,32,42,46,47] Από τις διαστάσεις των τούβλων καθορίζονται αναπόφευκτα και τα πάχη των τοιχοποιιών. Συνήθως οι 'γλώσσες' χρησιμοποιούνται σε εσωτερικές διαχωριστικές τοιχοποιίες ή σε δικέλυφες εξωτερικές, ενώ τα 'μπλόκια' κατά κανόνα σε εξωτερικές. [27] Ωστόσο, ενώ παρατηρούμε μια μεγάλη διακύμανση στις διαστάσεις των τούβλων, μπορούμε να πούμε ότι τα πάχη των τοίχων είναι πιο περιορισμένα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα νέα μεγάλα τούβλα που χρησιμοποιούνται στις τοιχοποιίες εμπλέκονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι οπτοπλινθοδομές που κατασκευάζονται από αυτά στο πάχος τους να θεωρούνται ισοδύναμες μιας ορθοδρομικής, δρομικής, μπατικής ή υπερμπατικής οπτοπλινθοδομής [27] που κατασκευάζεται από μικρά τούβλα ή απλά από τούβλα διαφορετικών διαστάσεων. Τυπικές τιμές του πάχους μιας μονοκέλυφης ή δικέλυφης οπτοπλινθοδομής παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

Σε μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης των τούβλων με βάση τις διαστάσεις τους μπορούμε να τα ταξινομήσουμε ως 'μικρά' και 'μεγάλα' τα οποία με τη σειρά τους διακρίνονται στις 'γλώσσες' και στα 'μπλόκια'. Έτσι, οι πλέον συνηθισμένες διαστάσεις των οπτόπλινθων σήμερα μετρημένες σε cm παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.2: Ενδεικτικές διαστάσεις διάτρητων οπτόπλινθων [16,23,27,32,42,46,47,48]

'Μικρά' (ύψος×πλάτος×μήκος)	'Μεγάλα' (πλάτος×ύψος×μήκος)	
	'γλώσσες'	'μπλόκια'
6×9×19	7×15×33	15×18×32
6×9×12	7,5×13×25	17×13×28
9×9×18	7,5×13×28	17×13×33
7×9×19	7,5×15×25	17×15×33
8×9×19	7,5×15×35	17,5×15×25
9×9×19	8×15×30	18×15×32
6×12×19	8×15×32	19×13×32
9×12×19	9×13×33	19×14×32
	9×15×33	20×10×30
	9,2×15×32	20×15×25
	9×18×25	20×15×33
	10×15×32	22,5×15×25
	12×14×25	22,5×15×35
		25×10×30
		25×12×25
		25×12×33
		25×15×33
		25×15×35
		25×20×33
		28×15×28

Στον παρακάτω πίνακα 5.3α παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες μιας οπτοπλινθοδομής συμπεριλαμβανομένου του κονιάματος των αρμών για πλήρεις και διάτρητους οπτόπλινθους, όπως καθορίζονται σε ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 5.3α: Θερμοφυσικές ιδιότητες της οπτοπλινθοδομής [11]

υλικό	πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	ειδική θερμοχω- ρητικότητα $c_p(\text{J/(kgK)})$	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ
οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 12mm				
οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτόπλινθους	1200	0,490	1000	10-25
	1500	0,600	1000	10-25
	1700	0,680	1000	10-25
	1900	0,780	1000	10-25
οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτόπλινθους	1200 ⁽¹⁾	0,450	1000	5-10
	1500 ⁽¹⁾	0,510	1000	5-10
	1700 ⁽¹⁾	0,580	1000	5-10
	1900 ⁽¹⁾	0,640	1000	5-10

⁽¹⁾ Η πυκνότητα αναφέρεται στο υλικό κατασκευής του στοιχείου και όχι σε ολόκληρο το στοιχείο (πλίνθο).

Οι τιμές που αναγράφονται στο παραπάνω πίνακα είναι ενδεικτικές και αναφέρονται στον ισοδύναμο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σχεδιασμού (λ_{eq} σχεδιασμού) της τοιχοποιίας για ποσοστό υγρασίας 4% κατ' όγκο. Η τιμή λ_{eq} , συμπεριλαμβάνει στις θερμικές ιδιότητες της τοιχοποιίας την επίδραση συνδετικού κονιάματος πάχους 12 mm και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,80 \text{ W/(mK)}$. [11]

Στον παρακάτω πίνακα 5.3β παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες μιας οπτοπλινθοδομής συμπεριλαμβανομένου του κονιάματος των αρμών για πλήρεις και διάτρητους οπτόπλινθους, όπως καθορίζονται από παλαιότερες προδιαγραφές.

Πίνακας 5.3β: Θερμοφυσικές ιδιότητες της οπτοπλινθοδομής [5]

υλικό	πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	ειδική θερμοχω- ρητικότητα $c_p(\text{J/(kgK)})$	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ
τοιχοποιία από οπτόπλινθους συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών				
οπτόπλινθοι πλήρεις	1000	0,460	1000	
	1200	0,520	1000	
	1400	0,600	1000	
	1800	0,790	1000	
οπτόπλινθοι διάτρητοι	1000 ⁽²⁾	0,460	1000	
	1200 ⁽²⁾	0,520	1000	
	1400 ⁽²⁾	0,600	1000	

⁽²⁾ Η φαινόμενη πυκνότητα αναφέρεται σε ολόκληρο το στοιχείο (πλίνθο) συμπεριλαμβανομένων και των κενών.

Ως γνωστόν ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ εξαρτάται από τη πυκνότητα των υλικών. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι διάτρητοι οπτόπλινθοι κατασκευάζονται σε διάφορες διαστάσεις και με διαφορές ως προς το πλήθος των οπών τους. Μπορούν να κατασκευάζονται οπτόπλινθοι ίδιων διαστάσεων αλλά με διαφορετικό πλήθος και διάταξη οπών. Συνεπώς οι διάτρητοι οπτόπλινθοι παρουσιάζουν διαφορές στην αναλογία οπών και υλικού στον όγκο τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οπτοπλινθοδομές ίδιου πάχους να παρουσιάζουν καλύτερες ή χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες, δηλαδή μικρότερο ή μεγαλύτερο λ , ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των οπτόπλινθων που χρησιμοποιούνται και από το αν επιλέγονται οπτόπλινθοι μικρού ή μεγάλου μεγέθους. Διάτρητοι οπτόπλινθοι μεγαλύτερων διαστάσεων παρουσιάζουν καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες λόγω της μεγαλύτερης αναλογίας οπών στον όγκο τους.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε μια οπτοπλινθοδομή από διάτρητους οπτόπλινθους πάχους 6 ή 9cm μπορεί να αποδίδεται συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 ή και 0,72W/mK. Στο εμπόριο, επίσης, μπορούν να συναντηθούν οπτόπλινθοι με αρκετά χαμηλότερες τιμές λ . Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι ο ισοδύναμος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μιας οπτοπλινθοδομής

κατασκευασμένης από διάτρητους οπτόπλινθους διαστάσεων 20×10×30 (cm) σε δρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 20cm ή σε ορθοδρομικό σύστημα δόμησης δηλαδή σε πάχος 10cm μπορεί να ισούται με 0,4W/mK, 0,29 W/mK και 0,295 W/mK, [23,46], ανάλογα με το υλικό, το πλήθος, το μέγεθος και το σχήμα των οπών του.

5.5.4 Το ελάχιστο πάχος της τοιχοποιίας από οπτόπλινθους [49]

Το μέγεθος των τούβλων, από τα συνήθως διατιθέμενα στο εμπόριο, θα πρέπει να επιλέγεται με βάση το ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος ανεπίχριστου τοίχου έτσι ώστε σε αυτό να αντιστοιχεί ένα τούβλο ή ακέραιος αριθμός τούβλων (v) και αρμών ($v-1$) με τη μεγαλύτερη διάσταση παράλληλη στο επίπεδο του τοίχου. Στη περίπτωση που οι οπές διάτρητων τούβλων φτάνουν στις όψεις του κτιρίου, τότε αυτές θα σφραγίζονται με κονίαμα κατά την 1^η στρώση των επιχρισμάτων.

Το ελάχιστο πάχος τοίχου (t) ανάλογα με το ελεύθερο ύψος (h) και το ελεύθερο μήκος (l) του τοίχου είναι για τους εξωτερικούς τοίχους το μεγαλύτερο από $h/20$ ή $l/20$. Είναι δυνατό το ελεύθερο μήκος (l) του τοίχου να μειωθεί με την κατασκευή ενδιάμεσων στύλων (στύλοι ενίσχυσης) από οπλισμένο σκυρόδεμα ενταγμένων στο σώμα του τοίχου. Τότε το ελάχιστο πάχος του τοίχου θα είναι $t \geq l/10$ όπου (l) το ελεύθερο μήκος τοίχου μεταξύ των στύλων ενίσχυσης.

5.5.5 Οι μονοκέλυφες και οι δικέλυφες τοιχοποιίες

Ως μονοκέλυφη τοιχοποιία χαρακτηρίζεται η μονή τοιχοποιία, αποτελείται δηλαδή από ένα μονό κέλυφος. Η μονοκέλυφη τοιχοποιία αποτελείται κατά βάση συνήθως από μια μπατική οπτοπλινθοδομή όταν κατασκευάζεται από τούβλα μικρών διαστάσεων ή από μια δρομική οπτοπλινθοδομή όταν κατασκευάζεται από τούβλα μεγαλύτερων διαστάσεων και η οποία θα μπορούσαμε να πούμε ότι αντιστοιχεί σε μια μπατική οπτοπλινθοδομή ως προς το πάχος της. Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1, ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος της οπτοπλινθοδομής μπορεί να ισούται με 12, 19, 20, 24 ή και 25cm, ενώ το συνολικό πάχος μιας μονοκέλυφης τοιχοποιίας κυμαίνεται από 21 έως 33cm. [21,23,28,29,31,34,39]

Ως δικέλυφη τοιχοποιία χαρακτηρίζεται η διπλή τοιχοποιία. Πρόκειται για τοιχοποιία που αποτελείται από δύο κελύφη, που διαχωρίζονται από ένα διάκενο ή σπανιότερα είναι σε επαφή. Το διάκενο αυτό μπορεί να είναι αεριζόμενο ή μη αεριζόμενο, καθώς επίσης μπορεί στο σύνολο του ή κατά ένα μέρος του μπορεί να συμπληρωθεί με κάποια άλλη στρώση συνήθως από θερμομονωτικό υλικό. Τα κελύφη συνδέονται μεταξύ τους με ισχυρούς συνδέσμους, προκειμένου να μην αποχωρισθεί το ένα από το άλλο σε περίπτωση άσκησης επί αυτών ισχυρών δυνάμεων (π.χ. σεισμική καταπόνηση). Σε κάθε περίπτωση το διάκενο αέρα που μεσολαβεί μεταξύ των δύο κελύφων παρεμποδίζει την μετάδοση των εξωτερικών επιδράσεων από το εξωτερικό στο εσωτερικό κέλυφος και συμβάλλει στην εκτόνωση τους. [27]

Το εσωτερικό κέλυφος της δικέλυφης τοιχοποιίας αποτελεί την κύρια τοιχοποιία. Είναι αυτό που μπορεί να φέρει τα στατικά φορτία (όταν πρόκειται για φέρουσα τοιχοποιία), διαθέτει την απαραίτητη θερμική αδράνεια, λειτουργεί ως πρόσκαιρος αποταμιευτής θερμότητας, αξιοποιώντας τη θερμοχωρητικότητα της μάζας του όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια αυτού και προσφέρει σχετική ηχητική προστασία. Δέχεται την προστασία του εξωτερικού κελύφους έναντι των έντονων καιρικών φαινομένων και της θερμομονωτικής στρώσης έναντι των υψηλών θερμοκρασιακών διακυμάνσεων. Επηρεάζεται ελάχιστα από τη διάχυση των υδρατμών των εσωτερικών χώρων και τις επιφανειακές συμπυκνώσεις. [27] Το εσωτερικό κέλυφος μπορεί να κατασκευάζεται σε πάχη 6cm, 9cm, 10cm, 12cm, 19cm, 20cm και 24cm ή και σε άλλα πάχη ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις, τις διαστάσεις των οπτόπλινθων και το σύστημα δόμησης. [16,21,23,28,29,30,31,33,35,36,37,38,40] Σε ορισμένες περιπτώσεις, το εσωτερικό κέλυφος μιας δικέλυφης τοιχοποιίας στο διάκενο της οποίας σύρονται φύλλα συρόμενο κουφώματος, δύναται να κατασκευαστεί από ένα σύστημα ξηράς δόμησης στερεούμενο σε μεταλλικό σκελετό και αποτελούμενο από δύο στρώσεις γυψοσανίδας μεταξύ των οποίων τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. [21]

Το εξωτερικό κέλυφος θεωρείται ως συμπληρωματικό τμήμα της τοιχοποιίας, για αυτό και δεν θα πρέπει να φέρει ποτέ στατικά φορτία. Για την στατική εξασφάλιση τόσο έναντι σεισμού, όσο και έναντι της πίεσης του ανέμου στηρίζεται με ισχυρούς συνδέσμους στο εσωτερικό κέλυφος. Δέχεται τις καταπονήσεις από τον άνεμο, τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, τη συνδυασμένη δράση της βροχής και ανέμου, την ηλιακή

ακτινοβολία, τον παγετό και γενικώς από το σύνολο των καιρικών φαινομένων. Στην περίπτωση της δικέλυφης τοιχοποιίας με αεριζόμενο διάκενο αέρα ανοίγονται οπές σε προκαθορισμένες αποστάσεις στη βάση και στη στέψη του εξωτερικού κελύφους. Τότε προκειμένου να παρεμποδιστεί η είσοδος στο διάκενο πουλιών, εντόμων και τρωκτικών, θα πρέπει να τοποθετείται στην είσοδο των οπών του τοίχου πυκνό προστατευτικό πλέγμα. [27]

Το εξωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται κατά κύριο λόγο από οπτόπλινθους διάτρητους ή και πλήρεις (διακοσμητικά τούβλα). Το εξωτερικό κέλυφος από διάτρητους οπτόπλινθους μπορεί να συναντάται σε πάχη 6cm, 9cm και 10cm ή και σε άλλα πάχη ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις και τις διαστάσεις των οπτόπλινθων. Αντίστοιχα, μπορεί να κατασκευάζεται από συμπαγείς οπτόπλινθους σε πάχη 9cm και 11,5cm. [16,21,23,28,29,30,31,33,35,36,37,38] Εναλλακτικά, μπορεί να κατασκευάζεται από αργολιθοδομή από διακοσμητικές, φυσικές ή τεχνητές, πέτρες, από πλάκες μαρμάρου (ορθομαρμάρωση), από πετάσματα ορυκτών ή άλλων υλικών (τσιμεντοσανίδες, σανίδες ορυκτών ινών, πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος κτλ.), από εφυσωμένα κεραμικά πλακίδια και κεραμικές πλάκες, από ορυκτές, μεταλλικές ή πλαστικές πλάκες, από σανίδες ξύλου και μεταλλικά φύλλα. Τα δομικά αυτά υλικά μπορούν να αποτελούν την εξωτερική επενδυτική στρώση του εξωτερικού κελύφους (κατασκευασμένου από οπτόπλινθους) ή να αποτελούν από μόνα τους το εξωτερικό κέλυφος της κατασκευής. [27] Η αργολιθοδομή από διακοσμητικές, φυσικές ή τεχνητές, πέτρες μπορεί να αποτελεί το εξωτερικό κέλυφος μιας δικέλυφης τοιχοποιίας με εσωτερικό κέλυφος από οπτόπλινθους και ενδιάμεση θερμομονωτική στρώση. [39,43] Εναλλακτικά, η αργολιθοδομή όπως και τα υπόλοιπα δομικά υλικά που αναφέρονται παραπάνω μπορούν να αποτελούν το εξωτερικό κέλυφος (αεριζόμενη πρόσοψη) μιας αεριζόμενης δικέλυφης τοιχοποιίας με εσωτερικό κέλυφος από οπτόπλινθους, με ενδιάμεση θερμομονωτική στρώση και αεριζόμενο διάκενο. [27]

Οι κυριότερες μορφές δικέλυφων τοιχοποιιών είναι οι εξής:

- Δικέλυφη τοιχοποιία χωρίς ενδιάμεσο διάκενο

Η δικέλυφη αυτή τοιχοποιία κατασκευάζεται από δύο κελύφη τα οποία βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. [21] Η τοιχοποιία αυτή μπορεί να θερμομονώνεται εσωτερικά ή και εξωτερικά όταν το εξωτερικό κέλυφος δεν έχει διακοσμητικό ρόλο.

- Δικέλυφη τοιχοποιία με κλειστό στρώμα αέρα και χωρίς θερμομόνωση

Στην περίπτωση αυτής της δικέλυφης τοιχοποιίας το διάκενο μεταξύ των δύο κελυφών προστατεύει το εσωτερικό κέλυφος από τη βροχή και εφόσον δεν είναι αεριζόμενο προσφέρει και μια στοιχειώδη θερμική προστασία. [27] Το πάχος του διακένου καθορίζεται βάσει κατασκευαστικών απαιτήσεων με τυπικές τιμές αυτές των 2cm, 4cm, 5cm και 6cm. [21,28,31]

Η τοιχοποιία αυτή απαντάται κυρίως παλαιότερα ενώ πλέον δεν προτιμάται καθώς δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης. [27] Για αυτό θα πρέπει να θερμομονώνεται. Στους τοίχους, λοιπόν, υπάρχοντων κτιρίων με κλειστό διάκενο αέρα η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετείται είτε εξωτερικά του τοίχου είτε εσωτερικά αυτού. Αν αυτοί οι τρόποι θερμομόνωσης δεν είναι εφικτή μπορούν να ανοιχτούν προσωρινές τρύπες και να γεμίσει το διάκενο με συγκεκριμένη μεθοδολογία με κόκκους θερμομονωτικού υλικού. [28] Με αυτόν τον τρόπο αποκτούμε δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα και χωρίς ενδιάμεσο διάκενο.

- Δικέλυφη τοιχοποιία με αεριζόμενο στρώμα αέρα και χωρίς θερμομόνωση

Στην περίπτωση αυτής της δικέλυφης τοιχοποιίας, το αεριζόμενο διάκενο παρεμποδίζει τη μετάδοση της υγρασίας από το εξωτερικό κέλυφος στο εσωτερικό, η οποία μπορεί να δημιουργείται λόγω της βροχής. Βοηθάει στον αερισμό της τοιχοποιίας, απομακρύνοντας τους διαχεόμενους μέσω του εσωτερικού κελύφους υδρατμούς του εσωτερικού χώρου, και στο στέγνωμα του εξωτερικού κελύφους. Ο αερισμός του επιτυγχάνεται μέσω οπών που ανοίγονται σε προκαθορισμένες αποστάσεις στη βάση και στη στέψη του εξωτερικού κελύφους. [27]

Σε δικέλυφες τοιχοποιίες με διάκενο εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος, θεωρείται ότι στο διάκενο αυτό παρατηρείται ήπια κίνηση του αέρα και οι τοιχοποιίες αυτές υπολογίζονται ως αεριζόμενες. [11] Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος του διακένου αυτού μπορεί να ισούται με 13cm. [21] Ωστόσο, στις τοιχοποιίες αυτές το διάκενο αέρα έχει κατασκευαστικό κυρίως ρόλο.

Γενικά, οι τοιχοποιίες αυτές απαντώνται κυρίως παλαιότερα ενώ πλέον δεν προτιμώνται καθώς δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις θερμομόνωσης. [27] Για αυτό θα πρέπει να θερμομονώνονται. Αν η θερμομονωτική στρώση δεν τοποθετηθεί στην εσωτερική όψη της τοιχοποιίας, μπορεί να γίνει πλήρωση του διακένου με κάποιο μονωτικό υλικό. Στην περίπτωση, δικέλυφων τοιχοποιιών με διάκενο εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος, η θερμομόνωση τους μπορεί να επιτευχθεί με αντικατάσταση των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ή επάλληλα οπότε γίνεται πλήρωση του κενού με θερμομονωτικές πλάκες. [28]

- Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα και χωρίς στρώμα αέρα

Η δικέλυφη αυτή τοιχοποιία αποτελεί τον πλέον συνήθη τύπο τοιχοποιίας στην σημερινή ελληνική πραγματικότητα καθώς πληρεί ικανοποιητικά τις απαιτήσεις μιας σύγχρονης κατασκευής. Στη δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ των δύο τοίχων και κατά την τοποθέτησή του θα πρέπει να στερεώνεται καλά επάνω στην τοιχοποιία και να εφάπτεται στα δύο κελύφη της. [27]

Η θερμομονωτική στρώση καλύπτει τις κατ'εξοχήν ανάγκες της τοιχοποιίας σε θερμομόνωση. Το πάχος της εξαρτάται από το είδος του υλικού και καθορίζεται από υπολογισμό, έτσι ώστε η κατασκευή στο σύνολο της να πληρεί τις απαιτήσεις του θερμομόνωσης. Σε συνήθεις κατασκευές, το πάχος του χρησιμοποιούμενου υλικού προκύπτει από 4cm έως 8cm. Γενικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα θερμομονωτικά υλικά. Σε περίπτωση, όμως που το εξωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από τούβλα και καταπονείται έντονα από τη βροχή, καλό είναι να προτιμηθούν θερμομονωτικά υλικά απρόσβλητα από την υγρασία (π.χ. αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη), διότι ενδεχόμενη προσβολή τους θα περιορίσει τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες. [23,27] Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης, έτσι σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού, με αποτέλεσμα να προσβάλλει το θερμομονωτικό υλικό. [23]

- Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα και αεριζόμενο στρώμα αέρα

Η δικέλυφη αυτή τοιχοποιία συνδυάζει τη θερμομόνωση πυρήνα και το αεριζόμενο διάκενο. Για την αποτελεσματική θερμική προστασία του δομικού στοιχείου το διάκενο αέρα πρέπει να αφήνεται μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και του εξωτερικού κελύφους δηλαδή, το θερμομονωτικό υλικό πρέπει να εφάπτεται στον εσωτερικό τοίχο και ποτέ στο εξωτερικό κέλυφος καθώς μάλιστα αυτό δε λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της θερμικής επάρκειας της τοιχοποιίας. [27] Η θερμομονωτική στρώση καλύπτει τις κατ'εξοχήν ανάγκες της τοιχοποιίας σε θερμομόνωση. Ως θερμομονωτικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε μονωτικό υλικό. [50] Το πάχος της μονωτικής στρώσης εξαρτάται από το είδος του υλικού και καθορίζεται από υπολογισμό, έτσι ώστε η κατασκευή στο σύνολο της να πληρεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο ΚΕΝΑΚ.

Το αεριζόμενο διάκενο παρεμποδίζει το νερό της βροχής, που ενδεχομένως προσβάλλει το εξωτερικό κέλυφος, να φτάσει μέχρι τη θερμομονωτική στρώση, και παράλληλα συμβάλλει στην απομάκρυνση των διαχεόμενων υδρατμών από το εσωτερικό του κτίσματος, παρεμποδίζοντας έτσι το σχηματισμό υγρασίας συμπύκνωσης. [50] Επιπλέον, κατά την καλοκαιρινή περίοδο, η αεριζόμενη πρόσοψη συνεισφέρει τόσο στη σκίαση του τοίχου και, συνεπώς, στη μειωμένη θερμική επιβάρυνση αυτού, όσο και στη μεταφορά θερμότητας από τον τοίχο στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο. Όσον αφορά, τη χειμερινή περίοδο η αεριζόμενη πρόσοψη συνεισφέρει στη θερμική προστασία του κτιρίου καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο διάκενο είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και συνεπώς περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. [7]

Το διάκενο αυτό μπορεί να επικοινωνεί με τον εξωτερικό αέρα με οπές ή σχισμές, που βρίσκονται στο άνω και κάτω μέρος του εξωτερικού κελύφους. [27] Το πάχος του αεριζόμενου διακένου καθορίζεται βάσει των κατασκευαστικών απαιτήσεων και της λειτουργίας που καλείται να εξυπηρετήσει. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι πάχος αεριζόμενου διακένου ίσο με 4cm, με τις κατάλληλες οπές, εξασφαλίζει την απαραίτητη κίνηση του αέρα και τα πλεονεκτήματα της αεριζόμενης θερμομονωμένης δικέλυφης τοιχοποιίας. [40] Γενικά, μπορεί να κατασκευαστεί και με πάχος έως και 10cm. [27] Με την έννοια του αεριζόμενου διακένου ως διάκενο για την προστασία της θερμομονωτικής στρώσης και του εσωτερικού κελύφους έναντι της βροχής ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm, είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης, ενώ για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5 cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό. [23]

Σε δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος, θεωρείται ότι στο διάκενο αυτό παρατηρείται ήπια κίνηση του αέρα και οι τοιχοποιίες αυτές υπολογίζονται ως αεριζόμενες. [11] Το διάκενο αυτό συναντάται σε πάχη 9cm, 13cm και 15cm. [21,29,31] Ωστόσο, στις τοιχοποιίες αυτές το διάκενο αέρα έχει κατασκευαστικό κυρίως ρόλο.

Σύμφωνα με πειραματική μελέτη [40] που διεξάχθηκε, ελέγχθησαν δύο δοκίμια ίσου πλάτους: ένα αεριζόμενο στοιχείο τοίχου (το οποίο θα καλείται αεριζόμενος τοίχος) και ένα αεριζόμενο στοιχείο τοίχου με ενσωματωμένο φράγμα ακτινοβολίας (το οποίο θα καλείται αναβαθμισμένος αεριζόμενος τοίχος). Τα δοκίμια, συνολικού πάχους 24cm, αποτελούνται από τα ακόλουθα στρώματα απαριθμούμενα από το εξωτερικό προς το εσωτερικό περιβάλλον, ασβεστοκονίαμα πάχους 1,5cm, προκατασκευασμένες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 2,5cm ειδικής κατασκευής, διάκενο αέρα πάχους 4cm, θερμομονωτικό στρώμα από πετροβάμβακα σε επαφή με τα τούβλα πάχους 5 cm, τουβλοδομή πάχους 9cm και ασβεστοκονίαμα πάχους 2cm. Ο τρόπος κατασκευής και τα πάχη των επιμέρους στοιχείων των δοκιμών ανταποκρίνονται στις τοιχοποιίες που κατασκευάζονται στην πράξη με τη συγκεκριμένη τεχνική (το πάχος της θερμομόνωσης μπορεί να μεταβληθεί). Η διαφορά μεταξύ των δύο δομικών στοιχείων συνίσταται σε ένα πολύ μικρού πάχους φύλλο ανακλαστικής επιφάνειας, το οποίο τοποθετήθηκε σε επαφή με τις προκατασκευασμένες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος στον αναβαθμισμένο αεριζόμενο τοίχο. [40]

Η πειραματική μελέτη έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας στη θερινή περίοδο, η ύπαρξη διακένου αέρα στο δοκίμιο μειώνει αισθητά τις ανάγκες του στοιχείου για δροσισμό, ενώ κατά τη διάρκεια της νύκτας, το στοιχείο συμπεριφέρεται παρόμοια με την ύπαρξη ή όχι διακένου αέρα. Γενικά αποδείχθηκε ότι σε 24ωρη βάση οι αεριζόμενες τοιχοποιίες έχουν καλύτερη απόδοση σε σχέση με τη συμβατική. Επιπλέον, η χρήση φράγματος ακτινοβολίας επαυξάνει σημαντικά την απόδοση του αεριζόμενου τοίχου κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι. Όσον αφορά, την επιφάνεια των ανοιγμάτων εισόδου/εξόδου του αέρα στο δοκίμιο αποδείχθηκε ότι έχει μικρή επίδραση στη συμπεριφορά των αεριζόμενων τοιχοποιιών. Για τον αεριζόμενο τοίχο, το μεγαλύτερο άνοιγμα φαίνεται να έχει την καλύτερη απόδοση κατά τη διάρκεια του 24ωρου ενώ κατά τη διάρκεια της νύκτας το μέγεθος των ανοιγμάτων δε φαίνεται να έχει κάποια ιδιαίτερη επίδραση. Για τον αναβαθμισμένο αεριζόμενο τοίχο, το μεσαίο μέγεθος ανοιγμάτων αέρα φαίνεται να έχει την καλύτερη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μελέτη, επίσης, έδειξε ότι ο μηχανικός αερισμός του διακένου αέρα βελτιώνει τη συμπεριφορά των αεριζόμενων δοκιμών τοίχου ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ κατά τη νύκτα συνεισφέρει στην απομάκρυνση της αποθηκευμένης θερμότητας στο δοκίμιο. Επίσης, όσο μεγαλύτερη ήταν η παροχή του αέρα στο διάκενο, τόσο καλύτερη ήταν η απόδοση του στοιχείου στην απομάκρυνση θερμότητας. [40]

Συμπερασματικά, τα αεριζόμενα δομικά στοιχεία μπορούν να βελτιώσουν τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους ενός κτιρίου, ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο και να συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Η κυκλοφορία του αέρα μέσα στο διάκενο διευκολύνει την απόρριψη θερμότητας διαμέσω του τοίχου, συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο στη μείωση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου για δροσισμό. Επιπλέον, η συνολική χρήση ενός φράγματος ακτινοβολίας καθώς και ο μηχανικός αερισμός του διακένου αέρα βελτιώνουν περαιτέρω την απόδοση του αεριζόμενου τοίχου κατά τη θερινή περίοδο. [40]

Γενικά, αυτός ο τύπος τοιχοποιίας έχει αρχίσει τελευταία να κερδίζει την προτίμηση των κατασκευαστών, καθώς όπως αποδείχθηκε παρουσιάζει βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά και προσφέρει την οφειλόμενη προστασία τόσο έναντι των καιρικών φαινομένων, όσο και έναντι των θερμικών απωλειών. [27]

- Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα και κλειστό στρώμα αέρα

Η δικέλυφη αυτή τοιχοποιία συνδυάζει τη θερμομόνωση πυρήνα και το μη αεριζόμενο διάκενο. Για την αποτελεσματική θερμική προστασία του δομικού στοιχείου το διάκενο αέρα πρέπει να αφήνεται μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και του εξωτερικού κελύφους και το θερμομονωτικό υλικό πρέπει να εφάπτεται στον εσωτερικό τοίχο. Η θερμομονωτική στρώση καλύπτει τις κατ'εξοχήν ανάγκες της τοιχοποιίας σε θερμομόνωση. Το πάχος της εξαρτάται από το είδος του υλικού και καθορίζεται από υπολογισμό, έτσι ώστε η κατασκευή στο σύνολο της να πληρεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο ΚΕνΑΚ. [27]

Η ύπαρξη μη αεριζόμενου διακένου συμβάλλει στην προστασία του θερμομονωτικού υλικού από τη βροχή ενώ παράλληλα, προσφέρει και μια στοιχειώδη θερμική προστασία. [27] Το πάχος του κλειστού διακένου καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες με τυπικές τιμές αυτές των 2cm, 5cm και 7cm. [21,23,30] Με την έννοια του διακένου αέρα ως διάκενο για την προστασία της θερμομονωτικής στρώσης και του εσωτερικού κελύφους έναντι της βροχής ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm, είναι κατάλληλο για όλους τους

βαθμούς έκθεσης, ενώ για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5 cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό. [23]

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση θερμομονωτικών υλικών εντός ενός διακένου που δεν αερίζεται, δεν προδικάζει τις ιδιότητες πυραντοχής του τοίχου. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι απίθανο να αναφλεγούν αν η φωτιά διεισδύσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται. Η εξάπλωση της φλόγας θα είναι ελάχιστη αφού δεν θα υπάρχει αρκετός αέρας για να διατηρήσει την καύση. [23]

5.6 Οι τσιμεντόλιθοι

Οι τσιμεντόλιθοι υπάγονται στην κατηγορία λιθοσωμάτων από σκυρόδεμα και κατασκευάζονται από τσιμεντοκονίαμα, που περιέχει άμμο επιλεγμένης κοκκομετρικής σύνθεσης και διάφορα πρόσμεικτα (αμμοχάλικο, σκωρίες κτλ.). [27] Η τελική τους μορφή είναι ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και το σχήμα αυτό το σχήμα το παίρνουν σε ειδικά μεταλλικά καλούπια μετά από συμπίεση και δόνηση. [52] Στη συνήθη μορφή τους είναι διάτρητοι με κατακόρυφες ορθογώνιες οπές ή άλλης μορφής, είτε παρουσιάζουν στη μάζα τους δύο μεγάλα κοιλώματα τετραγωνικής διατομής.[27,52] Έτσι, παρά τις μεγάλες τους διαστάσεις δεν έχουν υπερβολικό βάρος (ένας τσιμεντόλιθος ζυγίζει περίπου 11 κιλά). [52] Σε σπάνιες περιπτώσεις είναι συμπαγείς, εμπεριέχουν όμως τότε στη μάζα του πορώδη υλικά για μείωση του βάρους τους. [27]

Οι συνήθεις διαστάσεις των τσιμεντόλιθων είναι 39 cm x 19 cm με πάχη 9 cm, 15 cm και 19cm. [53] Ωστόσο, στο εμπόριο παράγονται τσιμεντόλιθοι σε μεγάλη ποικιλία διαστάσεων. Τσιμεντόλιθοι με μικρά πάχη όπως 9, 9,5 και 10cm χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων καθώς και ως διακοσμητικοί, όταν είναι προσεγγμένης κατασκευής, προκειμένου να διαμορφώσουν το εξωτερικό κέλυφος δικέλυφης τοιχοποιίας. Ενώ, τσιμεντόλιθοι με μεγαλύτερα πάχη όπως 15, 16, 17, 19 και 20cm χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοίχων. [27,51,52,53,54,55,56]

Παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ορισμένες ενδεικτικές διαστάσεις τσιμεντόλιθων, εκφρασμένες σε (πλάτος×ύψος×μήκος σε cm).

Πίνακας 5.4: Ενδεικτικές διαστάσεις τσιμεντόλιθων [27,51,52,53,54,55,56]

Τσιμεντόλιθοι (πλάτος×ύψος×μήκος)
9×19×39
15×19×39
19×19×39
16×16,5×34
16×16,5×35
16×17×33
9,5×17×36,5
10×17×34
17×17×34
20×17×40
20×20×40

Οι τσιμεντόλιθοι είχαν βρει μεγάλη εφαρμογή στη δεκαετία του '60 και του '70. Σε σχέση με τις οπτοπλινθοδομές παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα, που άλλωστε ήταν και ο λόγος της ευρείας χρήσης τους. [51] Είναι πιο εύκολοι στην παραγωγή τους (δεν χρειάζονται την πολύπλοκη διαδικασία της όπτησης) και συνεπώς είναι φθηνότεροι, ενώ, παράλληλα, λόγω των διαστάσεων τους, βοηθούν στην ταχύτερη κατασκευή της τοιχοποιίας. [27] Ακόμη, στην περίπτωση που στους τσιμεντόλιθους υπάρχουν κατάλληλες οπές μπορεί να τοποθετηθεί κατακόρυφος οπλισμός και να πληρωθούν οι τρύπες με κονίαμα ώστε να δημιουργηθεί μια κατασκευή με βελτιωμένη αντοχή. Έτσι, οι τοιχοποιίες αυτές μπορούν να κατασκευάζονται και ως φέρουσες αλλά μόνο για χαμηλές κατασκευές. [51]

Όστόσο σταδιακά η χρήση τους περιορίστηκε και σήμερα τείνει να εγκαταλειφθεί, επειδή παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα:

- Δεν προσφέρουν σημαντική ηχοπροστασία και θερμοπροστασία
- Δε τεμαχίζονται εύκολα και δυσχεραίνουν την διάνοιξη οπών και διαύλων στην επιφάνεια τους για διέλευση των υδραυλικών και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων
- Απορροφούν το νερό του επιχρίσματος, εξαναγκάζοντας το σε ταχεία ξήρανση και προκαλώντας κατά αυτό τον τρόπο συχνά ρωγμές στην επιφάνεια του επιχρίσματος. [27]
- Παρουσιάζουν δυσκολία στην κατασκευή τοίχων που η μορφή τους έχει γωνίες και πολύπλοκα σπασίματα (εσοχές, εξοχές κ.τ.λ.). [51]

Σήμερα οι τσιμεντόλιθοι χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε κατασκευές δευτερεύουσας χρήσης και σε κατασκευές χαμηλών απαιτήσεων ποιότητας (π.χ. μαντρότοιχους, μικρές εξωτερικές αποθήκες, βοηθητικά κτίσματα), όπως και ως διακοσμητικοί. Λόγω, όμως, του χαμηλού τους κόστους και της ευκολίας που προσφέρουν στη δόμηση, συναντώνται και σε κύριες κτιριακές κατασκευές. [27]

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για να καλύπτει μια τοιχοποιία κατασκευασμένη από τσιμεντόλιθους τις απαιτήσεις που θέτει ο ΚΕνΑΚ για τον συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών για κάθε κλιματική ζώνη είναι απαραίτητο να συνδυάζεται με κάποιο μονωτικό υλικό. Στην περίπτωση μονοκέλυφης κατασκευής το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται εσωτερικά ή εξωτερικά της τσιμεντολιθοδομής σε τέτοιο πάχος ώστε ανάλογα με τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες διάτρητων και πλήρων τσιμεντόλιθων, όπως καθορίζεται σε ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 5.5: Θερμοφυσικές ιδιότητες διάτρητων και πλήρων τσιμεντόλιθων [11]

υλικό	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK)	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ
Τοιχοποιία από τσιμεντόλιθους συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών				
τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή	1200	0,560	1000	8-10
	1400	0,700	1000	8-10
	1600	0,790	1000	15-25
	1800	0,990	1000	15-25
	2000	1,100	1100	15-25
	2200	1,300	1100	15-25

5.7 Τα θερμομονωτικά τούβλα

Ως θερμομονωτικά τούβλα χαρακτηρίζονται οι οπτόπλινθοι με βελτιωμένη ενεργειακή συμπεριφορά. Πρόκειται για: [2]

- τούβλα μεγάλων διαστάσεων και πάχους,
- τούβλα με μεγάλο ποσοστό κάλυψης από οπές
- τούβλα με ποσοστό ανάμιξης με πρόσθετα υλικά. [2]

Τα τούβλα αυτά βρίσκουν εφαρμογές σε τοιχοποιίες κατοικιών καθώς και σε τοιχοποιίες μεγάλης επιφάνειας όπως σε σχολεία, στάδια, γυμναστήρια και βιομηχανικά κτίρια. Επιπλέον λόγω του υγιεινού περιβάλλοντος και της εξαιρετικής αντοχής στις πυρκαγιές που προσφέρουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε βιομηχανίες τροφίμων. [32]

Τα πορώδη-ελαφρά τούβλα παράγονται με την ανάμιξη του πηλού με υλικά, τα οποία είναι δυνατόν να καούν, όπως πριονίδια, σκόνη ξυλάνθρακα, λιγνίτη ή γαϊάνθρακα, διογκωμένη πολυστερίνη, περλίτη κ.ά. Κατά τη διάρκεια της όπτησης καίγονται οι πρόσθετες ουσίες, οπότε δημιουργούνται κενά μέσα στην αργιλόμαζα. Άλλος τρόπος παρασκευής πορώδων τούβλων είναι η προσθήκη στο κονίαμα αφρώδους υλικού, όπως χλωριούχο ασβέστιο, σκόνη αλουμινίου, κλπ., το οποίο προκαλεί φυσαλίδες και τελικά δημιουργούνται πόροι. Στα ελαφρά τούβλα περιλαμβάνονται και τα κυψελωτά, τα οποία παράγονται με την ανάμιξη αργίλου με φυσική ή τεχνητή ρητίνη και λεπτόκοκκη διογκωμένη πολυστερίνη. [45] Στη μάζα, λοιπόν, των τούβλων

αυτών δημιουργούνται πολλές μικρές σφαιρικές κοιλότητες που περιέχουν αέρα και που άλλοτε επικοινωνούν και άλλοτε δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό είναι γνωστά και ως θερμομονωτικά τούβλα. [27]

Τα θερμομονωτικά τούβλα έχουν το χρώμα και τη μορφή των κοινών τούβλων. Είναι κατά 25% με 40% ελαφρότερα από τα κοινά διάτρητα τούβλα, με φαινόμενο ειδικό βάρος που εξαρτάται από το πλήθος και το μέγεθος των οπών τους και κυμαίνεται μεταξύ 700 και 850 kg/m³. Έχουν σταθερό όγκο, δεν προσβάλλονται από έντομα και τρωκτικά και αντιδρούν στις χημικές ενώσεις, όπως όλα τα τούβλα. Δεν φθείρονται με την πάροδο του χρόνου, ούτε καταστρέφονται. Δεν καίγονται, δεν διαδίδουν την φωτιά και αντέχουν σε έντονες θερμοκρασιακές καταπονήσεις, στον παγετό και στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. [50]

Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοιχοποιιών μονοκέλυφων πλήρωσης. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την κατασκευή φερουσών τοιχοποιιών μικρών κτισμάτων, εφόσον μπορούν να παραλάβουν τα φορτία και να καλύψουν τις απαιτήσεις του αντισεισμικού κανονισμού. [50] Τα τούβλα αυτά παραλαμβάνουν υψηλά θλιπτικά φορτία, γραμμικά και μοναχικά, είναι όμως μικρότερης αντοχής έναντι των κοινών τούβλων. Η αντοχή τους σε θλιπτικές καταπονήσεις φτάνει περίπου τα 5MPa. Για αυτό και δεν συνίσταται η χρήση τους σε φέρουσα τοιχοποιία. Βέβαια, όσο μικρότεροι είναι οι πόροι στη μάζα του υλικού, τόσο περισσότερο αυξάνεται η θλιπτική αντοχή των τούβλων, όπως επίσης τόσο περισσότερο βελτιώνονται και τα θερμοτεχνικά τους χαρακτηριστικά. Ορισμένοι παραγωγοί δίνουν στα προϊόντα τους θλιπτική αντοχή που μπορεί να φτάσει τα 30MPa. [27]



Σχήμα 5.2: Θερμομονωτικά τούβλα διαφόρων διαστάσεων και οπών

Στο εμπόριο τα θερμομονωτικά τούβλα κυκλοφορούν σε διάφορα μεγέθη, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των διαφόρων εταιριών. [50] Παρουσιάζουν μια ποικιλία διαστάσεων, ενώ παράλληλα διαφοροποιούνται και ως προς το μέγεθος και τον αριθμό των οπών τους και από άλλα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ορισμένες ενδεικτικές διαστάσεις θερμομονωτικών τούβλων, εκφρασμένες σε (πλάτος×ύψος×μήκος σε cm).

Πίνακας 5.6: Ενδεικτικές διαστάσεις θερμομονωτικών τούβλων [32,42,46,47,57]

Θερμομονωτικά τούβλα (πλάτος×ύψος×μήκος)
25×13×31
25×14×33
25×15×31
25×20×30
25×24×25
25×14,5×33
28×14×33
28×15×33
28×16×24
28×16×31
30×14,5×33
30×24×25

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες μιας οπτοπλινθοδομής κατασκευασμένης από πορώδεις αργιλικές οπτόπλινθους, όπως καθορίζονται σε ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 5.7: Θερμοφυσικές ιδιότητες οπτοπλινθοδομής από πορώδεις αργιλικές οπτόπλινθους [11]

υλικό	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK)	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ
Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 12mm				
Πορώδεις αργιλικές οπτόπλινθοι (πορώδη τούβλα)	940	0,260	1000	10

Ωστόσο, στο εμπόριο συναντώνται θερμομονωτικά τούβλα με διάφορους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας αναλόγως της σύστασης τους και του πλήθους και μεγέθους των οπών τους. Έτσι, χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι θερμομονωτικά τούβλα διαστάσεων 25×14×33 (cm) με μικτή ξηρά πυκνότητα 740kg/m³ που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οπτοπλινθοδομής πάχους 25cm παρουσιάζουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,270W/mK, ενώ τούβλα διαστάσεων 28×15×33(cm) με μικτή ξηρά πυκνότητα 780kg/m³ που χρησιμοποιούνται για οπτοπλινθοδομή πάχους 28cm παρουσιάζουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,230W/mK. [32] Επίσης, θερμομονωτικά τούβλα διαστάσεων 25×20×30 (cm) που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οπτοπλινθοδομής πάχους 25cm μπορούν να παρουσιάζουν μικτή ξηρά πυκνότητα 780kg/m³ και 900kg/m³ με αντίστοιχους ισοδύναμους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,203W/mK και 0,182W/mK. [46] Παράλληλα, συναντώνται θερμομονωτικά τούβλα με σημαντικά μικρότερο ισοδύναμο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας όπως θερμομονωτικά τούβλα διαστάσεων 25×24×25 (cm) και 30×24×25 (cm) που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οπτοπλινθοδομών πάχους 25cm και 30cm αντίστοιχα και τα οποία παρουσιάζουν ισοδύναμο συντελεστή λ ίσο με 0,116W/mK και 0,115W/mK αντίστοιχα. [42]

Όπως προαναφέρθηκε, τα θερμομονωτικά τούβλα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μονοκέλυφων εξωτερικών τοιχοποιιών. Από τις διαστάσεις των θερμομονωτικών τούβλων καθορίζονται αναπόφευκτα και τα πάχη των τοιχοποιιών. Το πάχος μιας οπτοπλινθοδομής κατασκευασμένης από θερμομονωτικά τούβλα καθορίζεται από το πλάτος των οπτόπλινθων αυτών. Ενδεικτικά, λοιπόν, αναφέρεται ότι τα πάχη των οπτοπλινθοδομών αυτών μπορεί να ισούνται με 23cm, 24cm, 25cm, 28cm ή και 30cm ανάλογα με τις διαστάσεις του τούβλου που χρησιμοποιείται. [16,27,32,42]

Οι τοιχοποιίες από θερμομονωτικά τούβλα επιχρίονται εξωτερικά και εσωτερικά με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται και στα κοινά τούβλα. [50] Σημαντικό πλεονέκτημα των οπτόπλινθων αυτών είναι η άριστη πρόσφυση που προσδίδουν σχεδόν σε όλα τα επιχρίσματα που επιστρώνονται στην επιφάνεια τους λόγω της πορώδους υφής τους. [27] Αυτό που πρέπει να προσέξει κανείς είναι το συνδετικό τους κονίαμα, που πρέπει να παρουσιάζει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ανάλογο αυτού των θερμομονωτικών τούβλων. Διαφορετικά οι μεταξύ τους αρμοί κινδυνεύουν να λειτουργήσουν ως θερμογέφυρες. [50]

Σε μια οπτοπλινθοδομή από θερμομονωτικά τούβλα μπορούν να αντιστοιχούν διάφοροι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας για ίδια πάχη οπτοπλινθοδομής, λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν τα τούβλα αυτά, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω. Αυτό το χαρακτηριστικό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη θερμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας, καθώς σε περιπτώσεις όπου για το ίδιο πάχος η οπτοπλινθοδομή παρουσιάζει χαμηλό συντελεστή λ ικανοποιεί τις απαιτήσεις του KENAK ενώ σε άλλες όχι. Στην περίπτωση που η τοιχοποιία παρουσιάζει υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας απαιτείται η προσθήκη επιπλέον θερμομονωτικού υλικού, καθώς μεγαλύτερα πάχη τούβλων αποβαίνουν σε βάρος του ωφέλιμου χώρου του κτιρίου. [50] Το θερμομονωτικό υλικό συνήθως προτιμάται να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας. [32] Ως μονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα ελαφρά μονωτικά υλικά και το πάχος τους μπορεί να υπολογισθεί ανάλογα των απαιτήσεων θερμομόνωσης. Επίσης, για την ενίσχυση της θερμικής προστασίας της τοιχοποιίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και θερμομονωτικά επιχρίσματα. [16,32]

Τα πορώδη θερμομονωτικά τούβλα παρουσιάζουν δύο βασικές ιδιότητες, δηλαδή παρουσιάζουν θερμοχωρητικότητα και θερμοπροστασία. Λόγω της μάζας τους μπορούν να αποθηκεύουν ποσότητες θερμότητας και να τις επαναποδίδουν αργότερα, με τη διακοπή της θέρμανσης, όταν ο χώρος αρχίσει να ψύχεται. Από την άλλη οι κυψέλες αέρα αυξάνουν την αντίσταση στη ροή θερμότητας και παρεμποδίζουν τις μεγάλες θερμικές απώλειες. Έτσι, τον χειμώνα μειώνονται οι ποσότητες θερμότητας που χάνονται μέσω της τοιχοποιίας προς το εξωτερικό περιβάλλον και το καλοκαίρι μειώνονται οι ποσότητες θερμότητας που περνούν στο εσωτερικό του χώρου λόγω της επίδρασης της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό τα θερμομονωτικά τούβλα αναλαμβάνουν ρυθμιστικό ρολό ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και στο εξωτερικό περιβάλλον, περιορίζοντας τις μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου και επιτυγχάνοντας τη διατήρηση ενός άνετου εσωκλίματος. [27]

Θα πρέπει πάντως να διευκρινισθεί, ότι το πλεονέκτημα των πορώδων τούβλων έναντι των κοινών βρίσκεται στην συνύπαρξη των δυο ιδιοτήτων τους στο ίδιο υλικό, δηλαδή της θερμοχωρητικότητας και της θερμοπροστασίας, διότι εξετάζοντας τις ιδιότητες αυτές ξεχωριστά, τα πορώδη τούβλα υστερούν τόσο έναντι των κοινών ως προς την θερμοχωρητικότητα, όσο και έναντι των θερμομονωτικών υλικών ως προς την παρεχόμενη θερμική προστασία. Τα πορώδη τούβλα ως ελαφρότερα και με πολλές κυψελίδες αέρα παρουσιάζουν μικρότερη μάζα έναντι των κοινών τούβλων και κατά συνέπεια μικρότερη θερμοχωρητικότητα από αυτά, όπως επίσης προσφέρουν σημαντική μικρότερη θερμική αντίσταση στη ροή θερμότητας από αυτήν που θα προσέφερε από μόνο του ένα θερμομονωτικό υλικό του αυτού πάχους. Ο συνδυασμός των δυο ιδιοτήτων όμως τα κάνει να υπερτερούν έναντι των κοινών τούβλων. [27]

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι τα θερμομονωτικά τούβλα εμφανίζουν μικρό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών ($\mu=8$ έως 12). Αυτό σημαίνει ότι είναι επαρκώς υδρατμοδιαπερατά και επιτρέπουν στον τοίχο να 'αναπνέει' δημιουργώντας ένα ευχάριστο και υγιεινό περιβάλλον. [50] Συγκρατούν τους υδρατμούς του εσωτερικού χώρου και τους επαναποδίδουν στο χώρο ή τους διαχέουν στο εξωτερικό περιβάλλον. Λόγω της δομής τους απορροφούν την υγρασία, αν και η υδραπορροφητικότητα τους δεν θεωρείται ιδιαίτερα υψηλή. Έχουν, ωστόσο, την δυνατότητα να επαναποδίδουν εύκολα στην ατμόσφαιρα την υγρασία που απορροφούν και να στεγνώσουν. [27] Επίσης, λόγω της ομοιογένειας της τοιχοποιίας (δεν αποτελείται από διαδοχικές στρώσεις με διαφορετικά θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά, όπως όταν δεν επενδύεται με επιπλέον στρώση ελαφρού θερμομονωτικού υλικού), η καμπύλη πιέσεων των υδρατμών είναι ομαλή και δυσχεραίνεται η εσωτερική συμπύκνωση των υδρατμών. [50] Πάντως για έναν τοίχο που καταπονείται ιδιαίτερα από τα νερά της βροχής, η κατασκευή του από πορώδη τούβλα δεν θεωρείται η πλέον ενδεδειγμένη επιλογή, εκτός και αν ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα προστασίας του. Μια έντονα καταπονούμενη από βροχή τοιχοποιία από πορώδη τούβλα καλό είναι να προσεγγίζει σε πάχος τα 35cm τουλάχιστον, προκειμένου να αντισταθμίσει ενδεχόμενη μείωση των θερμομονωτικών της ιδιοτήτων λόγω εμποτισμού από τα νερά της βροχής. [27]

Οι κατασκευές με θερμομονωτικά τούβλα πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων με τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά ως προς τα εξής: [50]

- προσδίδουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και ευστάθεια στην τοιχοποιία και βελτιώνουν την αντισεισμική συμπεριφορά
- σχηματίζουν μονοκέλυφη κατασκευή και συνεπώς δεν απαιτούν τη διαμόρφωση περιδέσμων ενίσχυσης (σενάζ)
- αξιοποιούν στο μέγιστο τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων αποδίδοντας τη συγκρατούμενη θερμότητα με χρονική υστέρηση που μπορεί να φθάσει μέχρι και τις 8 ώρες. Συμβάλλουν έτσι στη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου σε υψηλά επίπεδα αρκετές ώρες μετά τη διακοπή της θέρμανσης
- ευνοούν την 'αναπνοή' των τοίχων και συμβάλλουν στην διαμόρφωση πιο υγιεινού και άνετου εσωκλίματος
- εξοικονομούν χρόνο και χρήμα κατά την κατασκευή, αφενός λόγω της ευκολίας με την οποία δουλεύονται τα μεγάλων διαστάσεων τούβλα και αφετέρου λόγω της δημιουργίας μονοκέλυφης τοιχοποιίας

Αντιθέτως μειονεκτούν στα εξής:

- σε ορισμένες περιπτώσεις ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δεν είναι αρκετά χαμηλός και δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ. Έτσι, οι οπτοπλινθοδομές αυτές θα πρέπει να συνδυάζονται και με κάποιο άλλο θερμομονωτικό υλικό.
- επιτρέπουν πιο εύκολα το σχηματισμό επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών, λόγω χαμηλότερης εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Ωστόσο, το φαινόμενο θα εκδηλωθεί μονό για πολύ υψηλή σχετική υγρασία του εσωτερικού χώρου και πολύ χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία
- απορροφούν την υγρασία (λόγω βροχής, ανερχόμενη εκ του εδάφους, συμπύκνωσης κτλ.) και για όσο χρόνο είναι εμποτισμένα έχουν μειωμένη θερμομονωτική ικανότητα
- είναι ακριβότερα από τα κοινά τούβλα. Το συνολικό κόστος όμως, συγκριτικά με μια κατασκευή με άλλο θερμομονωτικό υλικό, εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής και του είδους του χρησιμοποιούμενου θερμομονωτικού υλικού.
- έχουν μικρότερη θερμοχωρητικότητα [50]

5.8 Τούβλα με ενσωματωμένο μονωτικό υλικό

Στην κατηγορία των θερμομονωτικών τούβλων θα μπορούσε να ενταχθεί και μια σειρά τούβλων, που έχουν αντικαταστήσει μια ενδιάμεση σειρά οπών με κάποιο θερμομονωτικό υλικό ενώ αποτελούνται από την ίδια πρώτη ύλη με αυτή των κοινών τούβλων. Έτσι, είναι σαν να παράγουν έτοιμο ένα δικέλυφο δομικό στοιχείο με θερμομόνωση στον πυρήνα (αφρό πολυουρεθάνης, αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη). Τα δυο κελύφη σε άλλα υλικά ενώνονται μεταξύ τους με το λεπτό φλοιό του δομικού υλικού και σε άλλα είναι κολλημένα στο θερμομονωτικό υλικό, δημιουργώντας ένα ενιαίο σώμα. [50]



Σχήμα 5.3: Θερμομονωτικό τούβλο με ενσωματωμένο μονωτικό υλικό

Συνδυάζουν τις ιδιότητες των κοινών τούβλων και του θερμομονωτικού υλικού, που επιλέγεται να τοποθετηθεί στη μάζα τους. Το βάρος τους ελάχιστα διαφέρει από των κοινών τούβλων. Τα τούβλα δεν καίγονται και δεν διαδίδουν την φωτιά, όμως το θερμομονωτικό υλικό συμπεριφέρεται ανάλογα με τις ιδιότητες του. Το ίδιο ισχύει για την συμπεριφορά τους έναντι των χημικών ουσιών, των εντόμων και των τρωκτικών. Παραλαμβάνουν υψηλά φορτία, γραμμικά και μοναχικά και γενικώς παρουσιάζουν στις καταπονήσεις ιδιότητες παρεμφερείς με των κοινών τούβλων. [50]

Σε αυτήν την κατηγορία των τούβλων δεν μπορεί να οριστεί συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, επειδή αποτελούν σύνθεση υλικών με διαφορετικό συντελεστή. Πάντως παρουσιάζουν μικρή αντίσταση, είναι δηλαδή υδρατμοδιαπερατά και συμπεριφέρονται ικανοποιητικά έναντι της υγρασίας. Απορροφούν την υγρασία, έχουν όμως την δυνατότητα πολύ εύκολα να την επαναποδώσουν στην ατμόσφαιρα και να στεγνώσουν σχετικά γρήγορα. Επιπλέον, το θερμομονωτικό υλικό που χρησιμοποιούν συνήθως είναι απρόσβλητο από την υγρασία, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος συγκράτησης νερού. Επιτρέπουν την αναπνοή των τοίχων, αφήνοντας τους υδρατμούς να διαχέονται σχετικά εύκολα μέσω αυτών. [50]

Επιπροσθέτως προσφέρουν θερμική προστασία καθώς η προσθήκη του θερμομονωτικού υλικού αυξάνει τη θερμική τους αντίσταση. Η θερμική προστασία που προσδίδουν στην κατασκευή ποικίλλει και εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο θερμομονωτικό υλικό. [50] Διευκρινίζεται ακόμη ότι τα θερμομονωτικά υλικά που

προστίθενται στον όγκο των τούβλων δεν προσδίδουν κάποιες ιδιαίτερες ηχομονωτικές ιδιότητες σε αυτή την κατηγορία των τούβλων. [27]

Στα υλικά αυτά θα μπορούσε να προσδώσει κανείς τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των θερμομονωτικών τούβλων. Επιπλέον όμως θα μπορούσε να προσάψει το αρνητικό της δημιουργίας ενός πλέγματος θερμογεφύρων στη θέση της συνένωσης των δυο κελύφων με το λεπτό φλοιό του βασικού δομικού υλικού. [50] Καθώς η θερμομονωτική τους στρώση δεν είναι συνεχής, αλλά διακόπτεται στις άκρες κάθε τούβλου από τις λεπτές φλούδες αργιλόμαζας, μαζί με το συνδετικό κονίαμα των τούβλων δημιουργούνται πολλές μικρές θερμογέφυρες σε όλη την επιφάνεια του τοίχου, που μπορούν συν τοις άλλοις να ευνοήσουν την εκδήλωση του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών. [27]

Στο εμπόριο οι συνδυασμοί τούβλων-θερμομονωτικών υλικών κυκλοφορούν σε πολλά μεγέθη, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των διαφόρων εταιριών. [27] Αντίστοιχα, ποικίλουν και ως προς τα θερμικά χαρακτηριστικά τους αναλόγως του πάχους και του είδους του θερμομονωτικού υλικού που περιέχουν και ως προς άλλα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στο εμπόριο προτείνονται τούβλα τα οποία έχουν αντικαταστήσει μια ενδιάμεση σειρά οπών με διογκωμένη πολυστερίνη και έχουν διαστάσεις (εκφρασμένες ως πλάτος*ύψος*μήκος σε cm) $20 \times 15 \times 33$. [32] Άλλοι κατασκευαστές προτείνουν τη χρήση τούβλων τα οποία έχουν αντικαταστήσει μια ενδιάμεση σειρά οπών με πολυουρεθάνη και παράγονται σε διαστάσεις (εκφρασμένες ως πλάτος*ύψος*μήκος σε cm) $18 \times 14 \times 33$, $20 \times 14,5 \times 33$, $22,5 \times 14 \times 33$ και $25 \times 14,5 \times 33$. [57] Γενικά, τα τούβλα αυτά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοιχοποιιών μονοκέλυφων πλήρωσης [27] και οι οπτοπλινθοδομές που κατασκευάζονται με αυτά τα τούβλα έχουν μεγάλα πάχη αντίστοιχα μιας μπατικής οπτοπλινθοδομής που κατασκευάζεται με κοινά μικρά τούβλα. Εξωτερικά και εσωτερικά επιχρίονται με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται και στα κοινά τούβλα. [27] Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των τούβλων αυτών ποικίλει, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται οπτοπλινθοδομές που μπορούν να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του KENAK ή όχι. Στην περίπτωση που δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του KENAK απαιτείται η προσθήκη επιπλέον θερμομονωτικού υλικού.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών των θερμομονωτικών τούβλων αποτελεί το τούβλο, γνωστό και ως φελιζομπλόκ, με της εξής διαστάσεις εκφρασμένες ως ύψος*πλάτος*μήκος σε cm: $15 \times 20 \times 33$. Τα τούβλα αυτά περιέχουν διογκωμένη πολυστερίνη σε πάχος 3cm και ποιότητας 20 kg/m^3 . Παρουσιάζουν μικτή ξηρά πυκνότητα 690 kg/m^3 και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $0,220 \text{ W/mK}$. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οπτοπλινθοδομής πάχους 20cm η οποία επιχρίεται εξωτερικά και εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2cm. [32] Ωστόσο, η τοιχοποιία αυτή δεν καλύπτει τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ., με αποτέλεσμα να απαιτείται η χρήση πρόσθετου μονωτικού υλικού, το οποίο προτιμάται να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας. Για την κατασκευή της πρόσθετης θερμομονωτικής στρώσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα ελαφρά μονωτικά υλικά, σε τέτοιο πάχος ώστε η τοιχοποιία να ικανοποιεί τα όρια που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τον συντελεστή θερμοπερατότητας αυτής. Εναλλακτικά, για την ενίσχυση της θερμικής προστασίας μιας τοιχοποιίας που κατασκευάζεται από τα τούβλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί θερμομονωτικό επίχρισμα το οποίο διαστρώνεται στην εξωτερική όψη της οπτοπλινθοδομής. [32]

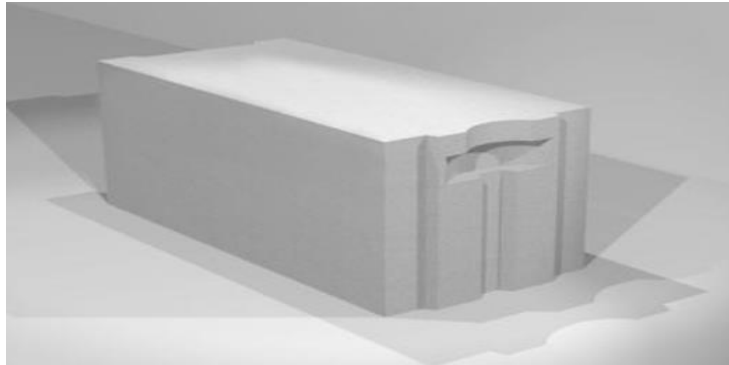
5.9 Οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι

Οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι συναντώνται και ως ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι ή ελαφρόλιθοι από σκυρόδεμα ή συνοπτικά ελαφροτσιμεντόλιθοι. Ορίζονται ως 'λιθοσώματα από αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα'. Είναι τεχνητοί δομικοί λίθοι από αφρώδες σκυρόδεμα που παράγονται με υδροθερμική κατεργασία σε αυτόκλειστες κυψέλες και χρησιμοποιούνται στη δόμηση, κυρίως για την κατασκευή τοιχοποιιών, αλλά και άλλων δομικών στοιχείων. Θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως μια ειδική κατηγορία τσιμεντόλιθων, που συνδυάζει τις ιδιότητες των πορωδών τούβλων και των τσιμεντόλιθων. Παρασκευάζονται από χαλαζιακή άμμο, ασβεστόλιθο, τσιμέντο και νερό. Στη μάζα του αρχικού μείγματος προστίθενται, ανάλογα με το επιδιωκόμενο προϊόν, κόκκοι κίσηρης, στάχτη υψικαμίνου και διάφορα χημικά πρόσμεικτα, που συμβάλλουν στην απόκτηση πόρων και αφρώδους υφής. [27]

Είναι ελαφρύτεροι από τους παλαιότερα χρησιμοποιούμενους τσιμεντόλιθους. Το φαινόμενο ειδικό βάρος τους κυμαίνεται μεταξύ 400 και 800 kg/m^3 , ανάλογα με το πλήθος και το μέγεθος των πόρων. [27] Αυτό το μικρό τους βάρος δίνει το προτέρημα της ευκολίας και της ταχύτητας στην κατασκευή. [58]

Το παραλαμβανόμενο φορτίο σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνουν οι εταιρείες παραγωγής κυμαίνεται από 1,1 ως 2,5 MPa, ανάλογα με τον τύπο του υλικού. Η θλιπτική του αντοχή παρουσιάζει ένα εύρος μεταξύ 2,5 και 5MPa, ενώ η εφελκυστική δεν υπερβαίνει το 1MPa. [27]

Έχουν ανοιχτό γκριζό ή υπόλευκο χρώμα και η μάζα τους είναι πορώδεις και κατά κανόνα χωρίς διάκενα ή κοιλώματα. Ανάλογα με την εταιρία παραγωγής, όλες οι επιφάνειες μπορεί να είναι επίπεδες ή οι πλευρικές να παρουσιάζουν κατάλληλες διαμορφώσεις. [58] Τελευταία, με νέες μεθόδους παράγονται σε διάφορα μεγέθη και με επεξεργασμένη τη μία επιφάνεια, ώστε να χρησιμοποιούνται σε εμφανή τοιχοποιία, όπως επίσης και σε διάφορα χρώματα με τις κατάλληλες προσμίξεις. [50]



Σχήμα 5.4: Ελαφροτσιμεντόλιθος

Οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά υπερτερούν έναντι των αντίστοιχων πορώδων τούβλων στο γεγονός ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκολία στη δόμηση και καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα. [50] Επιπλέον, λόγω των κατάλληλα διαμορφωμένων πλευρών τους επιτρέπουν την εντορμία (θηλύκωμα) του ενός τσιμεντόλιθου στο γειτονικό του, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση συνδετικού κονιάματος και χωρίς να σχηματίζονται θερμογέφυρες μεταξύ των τσιμεντόλιθων. Οι περισσότερες εταιρίες παραγωγής συνιστούν η σύνδεση μεταξύ των ελαφροτσιμεντόλιθων να γίνεται με ειδικές κόλλες που οι ίδιες υποδεικνύουν και των οποίων το πάχος δεν ξεπερνά τα 1 με 3 mm, μπορεί όμως να γίνει και με συνδετικό κονίαμα, όπως σε κάθε συμβατική κατασκευή. [27]

Στο πορώδες και ιδίως στις ανοιχτές κυψέλες των ελαφροτσιμεντόλιθων οφείλεται η πολύ υψηλή υδρατμοπερατότητα τους και ο μικρός συντελεστής αντίστασης των υδρατμών ($\mu=3$ έως 10). Αυτό σημαίνει ότι επιτρέπουν τη διέλευση των υδρατμών μέσω της μάζας τους και αφήνουν τον τοίχο να 'αναπνέει' και να αποβάλλει εύκολα τους τυχόν συμπυκνούμενους υδρατμούς. Ωστόσο εξαιτίας του πορώδους τους παρουσιάζουν μεγάλη υδραπορροφητικότητα. Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι κατακρατούν την υγρασία και έχουν την δυνατότητα να την επαναποδώσουν στο περιβάλλον υπό την μορφή εξατμιζόμενων υδρατμών, όταν μειωθεί η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα. Η ιδιότητα τους αυτή ενώ μπορεί να εκληφθεί ως θετική για τη μείωση της ξηρότητας της ατμόσφαιρας που προκαλείται από την χρήση κλιματιστικών συσκευών σε έναν εσωτερικό χώρο, είναι ιδιαίτερα αρνητική όταν ο τοίχος προσβληθεί από την υγρασία της βροχής ή από εδαφική υγρασία. Η κατακράτηση της υγρασίας προκαλεί τη μείωση της θερμομονωτικής τους ικανότητας, καθώς ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνει περίπου κατά 4% για κατακρατούμενη ποσότητα υγρασίας που αντιστοιχεί στο 1% του βάρους τους. Επιπλέον, η κατακράτηση της υγρασίας προκαλεί την καταστροφή του συνδετικού ιστού του υλικού με τη θρυματοποίηση του όταν λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (χαμηλότερων από 0°C) το νερό που κατακρατήθηκε στους πόρους του υλικού παγώσει και ως πάγος αυξήσει τον όγκο του κατά 1/10, επιφέροντας διάρρηξη του ιστού τους. [58] Για αυτό τοιχοποιίες που πρόκειται να καταπονηθούν έντονα από την βροχή δεν συνίσταται να κατασκευασθούν με πορώδεις τσιμεντόλιθους, εκτός αν ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα προστασίας. Θα πρέπει σε αυτή τη περίπτωση το πάχος της τοιχοποιίας, όπως και αυτής από πορώδη τούβλα, να είναι μεγαλύτερο του συνήθους (να προσεγγίζει τα 35cm). [27] Επίσης, για τις τοιχοποιίες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος θα πρέπει να έχει εξασφαλιστεί η καλή στεγανοποίηση της βάσης τους. [58]

Η τοιχοποιία από πορώδους τσιμεντόλιθους μπορεί να παραμείνει ανεπίχριστη και απευθείας να βαφεί με πλαστικά χρώματα ή βεβαίως να επιχρισθεί. Ωστόσο η εξωτερική όψη που δέχεται την επίδραση της βροχής,

θεωρείται απαραίτητο να επιχρισθεί και να μη μείνει γυμνή, εξαιτίας της υδραπορροφητικότητας του υλικού και του συνεπαγόμενου κινδύνου προσβολής από την υγρασία, όπως παρουσιάστηκε παράπανω. [27]

Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι θεωρούνται υλικά με ηχομονωτικές ιδιότητες, καθώς το μεγάλο πορώδες τους επιτρέπει την απορρόφηση και την ανάκλαση του ήχου. Είναι επίσης υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες παραγωγής τους προέρχονται στο σύνολο τους από ανόργανα υλικά. Σε περίπτωση πυρκαγιάς δεν αναφλέγονται, καθυστερούν την μετάδοση της φωτιάς και δεν παράγουν επικίνδυνα αέρια. [58]

Όπως και τα θερμομονωτικά τούβλα, συνδυάζουν θερμοχωρητικότητα λόγω της μάζας τους και καλή θερμική προστασία λόγω των κυψελίδων αέρα που περικλείουν. Επομένως, το χειμώνα συγκρατούν την παραγόμενη θερμότητα και την επαναποδίδουν αργότερα, όταν ο χώρος αρχίσει να ψύχεται, με τη διακοπή της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, ενώ το καλοκαίρι μειώνουν την επίδραση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του χώρου. Κατά αυτό τον τρόπο περιορίζουν τις μεγάλες και απότομες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου, εξασφαλίζοντας ένα πιο άνετο εσωκλίμα. Παρόλα αυτά η μικρή μάζα των ελαφροτσιμεντόλιθων δεν επιτρέπει τη συσσώρευση μεγάλης ποσότητας θερμότητας. Έτσι, οι τοιχοποιίες από τσιμεντόλιθους έχουν μικρότερη θερμοχωρητικότητα από ισοδύναμου πάχους συμπαγή δομικά υλικά (π.χ. κοινά τούβλα) και χειρότερο (δηλαδή μεγαλύτερο) συντελεστή θερμοπερατότητας U από επίσης ισοδύναμου πάχους θερμομονωτικά υλικά. [27]

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των ελαφροτσιμεντόλιθων εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού και κυμαίνεται μεταξύ 0,08 και 0,22 W/(mK), με αντιπροσωπευτική τυπική τιμή υπολογισμού, σύμφωνα με τα στοιχεία των εταιρειών παραγωγής, την $\lambda=0,11\text{W}/(\text{mK})$. Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας εξαρτάται προφανώς από το πλήθος των πόρων, το μέγεθος και τη διάταξη τους στη μάζα του υλικού. [27]

Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευή μονοκέλυφων τοιχοποιιών παντός είδους κτιριακών κατασκευών (κατοικιών, γραφείων, κτιρίων εκδηλώσεων, γυμναστηρίων κ.α.) τόσο του εξωτερικού τους κελύφους, όσο και των εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων. Η εξωτερική τοιχοποιία από ελαφροτσιμεντόλιθους μπορεί να προσφέρει την απαιτούμενη θερμική προστασία στο κτίριο χωρίς τη χρήση άλλης θερμομονωτικής στρώσης, υπό την προϋπόθεση ότι οι ελαφροτσιμεντόλιθοι που χρησιμοποιούνται παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και ικανό πάχος. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την κατασκευή ελαφρών μονοκέλυφων εξωτερικών τοιχοποιιών με υψηλή αντοχή και μεγάλη συνοχή, που συμπεριφέρονται ικανοποιητικά σε καταπόνηση από σεισμό. Αν και οι εταιρίες παραγωγής, στηριζόμενες στις καλές μηχανικές τους ιδιότητες, προτείνουν υπό προϋποθέσεις τη χρήση τους και ως φερόντων στοιχείων σε μικρές και χαμηλές κατασκευές, η συμμετοχή τους στον φέροντα οργανισμό καλό είναι να αποφεύγεται. [58]

Στο εμπόριο οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι κυκλοφορούν σε διάφορες διαστάσεις ενώ παράλληλα διαφοροποιούνται και ως προς το πλήθος και το μέγεθος των πόρων τους και από άλλα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά. Γενικά, παρουσιάζουν σταθερό ύψος 25cm και μήκος 60cm, ενώ το πλάτος τους κυμαίνεται από 5 έως 30 cm, με πλέον χρησιμοποιούμενα για τις εξωτερικές τοιχοποιίες αυτά των 20, 25 και 30cm. [41,58] Έτσι, καθώς από τις διαστάσεις των ελαφροτσιμεντόλιθων καθορίζονται αναπόφευκτα και τα πάχη των τοιχοποιιών, οι πλινθοδομές που κατασκευάζονται από τους τσιμεντόλιθους αυτούς έχουν συνήθως πάχος 20cm, 25cm ή 30cm. [31,41]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες μιας πλινθοδομής κατασκευασμένης από ελαφροτσιμεντόλιθους, όπως καθορίζονται σε ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 5.8: Θερμοφυσικές ιδιότητες τοιχοποιίας από ελαφροτσιμεντόλιθους [11]

υλικό	πυκνότητα $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W}/\text{mK})$	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK)	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ
Τοιχοποιία από ελαφροτσιμεντόλιθους συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών				
ελαφροτσιμεντόλιθοι	400	0,110	1000	3-5
	500	0,130	1000	4-6
	600	0,160	1000	5-7
	700	0,190	1000	6-8
	800	0,220	1000	8-10

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι δεν είναι ακόμη ιδιαίτερα διαδεδομένοι, όμως τα τελευταία χρόνια κερδίζουν διαρκώς έδαφος, λόγω των καλών θερμοτεχνικών τους χαρακτηριστικών και της ευκολίας που παρουσιάζουν στη δόμηση τους. [50]

5.10 Οι λιθοδομές

Οι λιθοδομές αποτελούν τις πρώτες μορφές τοιχοποιίας. Τα πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την κατασκευή μιας τοιχοποιίας ήταν οι φυσικοί λίθοι, οι πέτρες. Στην αρχή ακατέργαστες και κατόπιν κατεργασμένες, οι πέτρες χρησιμοποιήθηκαν σε πλήθος απλών ή περίτεχνων κατασκευών, αρκετές από τις οποίες σώζονται μέχρι σήμερα και αποτελούν μνημεία του παγκόσμιου πολιτισμού. Βέβαια, σήμερα κατά κύριο λόγο η χρήση τους είναι περιορισμένη και προτιμώνται μόνο για απλές εξωτερικές κατασκευές ή για σύνθετες στις οποίες η πέτρα παίζει πλέον ρόλο διακοσμητικό. [27]

Οι λιθοδομές, γενικά, μπορούν να επιχρίονται εσωτερικά και εξωτερικά με επιχρίσματα σε σύνθητες πάχος 2cm. [21] Ωστόσο, καθώς η εφαρμογή του επιχρίσματος στις λιθοδομές δεν είναι πάντα απαραίτητη και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στις τοιχοποιίες αυτές ο ρόλος του κύριου δομικού υλικού, της πέτρας είναι πολλές φορές διακοσμητικός, μπορούν να μένουν και ανεπίχριστες. [27,39,43]

Οι λιθοδομές διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, στις ξηρολιθοδομές ή ξερολιθιές, στις λαξευτές, στις ημιλαξευτές και στις αργολιθοδομές, [27] ανάλογα με τη μορφή και τον τύπο του φυσικού λίθου που χρησιμοποιείται καθώς και του συστήματος δόμησης που εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση.

Οι ξηρολιθοδομές ή ξερολιθιές είναι λιθοδομές από πέτρες ακατέργαστες ή ελάχιστα κατεργασμένες, που κατασκευάζονται χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος. Χρησιμοποιούνται σε περιφράξεις, συνήθως σε αγροτικές περιοχές, σε χαμηλούς τοίχους αντιστήριξης και σε άλλες δευτερεύουσας αξίας κατασκευές. [27]

Η λαξευτή λιθοδομή πρόκειται για τοιχοποιία από κατεργασμένους (λαξευμένους) λίθους, που εδράζονται ο ένας επί του άλλου με διάφορα συστήματα εμπλοκών και χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος. Οι λίθοι μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους με ειδικούς οριζόντιους ή κατακόρυφους συνδέσμους ή με εγκοπές. Στη σημερινή εποχή δεν κατασκευάζονται πλέον λαξευτές λιθοδομές, επειδή είναι ασύμφορες τόσο από οικονομική άποψη, όσο και από τεχνική. Η λάξευση των πλίνθων είναι δύσκολη και πολυέξοδη εργασία. Επιπλέον όμως, μια τοιχοποιία από λαξευτούς λίθους είναι δύσκολη και στην κατασκευή της, έχει μεγάλο βάρος, δυσανάλογο με αυτό των σημερινών κατασκευών, δεν προσφέρει θερμική και ηχητική προστασία και καταλαμβάνει πολύ χώρο, καθώς το πάχος της οφείλει να είναι τουλάχιστον 50cm. Λαξευτές τοιχοποιίες κατασκευάζονται, πλέον, μόνο σε ειδικά έργα και σε περιορισμένη έκταση, κυρίως για λόγους αισθητικής (π.χ. ο τοίχος μιας αίθουσας ενός μουσείου που φιλοξενεί εκθέματα της αρχαιότητας). [27]

Οι ημιλαξευτές λιθοδομές πρόκειται για λιθοδομές από ελαφρώς κατεργασμένους λίθους, που συναρμολογούνται χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος ή με μερική χρήση του. Δεν παρουσιάζουν υψηλή αντοχή και η κατασκευή τους αποφεύγεται. Ομοίως, δεν προφυλάσσουν από την υγρασία και δεν παρέχουν θερμική και ηχητική προστασία. Για αυτό και πλέον δεν χρησιμοποιούνται παρά μόνο σε δευτερεύουσες κατασκευές υπαίθρου. [27]

Η αργολιθοδομή πρόκειται για τοιχοποιία από λίθους ακατέργαστους (αργούς) ή ελαφρώς κατεργασμένους, που συνδέονται μεταξύ τους με συνδετικό κονίαμα. Κάθε πέτρα περιβάλλεται από κονίαμα από όλες τις πλευρές, εκτός από την πλευρά που αντιστοιχεί στην όψη. Το πάχος των αργολιθοδομών συνήθως κυμαίνεται από 50cm έως 100cm, ενώ σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 40cm. Το μεγαλύτερο πάχος το έχουν συνήθως στα θεμέλια και στα υπόγεια των κατασκευών, φθάνοντας τα 80 με 90cm, ενώ στους ορόφους είναι λεπτότερες, περίπου 50 με 60cm. Οι διαστάσεις των λίθων είναι περίπου 20 έως 40cm και τοποθετούνται με οριζόντια τη μεγαλύτερη διάσταση. [27]

Η κατασκευή της αργολιθοδομής ήταν διαδεδομένη σχεδόν σε όλο τον ελληνικό χώρο, καθώς ήταν εύκολη η εξεύρεση του βασικού υλικού της πέτρας, και καθώς οι ίδιες οι κατασκευές παρουσιάζουν σημαντική αντοχή στην άσκηση οριζόντιων δυνάμεων, προσφέρουν στην κατασκευή σχετική προστασία έναντι της υγρασίας εδάφους, έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα, καθυστερούν τη μετάδοση της φωτιάς και εξασφαλίζουν ικανοποιητική ηχητική μόνωση. Σε πολλά μέρη της υπαίθρου συναντώνται και είναι σε χρήση οικήματα κατασκευασμένα από αργολιθοδομή. [27]

Σύγχρονες κατασκευές από αργολιθοδομή σπάνια κατασκευάζονται πλέον, επειδή είναι ασύμφωρες οικονομικά λόγω του υψηλού κόστους εξόρυξης και κατεργασίας της πέτρας, καταλαμβάνουν πολύτιμο χώρο λόγω του μεγάλου πάχους της τοιχοποιίας, δεν επιτρέπουν τη δόμηση πολυώροφων κτισμάτων και υστερούν βεβαίως σημαντικά σε σύγκριση με τις σύγχρονες κατασκευές τόσο ως προς την αντοχή τους, όσο και ως προς τα θερμοτεχνικά τους χαρακτηριστικά. [27]

Ωστόσο, ειδικές κατασκευές όπως μικρά ορεινά καταφύγια καθώς και χαμηλές κατασκευές σε παραδοσιακούς οικισμούς ή σε οικισμούς που έχουν κριθεί διατηρητέοι ή ακόμη σε σύγχρονες πολυώροφες κατασκευές για την επένδυση κάποιας όψης συνεχίζουν και σήμερα να γίνονται με αργολιθοδομή. [27,43]

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτή η ανάγκη διερεύνησης των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής καθώς και των δυνατοτήτων προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης σε αυτή. Τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και περισσότερο κατανοητή η επιτακτική ανάγκη του βιοκλιματικού και ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων και της δημιουργίας ενός δομημένου περιβάλλοντος συμβατού με το φυσικό. Επιπλέον, σε ότι αφορά τους διατηρητέους παραδοσιακούς οικισμούς, η αναγνώριση και κατανόηση του τρόπου με τον οποίο εξασφαλίζονται οι συνθήκες άνεσης (θερμική και οπτική) στις παραδοσιακές κατοικίες μπορεί δυναμικά να συνεισφέρει στη δημιουργική αναπαραγωγή τους. Η αναπαραγωγή αυτή όμως, θα πρέπει να συμβεί μέσα σε ένα σύγχρονο πλαίσιο, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην έχουμε μια κακή μίμηση του παραδοσιακού τρόπου κατασκευής κτιρίων, για λόγους μόνο οπτικής ομοιότητας. [43]

Για την εξυπηρέτηση του σκοπού αυτού, σήμερα, περισσότερο η αργολιθοδομή προτιμάται σε μεικτές τοιχοποιίες που κατασκευάζονται από οπτόπλινθοδομή και η πέτρα χρησιμοποιείται μόνο ως διακοσμητική επενδυτική στρώση της πρόσοψης, προσδίδοντας στην όλη κατασκευή μορφή παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. [27] Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας τοιχοποιίας αποτελεί μια δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα. Η τοιχοποιία αυτή μπορεί να κατασκευάζεται με εσωτερικό κέλυφος σε πάχος 6cm, το οποίο μπορεί να επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2,5cm και εξωτερικό κέλυφος σε πάχος 9cm πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί πέτρα πάχους 5cm στην εξωτερική του πλευρά και η οποία θα λειτουργεί ως επενδυτική και διακοσμητική στρώση. [43] Εναλλακτικά, η αργολιθοδομή μπορεί να αποτελεί το εξωτερικό κέλυφος μιας δικέλυφης τοιχοποιίας με ενδιάμεση θερμομονωτική στρώση και εσωτερικό κέλυφος κατασκευασμένο από διάτρητους οπτόπλινθους το οποίο μπορεί να έχει πάχος 6 και 9cm και να επιχρίεται εσωτερικά με επίχρισμα πάχους 2 ή και 2,5cm. Σε αυτή τη περίπτωση, η αργολιθοδομή μπορεί να κατασκευάζεται σε μικρότερα πάχη όπως 50cm αλλά και με μικρότερο έως 35cm. [39,43] Τέλος, η αργολιθοδομή στερεωμένη σε μεταλλικό σκελετό μπορεί να αποτελέσει το εξωτερικό κέλυφος μιας αεριζόμενης δικέλυφης τοιχοποιίας με εσωτερικό κέλυφος από οπτόπλινθους, με ενδιάμεση θερμομονωτική στρώση και αεριζόμενο διάκενο. [27]

5.11 Οι τοιχοποιίες ξηράς δόμησης [44]

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες με βάση τον μεταλλικό σκελετό και επένδυση τσιμεντοσανίδας αποτελούν μια καινοτόμα πρόταση με στόχο την ανάπτυξη της κατασκευής ξηράς δόμησης σε εξωτερικές εφαρμογές. Τα συστήματα αυτά θέτουν νέα δεδομένα στο σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων και παρέχουν μιας υψηλής ποιότητας εναλλακτική μέθοδο κατασκευής, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους όπως η κατασκευή τοιχοποιίας από πλινθοδομή. Απευθύνονται σε όλες τις κατηγορίες κατασκευών όπως εμπορικά κτίρια, κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, ξενοδοχεία αλλά και κατοικίες. Πρόκειται για συστήματα ιδιαίτερης αισθητικής και καλών τεχνικών χαρακτηριστικών, ενώ εφαρμόζονται εύκολα και με μεγάλη ταχύτητα, με αποτέλεσμα να εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος κατά την διάρκεια της κατασκευής. Επιπλέον, η ξηρά δόμηση βρίσκει εφαρμογή τόσο σε φέρουσες όσο και σε μη φέρουσες εξωτερικές τοιχοποιίες. Ως εξωτερική επένδυση των τοιχοποιιών αυτών επιλέγεται η τσιμεντοσανίδα, η οποία τοποθετείται στην εξωτερική όψη του μεταλλικού σκελετού, καθώς αποτελεί ένα εξαιρετικά στιβαρό δομικό υλικό και παράλληλα εξασφαλίζει την προστασία των τοιχοποιιών αυτών από τα ακραία καιρικά φαινόμενα του αέρα, του χιονιού και της βροχής.

Τα συστήματα ξηράς δόμησης αποτελούν πυράντοχα συστήματα, με ηχομονωτικές ιδιότητες και χαμηλή θερμική διαπερατότητα. Ως θερμομονωτικά υλικά που τοποθετούνται στο εσωτερικό των μεταλλικών σκελετών επιλέγονται ινώδη μονωτικά υλικά όπως πετροβάμβακας και ορυκτοβάμβακας υπό μορφή πλακών και παπλωμάτων σε ελάχιστο πάχη 6 και 8cm ανάλογα με τις διαστάσεις του σκελετού. Τα μονωτικά αυτά υλικά χαρακτηρίζονται, εκτός από τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και για την ηχομόνωση και την πυροπροστασία που προσφέρουν. Επιπλέον, λόγω του μικρού βάρους τους είναι εύκολα στην τοποθέτηση,

ενώ λόγω της μορφής τους εξασφαλίζεται η πλήρης κάλυψη του χώρου μεταξύ των ορθοστατών (κατακόρυφων μεταλλικών δοκών) με αποτέλεσμα την μείωση των θερμογεφύρων.

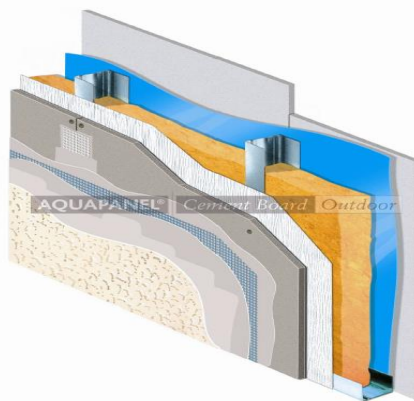
Σε περιπτώσεις απαίτησης πυραντίστασης το πάχος της τοιχοποιίας ή των μεμονωμένων δομικών υλικών μπορεί να αυξηθεί, ενώ μπορεί να αυξηθεί και η πυκνότητα του μονωτικού υλικού. Σε περιπτώσεις απαίτησης ηχομόνωσης, η αύξηση του πάχους της τοιχοποιίας (με αύξηση του πάχους των δομικών υλικών) πάντα πλεονεκτεί για το σύστημα εξαιρουμένης της αύξησης της διατομής των μεταλλικών προφίλ. Επιπλέον, αύξηση της πυκνότητας του μονωτικού υλικού μπορεί να υποβαθμίσει την ηχομόνωση του συστήματος.

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες ξηράς δόμησης με χρήση τσιμεντοσανίδας παρουσιάζουν τυποποιημένες κατασκευαστικές λύσεις. Αποτελούνται από τέσσερα βασικά υλικά δόμησης, τις τσιμεντοσανίδες, τις γυψοσανίδες, τους μεταλλικούς σκελετούς και τα μονωτικά υλικά. Ο ακριβής σχεδιασμός των τοιχοποιιών αυτών ποικίλει ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε έργου. Κατασκευάζονται σε 4 βασικούς τύπους:

- Εξωτερική τοιχοποιία με μονό μεταλλικό σκελετό

Εξωτερικά του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm και εσωτερικά δύο στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm ή 15mm. Η τσιμεντοσανίδα επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα σε πάχος από 0,5 έως και 0,7cm ενώ η γυψοσανίδα μπορεί να μείνει ανεπίχριστη. Μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της τσιμεντοσανίδας τοποθετείται μια διαπνέουσα μεμβράνη, ενώ μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της γυψοσανίδας μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. Ο σκελετός κατασκευάζεται από ορθοστάτες και στρωτήρες σε πλάτη διατομής 75mm ή 100mm. Στο εσωτερικό του τοποθετείται το μονωτικό υλικό, σε πάχη ανάλογα με το μεταλλικό σκελετό και τη προσδοκώμενη θερμομονωτική ικανότητα της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, το μονωτικό υλικό επιλέγεται σε πάχος 60mm ή 80mm αντίστοιχα με το πλάτος διατομής του σκελετού. Σε περίπτωση που σχηματισθεί διάκενο αέρα (με μέγιστο πιθανό πάχος 1,5cm ή 2cm αντίστοιχα), αυτό είναι μη αεριζόμενο. Η τοιχοποιία αυτή προκύπτει σε πάχη από 11,95cm έως 14,95cm.

Ο εξωτερικός αυτός τοίχος με μονό σκελετό τοποθετείται ανάμεσα στις πλάκες σκυροδέματος και αποτελεί μια εύκολη και γρήγορη κατασκευή. Βρίσκει εφαρμογή σε κατοικίες, σε συνήθη κτίρια καθώς και σε βιομηχανικά κτίρια τα όποια δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για ηχομόνωση και θερμομόνωση.



Σχήμα 5.5: Εξωτερική τοιχοποιία ξηράς δόμησης με μεταλλικό σκελετό και τσιμεντοσανίδα [44]

- Εξωτερική τοιχοποιία με μονό μεταλλικό σκελετό και εξωτερική θερμομόνωση

Εξωτερικά του μεταλλικού σκελετού τοποθετείται μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm και εσωτερικά δύο στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm ή 15mm. Μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της τσιμεντοσανίδας τοποθετείται μια διαπνέουσα μεμβράνη ενώ μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της γυψοσανίδας μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. Ο σκελετός κατασκευάζεται από ορθοστάτες και στρωτήρες σε πλάτη διατομής 75mm ή 100mm. Στο εσωτερικό του τοποθετείται το μονωτικό υλικό, σε πάχη ανάλογα με το μεταλλικό σκελετό και το προσδοκώμενο αποτέλεσμα σε σχέση με τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, το μονωτικό υλικό επιλέγεται σε πάχος 60mm ή 80mm αντίστοιχα με το πλάτος διατομής του σκελετού. Σε περίπτωση που σχηματισθεί διάκενο αέρα (με μέγιστο πιθανό πάχος 1,5cm ή 2cm αντίστοιχα), αυτό είναι μη αεριζόμενο. Στην εξωτερική πλευρά του τοίχου και πάνω στην τσιμεντοσανίδα τοποθετείται επιπλέον στρώση θερμομονωτικού υλικού σε πάχη ανάλογα με τη επιδιωκόμενη θερμομονωτική ικανότητα της τοιχοποιίας, και το οποίο επιχρίεται με

επίχρισμα πάχους 2cm. Η γυψοσανίδα μπορεί να μείνει ανεπίχριστη. Η τοιχοποιία αυτή για εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm, προκύπτει σε πάχη από 18,25cm έως 21,25cm.

Ο εξωτερικός αυτός τοίχος με μονό μεταλλικό σκελετό τοποθετείται ανάμεσα στις πλάκες σκυροδέματος και η όλη κατασκευή επενδύεται εξωτερικά με θερμομονωτικό υλικό. Αποτελεί μια εύκολη και γρήγορη κατασκευή η οποία βρίσκει εφαρμογή σε κατοικίες και σε συνήθη κτίρια όπου απαιτείται πρόσθετη θερμομόνωση με αντίστοιχη μείωση των θερμογεφύρων.

- Εξωτερική τοιχοποιία με διπλό μεταλλικό σκελετό

Ο τοίχος είναι εξωτερικός σε διπλό μεταλλικό σκελετό. Ο βασικός μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες και ορθοστάτες σε πλάτη διατομής 75mm ή 100mm. Εξωτερικά επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα σε πάχος από 0,5 έως 0,7cm. Μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της τσιμεντοσανίδας τοποθετείται μια διαπνέουσα μεμβράνη. Εσωτερικά κατασκευάζεται ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός με ορθοστάτες σε πλάτος διατομής 50mm. Μεταξύ των δύο μεταλλικών σκελετών απαιτείται κενό τουλάχιστον 1cm (μη αεριζόμενο διάκενο). Στο εσωτερικό των μεταλλικών σκελετών τοποθετούνται τα δυο μονωτικά υλικά σε πάχη ανάλογα με το μεταλλικό σκελετό και το προσδοκώμενο αποτέλεσμα σε σχέση με τη θερμομονωτική ικανότητα της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, τα μονωτικά υλικά επιλέγονται σε πάχη 60mm και 40mm ή 80mm και 40mm αντίστοιχα με τα πλάτη διατομής των σκελετών. Σε περίπτωση που σχηματισθεί διάκενο αέρα (με μέγιστο πιθανό πάχος 1,5cm και 1cm ή 2cm και 1cm αντίστοιχα), αυτό είναι μη αεριζόμενο. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 2 στρώσεις γυψοσανίδας πάχους 12,5mm ή 15mm. Μεταξύ των γυψοσανίδων ή μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της γυψοσανίδας μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. Η τοιχοποιία αυτή προκύπτει σε πάχη από 17,95cm έως 20,95cm.

Ο εξωτερικός αυτός τοίχος με διπλό σκελετό τοποθετείται ανάμεσα στις πλάκες σκυροδέματος και βρίσκεται εφαρμογή σε συνήθη κτίρια και σε έργα όπως κτίρια γραφείων που απαιτούν συνήθως υψηλότερες ιδιότητες θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και πυραντοχής. Εναλλακτικά, ο εξωτερικός μεταλλικός σκελετός μπορεί να μετακινηθεί και να στηριχθεί μπροστά από τις πλάκες σκυροδέματος. Η συγκεκριμένη επιλογή προσφέρει βελτιωμένα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά στα κτίρια, καθώς μετακινώντας τη μόνωση μπροστά από την πλάκα σκυροδέματος, επιτυγχάνεται η βέλτιστη λύση που ελαχιστοποιεί τις θερμογέφυρες. Συνεπώς, οι απώλειες θερμότητας μειώνονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και υπάρχει ένα δροσερό κλίμα εσωτερικά του κτιρίου το καλοκαίρι.

- Εξωτερική τοιχοποιία με διπλό μεταλλικό σκελετό και ενδιάμεση γυψοσανίδα

Ο τοίχος είναι εξωτερικός σε διπλό μεταλλικό σκελετό. Ο βασικός μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από στρωτήρες και ορθοστάτες σε πλάτη διατομής 75mm ή 100mm. Εξωτερικά επενδύεται με μια στρώση τσιμεντοσανίδας πάχους 12,5mm η οποία επιχρίεται εξωτερικά με επίχρισμα σε πάχος από 0,5 έως 0,7cm. Μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της τσιμεντοσανίδας τοποθετείται μια διαπνέουσα μεμβράνη. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 1 στρώση γυψοσανίδας πάχους 12,5mm ή 15mm. Εσωτερικά κατασκευάζεται ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός με ορθοστάτες σε πλάτος διατομής 50mm. Μεταξύ της γυψοσανίδας και του δεύτερου μεταλλικού σκελετού απαιτείται κενό τουλάχιστον 1cm το οποίο είναι μη αεριζόμενο. Στο εσωτερικό των μεταλλικών σκελετών τοποθετούνται τα δυο μονωτικά υλικά σε πάχη ανάλογα με το μεταλλικό σκελετό και το προσδοκώμενο αποτέλεσμα σε σχέση με τη θερμομονωτική ικανότητα της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, τα μονωτικά υλικά επιλέγονται σε πάχη 60mm και 40mm ή 80mm και 40mm αντίστοιχα με τα πλάτη διατομής των σκελετών. Σε περίπτωση που σχηματισθεί διάκενο αέρα, αυτό είναι μη αεριζόμενο. Η εσωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού επενδύεται με 1 στρώση γυψοσανίδας πάχους 12,5mm ή 15mm. Μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της γυψοσανίδας μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. Η τοιχοποιία αυτή προκύπτει σε πάχη από 17,95cm έως 20,95cm.

Ο εξωτερικός αυτός τοίχος με διπλό σκελετό και ενδιάμεση γυψοσανίδα τοποθετείται επίσης ανάμεσα στις πλάκες σκυροδέματος. Η επιπρόσθετη ενδιάμεση στρώση γυψοσανίδας προσδίδει στην τοιχοποιία υψηλότερες επιδόσεις. Βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια στο κέντρο των πόλεων και σε έργα όπως νοσοκομεία που έχουν υψηλές απαιτήσεις σε φυσικές ιδιότητες εξωτερικής τοιχοποιίας, δηλαδή σε έργα που απαιτούν συνήθως υψηλότερες ιδιότητες θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και πυραντοχής.

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες ξηράς δόμησης χρησιμοποιούνται επιπλέον και σε καμπύλες κατασκευές καθώς οι τσιμεντοσανίδες είναι ιδανικές για εφαρμογές σε τοξωτές ή καμπύλες εφαρμογές. Αρχικά, γίνεται η κατάλληλη διαμόρφωση του μεταλλικού σκελετού και στη συνέχεια τοποθετούνται οι τσιμεντοσανίδες. Κατά τη διάρκεια καμπύλωσης της μπορεί να δημιουργηθούν τυχόν επιφανειακές τριχοειδής ρωγμές ή μικρά σπασίματα τα οποία όμως δεν δημιουργούν πρόβλημα στις μηχανικές αντοχές των τσιμεντοσανίδων και δεν επηρεάζουν την στιβαρότητα της κατασκευής. Για μικρές ακτίνες καμπύλωσης προτείνεται η επιπλέον εφαρμογή ορθοστατών και στηριγμάτων. Η ιδανική απόσταση μεταξύ των ορθοστατών σε τέτοιες περιπτώσεις θα ήταν τα 300mm. Η τσιμεντοσανίδα παρουσιάζει ακτίνα καμπυλότητας ίση με 3m για διαστάσεις σανίδας 1200*900*12,5 (εκφρασμένες ως πλάτος*μήκος*πάχος σε mm), ενώ η ακτίνα καμπυλότητας μειώνεται στο 1m για διαστάσεις σανίδας 1200*300*12,5 (mm).

Όταν η ξηρά δόμηση εφαρμόζεται σε μετρίως υγρούς χώρους όπως οι χώροι στους οποίους ο ημερήσιος μέσος όρος της σχετικής υγρασίας του αέρα είναι κάτω από 70% (π.χ. μπάνια σε κατοικίες) ή σε χώρους που εκτίθενται περιστασιακά σε υγρασία, η χρήση διπλής στρώσης άνθυγρης γυψοσανίδας προστατεύει ικανοποιητικά την τοιχοποιία από την υγρασία που μπορεί να τη προσβάλλει. Η άνθυγρη γυψοσανίδα κρατά την υγρασία μακριά και επιβραδύνει το ρυθμό απορρόφησης του νερού.

Επιπλέον, οι εξωτερικές τοιχοποιίες ξηράς δόμησης με μονό ή διπλό μεταλλικό σκελετό αποτελούν κατάλληλο και ανθεκτικό υπόβαθρο για τη στερέωση εξωτερικών προσόψεων και τη δημιουργία αεριζόμενου διακένου. Μπορούν να κατασκευαστούν διαφόρων τύπων εξωτερικές επενδύσεις (αεριζόμενες όψεις) όπως υαλοπετάσματα, ορθομαρμαρώσεις, φύλλα αλουμινίου και επενδύσεις από ειδικό γρανίτη. Οι τοιχοποιίες αυτές παρουσιάζουν βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά και βελτιστοποιούν τη φυσική άνεση εσωτερικά του κτιρίου καθώς λόγω του αεριζόμενου διακένου απομακρύνεται ο θερμός αέρας και η υγρασία ενώ παράλληλα η αεριζόμενη πρόσοψη προσφέρει προστασία στην κατασκευή από τις καιρικές συνθήκες.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να γίνει και μία αναφορά στην διαπνέουσα μεμβράνη της οποίας ο ρόλος είναι καθοριστικός για την καλή λειτουργία της τοιχοποιίας ξηράς δόμησης. Πρόκειται για μια στεγανωτική μεμβράνη, κατασκευασμένη από πολύ λεπτές ίνες υάλου. Κατά την κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας απαιτείται φράγμα υδατοστεγάνωσης πίσω από την τσιμεντοσανίδα, έτσι αυτή τοποθετείται μεταξύ του μεταλλικού σκελετού και της τσιμεντοσανίδας. Η διαμορφωμένη με κατακόρυφες πτυχώσεις (κάθετες αυλακώσεις) επιφάνεια της, φροντίζει για την ορθή αποστράγγιση οποιασδήποτε υγρασίας που έχει συμπυκνωματικά εγκλωβιστεί στο πίσω μέρος της τσιμεντοσανίδας και διασφαλίζει την αναπνοή της τοιχοποιίας. Επιπλέον, η άριστη στεγανοποίηση που προσφέρει εξασφαλίζει την αποτροπή εισόδου υδάτων στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου. Ακόμη, προστατεύει το μεταλλικό σκελετό από τη διάβρωση που μπορεί να προκαλέσει ο αλκαλικός χαρακτήρας όλων των προϊόντων τσιμέντου άρα και της τσιμεντοσανίδας. Το πάχος της ισούται περίπου με 0,18mm και κατά την εφαρμογή της σε κάθε ένωση πρέπει να γίνεται επικάλυψη της μεμβράνης κατά 10 με 20cm με την κάτω στρώση να προηγείται και την πάνω στρώση να την καλύπτει ώστε να αποφεύγεται η διείσδυση υδάτων, οδηγώντας το νερό στο εξωτερικό της τοιχοποιίας.

Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα μιας εξωτερικής τοιχοποιίας ξηράς δόμησης με χρήση τσιμεντοσανίδας, που είναι τα εξής:

- Αρχιτεκτονική ευελιξία
- Αντοχή στην κρούση, στην υγρασία και στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες
- Χαμηλό βάρος που κυμαίνεται από 45 έως 70 kg/m²
- Μειωμένο κόστος εργασίας
- Παρουσιάζει υψηλή πυραντοχή, καθώς καθυστερεί την εξάπλωση της φωτιάς για 30' έως 120'
- Παρουσιάζει υψηλή ηχομόνωση από 50 έως 65 db
- Παρουσιάζει χαμηλή θερμική διαπερατότητα
- Αποτελεί γρήγορη και καθαρή κατασκευή
- Προσφέρει περισσότερο ωφέλιμο χώρο στο κτίριο καθώς τα πάχη των τοιχοποιιών που κατασκευάζονται με βάση την ξηρά δόμηση είναι σημαντικά μικρότερα σε σχέση με τις συνήθεις τοιχοποιίες για την παρόμοια θερμική προστασία

5.11.1 Ο μεταλλικός σκελετός [44]

Ο μεταλλικός σκελετός (τα μεταλλικά προφίλ) αποτελεί τη βάση για τη δόμηση της εξωτερικής τοιχοποιίας ξηράς δόμησης. Ο σχεδιασμός του πρέπει να γίνεται με βάση τις ανεμοπιέσεις της περιοχής, τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, την γεωμετρία και την τοποθεσία του κτιρίου, καθώς και άλλους εξωγενείς παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τα φορτία που δέχονται οι εξωτερικές όψεις. Οι διαστάσεις και το στήσιμο του μεταλλικού σκελετού προκύπτουν από τα παραπάνω στοιχεία. Γενικά, η χρήση ορθοστατών (κατακόρυφων προφίλ) πλάτους $\geq 75\text{mm}$, προσφέρει στις εξωτερικές τοιχοποιίες αντοχή σε φορτία ανεμοπιέσεων από $0,40\text{-}1,55\text{KN/m}^2$.

Η αντιδιαβρωτική προστασία των προφίλ με βάση τις εκάστοτε συνθήκες υγρασίας είναι επίσης ένας παράγοντας που πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση. Ο υγρός ή καυτός αέρας μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στον μεταλλικό σκελετό. Επίσης, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες σε παραθαλάσσιες περιοχές είναι έντονα διαβρωτικές. Θα πρέπει, λοιπόν, να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για τα μεταλλικά στηρίγματα ή και για τα μεταλλικά τεμάχια σύνδεσης που πιθανόν να υπάρχουν στον σκελετό ανάλογα με την κάθε περίπτωση.

Συνίσταται η χρήση των μεταλλικών σκελετών, τα οποία παράγονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα (χάλυβας) πάχους $0,6\text{mm}$, με πρόσθετη επικάλυψη αλουμινίου, πυριτίου και ψευδαργύρου. Η επικάλυψη πραγματοποιείται με εμβάπτιση εν θερμώ, συνεχούς ροής. Η παρουσία του αλουμινίου αυξάνει σε πολύ μεγάλο βαθμό την προστασία των μεταλλικών προφίλ από την διάβρωση σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας. Επίσης, ο μεταλλικός σκελετός με πάχος χάλυβα $0,60\text{mm}$ παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα, αντοχή, υψηλή ροπή αδρανείας και καλύτερο βίδωμα.

Για την κατασκευή του μεταλλικού σκελετού στις τοιχοποιίες απαιτούνται δυο μεταλλικά κομμάτια (προφίλ), οι στρωτήρες και οι ορθοστάτες. Οι στρωτήρες βιδώνονται αρχικά σε δάπεδο και οροφή και στη συνέχεια τοποθετούνται οι ορθοστάτες κατακόρυφα μέσα σε αυτούς με μέγιστη απόσταση τα 600mm . Τα δύο αυτά μεταλλικά στοιχεία κατασκευάζονται με πλάτη διατομών 50mm , 75mm ή 100mm και πάχος χάλυβα $0,60\text{mm}$. Οι στρωτήρες κατασκευάζονται με ύψη διατομών 40mm και οι ορθοστάτες με ύψη διατομών 50mm .

5.11.2 Η τσιμεντοσανίδα [44]

Η τσιμεντοσανίδα που χρησιμοποιείται στις εξωτερικές τοιχοποιίες ξηράς δόμησης παρασκευάζεται από τσιμέντο τύπου Portland και διάφορα αδρανή πρόσμεικτα, ενώ είναι οπλισμένη στις δύο επιφάνειες της με ειδικό υαλόπλεγμα υψηλής αντιαλκαλικής προστασίας. Επιπλέον, οι επιφάνειες της είναι λείες χωρίς να επηρεάζεται η ικανότητα πρόσφυσης του βασικού επιχρίσματος.

Όπως ήδη παρουσιάστηκε, βρίσκει εφαρμογή στις τοιχοποιίες ξηράς δόμησης, όπου τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά σε επαφή με τους ορθοστάτες. Μπορεί, όμως, να χρησιμοποιηθεί και σε ποικίλα συστήματα τοιχοποιίας, οροφών, ανακατασκευής προσόψεων και άλλων ειδικών εξωτερικών ή εσωτερικών εφαρμογών. Το μεγάλο εύρος εφαρμογών που παρουσιάζει οφείλεται στο γεγονός ότι πρόκειται για ένα στιβαρό δομικό υλικό με καλές μηχανικές αντοχές, ενώ ως εξωτερική επένδυση εξασφαλίζει την προστασία της κατασκευής από τα ακραία καιρικά φαινόμενα του αέρα, του χιονιού και της βροχής.

Οι τσιμεντοσανίδες που χρησιμοποιούνται σε τοιχοποιίες ξηράς δόμησης παράγονται σε τυποποιημένες διαστάσεις. Έχουν σταθερό πλάτος 120cm και πάχος $1,25\text{cm}$ ενώ μπορούν να κατασκευάζονται σε μήκη 90cm , 200cm , 240cm , 250cm ή 280cm . Παρουσιάζουν ξηρή πυκνότητα περίπου ίση με 1150kg/m^3 και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους ισούται με $0,36\text{ W/mK}$.

Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα βασικότερα χαρακτηριστικά της τσιμεντοσανίδας, τα οποία οδήγησαν στην ευρεία χρήση της στις κατασκευές:

- Χαράζεται, κόβεται και διαμορφώνεται πολύ εύκολα
- Δεν επηρεάζεται από την επαφή της με το νερό, είναι αδιάβροχη και έτσι δεν διογκώνεται και δε χάνει την σταθερότητα της
- Παρουσιάζει σημαντική αντίσταση στις καιρικές συνθήκες και στην υγρασία
- Είναι ανθεκτική στην ανάπτυξη της μούχλας
- Αποτελεί κατάλληλο υπόβαθρο για επικόλληση πλακιδίων σε χώρους με υγρασία
- Είναι ιδιαίτερα ανθεκτική στις κρούσεις
- Καμπυλώνει εύκολα

- Αποτελεί άκαυστο, μη αναφλέξιμο προϊόν
- Είναι ασφαλές και μη τοξικό υλικό
- Έχει ειδικά διαμορφωμένα άκρα για ποιοτική αρμολόγηση
- Αποτελεί καλό υπόβαθρο για τοποθέτηση εξωτερικής θερμομονωτικής στρώσης
- Έχει ικανοποιητική εμφάνιση
- Συμβάλλει στην ικανοποιητική ηχομόνωση, θερμομόνωση και πυραντοχή της τοιχοποιίας

5.11.3 Οι γυψοσανίδες

Οι γυψοσανίδες παρασκευάζονται με την ανάμιξη γύψου ταχείας πήξης, νερού και φυτικών ινών για την ενίσχυση του ιστού, και το μίγμα μορφοποιείται σε ορθογώνιες πλάκες μεγάλων διαστάσεων. [45] Η σύνθεση του γύψου μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με τις απαιτήσεις. [44]

Οι γυψοσανίδες έχουν χαρακτηριστικό γκρι χρώμα. Παρουσιάζουν εύκολη επεξεργασία και έχουν εξαιρετικές οικολογικές ιδιότητες που εξασφαλίζονται από την πρώτη ύλη του φυσικού ορυκτού γύψου. Αποτελούν άκαυστα, μη αναφλέξιμα προϊόντα. Έχουν μεγάλη σταθερότητα διαστάσεων και παρατηρούνται ελάχιστες συστολοδιαστολές κατά τη μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών. Συμφώνα με τους κατασκευαστές αντέχουν μέχρι τους 50°C, καθώς το μέγιστο όριο αντοχής τους σε διαρκή θερμοκρασιακή καταπόνηση φτάνει στιγμιαία τους 60°C. [44] Επιπλέον, αντέχουν στην παροδική υγρασία και στη διαβροχή με νερό, εφόσον ξηραίνονται γρήγορα. [45]

Βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε τοιχοποιίες ξηράς δόμησης εσωτερικές ή εξωτερικές. Χρησιμοποιούνται και ως επένδυση οροφών σε δώματα και στεγών (ψευδοροφές). Ακόμη, σημαντική είναι και η χρήση τους ως επένδυση τοιχοποιίας, με μία όψη κατάλληλα διαμορφωμένη για την εφαρμογή επιχρισμάτων γύψου ή διακοσμητικών βαφών. Σε αυτή την περίπτωση οι γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται ως ξηρό επίχρισμα ιδιαίτερα σε εξωτερικές τοιχοποιίες με εσωτερική θερμομόνωση για την κάλυψη και προστασία του θερμομονωτικού υλικού. [44,45]

Το πάχος τους ποικίλλει, με συνήθη τιμή αυτή των 12,5mm. Άλλα πάχη είναι αυτά των 15 και 18mm, ενώ για ειδικές εφαρμογές οι γυψοσανίδες παράγονται σε πάχος 6,5mm (για μικρής καμπυλότητας κατασκευές) και 9,5mm (για κούτελα και διακοσμητικά στοιχεία). Το πάχος τους επηρεάζει την αντοχή, την ηχομόνωση και την πυροπροστασία που προσφέρουν. Στις σχετικές εφαρμογές το αυξημένο πάχος βελτιώνει τις αντίστοιχες ιδιότητες. Έχουν σταθερό πλάτος 120cm ενώ μπορούν να κατασκευάζονται σε μήκη 200cm, 250cm, 280cm ή και 300cm. Η πυκνότητα τους είναι περίπου ίση με 680kg/m³ και ο συντελεστής θερμικής τους αγωγιμότητας ισούται με 0,21W/mK.[44]

Ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους, διατίθενται γυψοσανίδες με κάποια ειδικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με το πεδίο εφαρμογής τους. Τέτοιες γυψοσανίδες είναι οι εξής:

- Ανθυγρες γυψοσανίδες

Πρόκειται για γυψοσανίδες με πρόσμεικτα, τα οποία επιβραδύνουν το ρυθμό απορρόφησης του νερού και παρουσιάζουν μειωμένη υδατοαπορροφητικότητα. Είναι κατάλληλες για χρήση σε μετρίως υγρούς χώρους όπως οι χώροι στους οποίους ο ημερήσιος μέσος όρος της σχετικής υγρασίας του αέρα είναι κάτω από 70% (π.χ. μπάνια σε κατοικίες) [44]

- Πυράντοχες γυψοσανίδες

Οι πυράντοχες γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται όπως οι απλές γυψοσανίδες για την επικάλυψη στοιχείων ξηράς δόμησης, αλλά διαφοροποιούνται ως προς τη διάρκεια πυραντίστασης λόγω της δομής του γύψου η οποία είναι οπλισμένη με ορυκτές ίνες και άλλα πρόσμεικτα ώστε να εξασφαλίζει ικανοποιητική αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και άριστη συνοχή της δομής της γυψοσανίδας υπό την επίδραση φωτιάς. [44]

- Ανθυγροπυράντοχες γυψοσανίδες

Οι ανθυγροπυράντοχες γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται σε όλα τα συστήματα ξηράς δόμησης σε μετρίως υγρούς χώρους όπου υπάρχουν και απαιτήσεις πυραντοχής. Οι γυψοσανίδες αυτές διαθέτουν εμποτισμένο πυρήνα γύψου μειωμένης υδατοαπορροφητικότητας, ενώ είναι οπλισμένος με ορυκτές ίνες και πρόσμεικτα ώστε να έχει ικανοποιητική αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνδυάζει στην ουσία τις ιδιότητες των ανθυγρων και πυράντοχων γυψοσανίδων. [44]

- Ηχοαπορροφητικές γυψοσανίδες

Οι ηχοαπορροφητικές γυψοσανίδες είναι τετράγωνες γυψοσανίδες με διαστάσεις 9,5×500×500mm και 12,5×625×625mm οι οποίες είναι επενδυμένες με χαρτόνι. Στην ορατή επιφάνεια υπάρχουν οπές ή σχισμές κατά τη διεύθυνση των ινών του χαρτονιού και στην άλλη επιφάνεια τοποθετούνται ηχοαπορροφητικά υλικά. Οι γυψοσανίδες αυτές χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση της αντήχησης σε κλειστούς χώρους. [45]

5.12 Η θερμομονωτική στρώση στις τοιχοποιίες

Στόχος της θερμικής προστασίας της τοιχοποιίας σε συνδυασμό με τη θερμική προστασία των υπόλοιπων δομικών στοιχείων είναι η μείωση των θερμικών απωλειών, η εξασφάλιση ενός άνετου εσωκλίματος στους χώρους κατοικίας, εργασίας ή ψυχαγωγίας, η εξοικονόμηση ενέργειας και ο περιορισμός της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια των κεντρικών θερμάνσεων. Η παρουσία της θερμομόνωσης σε μια τοιχοποιία μειώνει την πιθανότητα εκδήλωσης του φαινομένου της δρόσου στην επιφάνεια της και περιορίζει τις μεγάλες και έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις τόσο κατά τη χειμερινή όσο και κατά τη θερινή περίοδο. [27]

Η θερμομονωτική προστασία μιας τοιχοποιίας μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους, είτε με ελαφρά είτε με βαριά θερμομονωτικά υλικά.

- Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετούνται είτε στην εξωτερική επιφάνεια των τοιχοποιιών, είτε στην εσωτερική τους επιφάνεια ή και ανάμεσα στα δύο κελύφη με ή χωρίς ενδιάμεσο διάκενο αέρα στην περίπτωση της δικέλυφης τοιχοποιίας. [59] Όταν ως θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό επίχρισμα αυτό μπορεί να αποτελέσει την κύρια θερμομονωτική στρώση η οποία τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά της τοιχοποιίας ή και να λειτουργήσει συμπληρωματικά σε συνδυασμό με κάποιο άλλο μονωτικό υλικό όπως στην περίπτωση δικέλυφης τοιχοποιίας με θερμομόνωση πυρήνα χωρίς διάκενο αέρα όπου το θερμομονωτικό επίχρισμα τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά αυτής. [16] Ειδική περίπτωση αποτελούν οι τοιχοποιίες ξηράς δόμησης με εξωτερική επένδυση τσιμεντοσανίδας και μεταλλικό σκελετό, όπου η θερμομόνωση τους πετυχαίνεται με ελαφρά θερμομονωτικά υλικά τα οποία τοποθετούνται στο εσωτερικό του μεταλλικού σκελετού. [44] Στους τοίχους με ελαφρά μονωτικά υλικά η θερμομονωτική τους ικανότητα εξαρτάται κυρίως από τη θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού και από τις θερμικές αντιστάσεις των υπόλοιπων στρώσεων του τοίχου για τις οποίες υπάρχει μια αβεβαιότητα ως προς την τιμή τους (π.χ. περίπτωση διάτρητων οπτόπλινθων). [59]
- Στη δεύτερη περίπτωση συναντώνται οι τοίχοι που δομούνται με βαριά θερμομονωτικά υλικά όπως ελαφροτσιμεντόλιθους και θερμομονωτικά τούβλα. Οι τοίχοι αυτοί παρουσιάζουν κατανομημένη θερμομόνωση και η θερμομονωτική τους ικανότητα εξαρτάται από το πάχος τους και από τον συντελεστή θερμοαγωγιμότητας. [59] Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις οι τοιχοποιίες που κατασκευάζονται από θερμομονωτικά τούβλα από μόνες τους δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις που θέτονται από τον ΚΕΝΑΚ για τον συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών για τις διάφορες κλιματικές ζώνες. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη να χρησιμοποιείται στις τοιχοποιίες αυτές ένα επιπλέον θερμομονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται συνήθως εξωτερικά της τοιχοποιίας. [32] Και στην περίπτωση αυτή, εκτός από τις διάφορες πλάκες μονωτικών υλικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιπλέον μονωτικό υλικό και θερμομονωτικό επίχρισμα το οποίο συνήθως τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας, ενώ άλλοτε εφαρμόζεται τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική πλευρά αυτής. [16]

Για τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας μπορούν να χρησιμοποιούνται όλα τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά. Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού λαμβάνονται υπόψη κατασκευαστικοί παράγοντες, η συνεργασιμότητα των υλικών, οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των μονωτικών υλικών καθώς και η επιθυμητή θερμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας. [27,50]

Όταν η τοιχοποιία θερμομονώνεται εξωτερικά και ως μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται υλικά που προσβάλλονται από την υγρασία, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία τους από την βροχή, καθώς αν απορροφήσουν νερό, κινδυνεύουν να μειώσουν ή να χάσουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες. Ομοίως, πρέπει να προστατεύονται από τα καιρικά φαινόμενα και ιδίως τα διάφορα συνθετικά θερμομονωτικά υλικά θα πρέπει να προστατεύονται από την επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας καθώς η επί μακρόν έκθεση τους σε αυτή τα καταστρέφει. Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμικής

προστασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να στερεωθούν καλά επάνω στην τοιχοποιία. [27]

Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά που τοποθετούνται είτε στην εξωτερική είτε στην εσωτερική επιφάνεια των τοιχοποιιών επικαλύπτονται με επίχρισμα σε πάχος συνήθως 2cm. [16,28,31,32,39] Μεταξύ επιχρίσματος και θερμομονωτικού υλικού θα πρέπει να παρεμβάλλεται η στερέωση ενός πλαστικού ή ανοξείδωτου μεταλλικού πλέγματος που θα συμβάλλει στην καλύτερη πρόσφυση του επιχρίσματος και θα παραλαμβάνει επιφανειακές τάσεις περιορίζοντας την εμφάνιση ρωγμών στην επιφάνεια του λόγω συστολοδιαστολών ιδίως στα σημεία επαφής ανομοιογενών υλικών (π.χ. σημείο επαφής του θερμομονωτικού υλικού του φέροντα οργανισμού με την τοιχοποιία πλήρωσης). [27] Επιπλέον, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της τοιχοποιίας μπορεί να επενδύεται με μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 1,25cm [21,28,44] ή και να καλύπτεται με τσιμεντοσανίδες, μοριοσανίδες, ή άλλου τύπου ελαφρά πετάσματα τόσο για λόγους αισθητικής όσο και για λόγους προστασίας. [27] Όταν ως θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό επίχρισμα εσωτερικά ή εξωτερικά της τοιχοποιίας τότε ως τελική επίστρωση πάνω από αυτό εφαρμόζεται ένα επίχρισμα φινιρίσματος πάχους 0,5cm. [16]

Όσον αφορά τις τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα το θερμομονωτικό υλικό πρέπει να τοποθετείται πάντα στηριζόμενο στην εξωτερική πλευρά του εσωτερικού κελύφους. Αυτή η μορφή πρέπει να τηρείται πάντα σε κάθε δικέλυφη τοιχοποιία με ή χωρίς διάκενο αέρα και είτε είναι αυτό αεριζόμενο ή όχι. Στην περίπτωση της δικέλυφης τοιχοποιίας με θερμομόνωση πυρήνα χωρίς ενδιάμεσο διάκενο το θερμομονωτικό υλικό θα πρέπει να στερεώνεται καλά επάνω στο εσωτερικό κέλυφος και να εφάπτεται στα δύο κελύφη της. Επίσης, κατά την κατασκευή της δικέλυφης τοιχοποιίας πρέπει τα δύο κελύφη να συνδέονται μεταξύ τους με περιδέσμους ενίσχυσης (σενάζ) ανά ένα μέτρο ύψους τουλάχιστον οι οποίοι οφείλουν ομοίως να είναι θερμομονωμένοι για την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφυρών. [28] Γενικά, στις δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα μπορούν να χρησιμοποιούνται όλα τα μονωτικά υλικά. Στην περίπτωση όμως δικέλυφης τοιχοποιίας με θερμομόνωση πυρήνα χωρίς ενδιάμεσο διάκενο, όπως προαναφέρθηκε, όταν το εξωτερικό κέλυφος καταπονείται έντονα από τη βροχή, καλό είναι να προτιμηθούν θερμομονωτικά υλικά απρόσβλητα από την υγρασία (π.χ. αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη), διότι ενδεχόμενη προσβολή τους θα περιορίσει τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες. [27]

Επίσης, όπως προαναφέρθηκε στην περίπτωση υφιστάμενων τοιχοποιιών με κλειστό διάκενο αέρα οι οποίες θερμομονώνονται μετά την κατασκευή τους, μπορούν να ανοιχτούν προσωρινές τρύπες και να γεμίσει το διάκενο με συγκεκριμένη μεθοδολογία με κόκκους θερμομονωτικού υλικού όπως κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. [28] Με αυτόν τον τρόπο αποκτούμε δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα και χωρίς ενδιάμεσο διάκενο.

Στο εμπόριο οι διάφοροι κατασκευαστές προτείνουν για ως θερμομονωτικά υλικά τόσο στην περίπτωση της εξωτερικής όσο και στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης ή θερμομόνωσης πυρήνα, πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης και πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης. [28,39,60] Επίσης, προτείνονται για την εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας σκληρές πλάκες πετροβάμβακα, ενώ για τη θερμομόνωση πυρήνα ή εσωτερική θερμομόνωση ημίσκληρες ή ημιάκαμπτες πλάκες πετροβάμβακα. Στην περίπτωση των τοιχοποιιών ξηράς δόμησης με εξωτερική επένδυση τσιμεντοσανίδας και με μεταλλικό σκελετό εντός του οποίου τοποθετείται το μονωτικό υλικό, στο εμπόριο συστήνονται ως κατάλληλα μονωτικά υλικά ημίσκληρες πλάκες πετροβάμβακα ή ορυκτοβάμβακας υπό μορφή παπλώματος ή πλάκας. [44,61]

5.12.1 Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τα δύο βασικά χαρακτηριστικά του θερμομονωτικού υλικού δηλαδή το πάχος του και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του. Μεταβολή των δύο αυτών χαρακτηριστικών προκαλεί μεταβολές στον συντελεστή θερμοπερατότητας των τοίχων. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά της μόνωσης μπορούν να καθορίζονται βάσει της επιδιωκόμενης θερμικής προστασίας των τοιχοποιιών καθώς και από υπολογισμό για την ικανοποίηση των απαιτήσεων θερμομόνωσης που θέτονται από τον ΚΕΝΑΚ για τις τοιχοποιίες ανά κλιματική ζώνη, υπό την προϋπόθεση ότι σε κάθε περίπτωση τηρούνται οι τυχόν κατασκευαστικοί παράγοντες. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U μιας εξωτερικής τοιχοποιίας, ελεύθερης προς τον αέρα,

οφείλει να εξασφαλίζει ένα συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο ή ίσο των τιμών 0,6, 0,5, 0,45 και 0,40W/m²K αντίστοιχα για τις κλιματικές ζώνες Α, Β, Γ και Δ. [10]

➤ Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες από οπτόπλινθους

Όπως προαναφέρθηκε το πάχος του μονωτικού υλικού και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυτού καθορίζουν τον συντελεστή θερμοπερατότητας U μιας τοιχοποιίας, ενώ μεταβάλλοντας τα χαρακτηριστικά της μόνωσης σε μια τοιχοποιία μεταβάλλεται ο συντελεστής U αυτής. Επιπλέον, η επιλογή των δύο αυτών μεγεθών μπορεί να γίνεται βάσει της επιδιωκόμενης προστασίας καθώς και σύμφωνα με όσα ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Συνεπώς, για παράδειγμα, το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης, για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού μπορεί να καθορίζεται από τα όρια που θέτει ο ΚΕΝΑΚ για τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας ανά κλιματική ζώνη.

Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1 για σταθερά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, όπως είναι αναμενόμενο, παρατηρούνται διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών τα οποία διαφέρουν ως προς τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων στρώσεων. Αυτό οφείλεται στη διαφορετικότητα της διατομής τους. Παρατηρήθηκε επίσης ότι, για τοιχοποιίες παρόμοιας δομής, με τα ίδια χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, στις μεταβολές της τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας μεταξύ των τοιχοποιιών αυτών, από τις υπόλοιπες στρώσεις μεγαλύτερη επίδραση μεγαλύτερη επίδραση έχει η στρώση της οπτοπλινθοδομής καθώς αυτή μπορεί να κατασκευάζεται σε μικρότερα ή μεγαλύτερα πάχη και να παρουσιάζει μικρότερο ή μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ανάλογα με τους οπτόπλινθους που θα χρησιμοποιηθούν.

Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1 αναφέρονται ενδεικτικά στη συνέχεια, για κάθε τύπο τοιχοποιίας, οι κλιματικές ζώνες που μπορεί να γίνουν δεκτές τοιχοποιίες για διάφορα πάχη θερμομόνωσης και για διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης:

- Δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα με μονωτικό υλικό πάχους 4cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές στην κλιματική ζώνη Α, ενώ όταν ο συντελεστής λ του μονωτικού υλικού ισούται με 0,035W/mK, γίνονται δεκτές στην κλιματική ζώνη Α σε ορισμένες περιπτώσεις ενώ σε άλλες δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ.

- Δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα με μονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστή λ 0,033W/mK ή 0,035W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στην κλιματική ζώνη Α, άλλοτε στη Β και άλλοτε στη Γ, ενώ όταν συνδυάζονται με μία επιπλέον θερμομονωτική στρώση από θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 10cm με συντελεστή λ 0,056W/mK γίνονται δεκτές και στη ζώνη Δ.

- Δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα με μονωτικό υλικό πάχους 6cm με συντελεστή λ 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στη κλιματική ζώνη Γ και άλλοτε στη ζώνη Δ, ενώ για το ίδιο πάχος μονωτικού υλικού και για συντελεστή λ 0,035W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στη κλιματική ζώνη Β και άλλοτε στη ζώνη Γ.

- Δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα με μονωτικό υλικό σε πάχη 7cm ή 8cm και με συντελεστή λ 0,033W/mK ή 0,035W/mK γίνονται δεκτές στην κλιματική ζώνη Δ.

- Μια δικάλυφη τοιχοποιία με κλειστό στρώμα αέρα και με θερμομόνωση πυρήνα με μονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK γίνεται δεκτή στην κλιματική ζώνη Β ενώ για το ίδιο πάχος μόνωσης και για συντελεστή λ 0,035W/mK γίνεται δεκτή στην κλιματική ζώνη Γ.

- Δικέλυφες τοιχοποιίες με αεριζόμενο διάκενο αέρα και με θερμομόνωση πυρήνα με μονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK ή 0,035W/mK ικανοποιούν τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για την κλιματική ζώνη Α.

-Μονοκέλυφες τοιχοποιίες με εξωτερική θερμομόνωση με μονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στη κλιματική ζώνη Α και άλλοτε στη ζώνη Γ, ενώ για το ίδιο πάχος μόνωσης και για συντελεστή λ ίσο με 0,035W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στη κλιματική ζώνη Α και άλλοτε στη ζώνη Δ, αντίστοιχα.

-Μονοκέλυφη τοιχοποιία με εξωτερική θερμομόνωση με μονωτικό υλικό πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK ή 0,035W/mK μπορεί να γίνει δεκτή στην κλιματική ζώνη Γ.

-Μία μονοκέλυφη τοιχοποιία με εξωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα σε πάχος 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,056W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για την κλιματική ζώνη Α.

- Μία μονοκέλυφη τοιχοποιία με εξωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα σε πάχος 10cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,056W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για την κλιματική ζώνη Γ.
- Μονοκέλυφες τοιχοποιίες με εσωτερική θερμομόνωση με μονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στη κλιματική ζώνη Α και άλλοτε στη ζώνη Γ, ενώ για το ίδιο πάχος μόνωσης και για συντελεστή λ ίσο με 0,035W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στη κλιματική ζώνη Α και άλλοτε στη ζώνη Δ, αντίστοιχα.
- Μονοκέλυφη τοιχοποιία με εσωτερική θερμομόνωση με μονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστή λ 0,033W/mK ή 0,035W/mK σε συνδυασμό με μία δεύτερη θερμομονωτική στρώση πάχους 2,5cm και με συντελεστή λ 0,093 γίνεται δεκτή στις κλιματικές ζώνες Β και Γ αντίστοιχα.
- Μονοκέλυφη τοιχοποιία με εσωτερική θερμομόνωση με μονωτικό υλικό πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK ή 0,035W/mK μπορεί να γίνει δεκτή στην κλιματική ζώνη Γ.
- Δικέλυφες τοιχοποιίες με κλειστό στρώμα και με εσωτερική θερμομόνωση με μονωτικό υλικό πάχους 4cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτές άλλοτε στην κλιματική ζώνη Α και άλλοτε στη Β ενώ για συντελεστή λ 0,035W/mK γίνονται δεκτές στην ζώνη Α. Η περίπτωση αυτή αναφέρεται σε θερμομόνωση υφιστάμενης δικέλυφης τοιχοποιίας από την εσωτερική της πλευρά όταν δεν είναι δυνατή η πλήρωση του ενδιάμεσου κενού με θερμομονωτικό υλικό.
- Δικέλυφη τοιχοποιία με κλειστό στρώμα και με εσωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για τη κλιματική ζώνη Γ ενώ για συντελεστή λ 0,035W/mK γίνεται δεκτή στην ζώνη Β. Η περίπτωση αυτή αναφέρεται σε θερμομόνωση υφιστάμενης τοιχοποιίας όπως και η παραπάνω τοιχοποιία.
- Τοιχοποιίες χωρίς θερμομονωτική στρώση ή γενικά τοιχοποιίες με μικρά πάχη μονωτικού υλικού και υψηλούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές θερμοπερατότητας και δε γίνονται δεκτές σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ.

➤ Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες από τσιμεντόλιθους

Μία τοιχοποιία από τσιμεντόλιθους είναι απαραίτητο να θερμομονώνεται εσωτερικά ή εξωτερικά με κάποιο μονωτικό υλικό έτσι ώστε να περιορίζονται οι θερμικές απώλειες μέσω αυτής, καθώς η τσιμεντολιθοδομή δε μπορεί να εξασφαλίζει στην τοιχοποιία θερμική προστασία. Τα χαρακτηριστικά του μονωτικού υλικού (πάχος και συντελεστής λ) μπορεί να καθορίζονται όπως προαναφέρθηκε στην αρχή της ενότητας. Επιπλέον, για σταθερά χαρακτηριστικά μονωτικού υλικού, βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1, παρατηρούνται διάφορες στο συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών οι οποίες θα μπορούσαμε να πούμε ότι οφείλονται στα διαφορετικά χαρακτηριστικά της τσιμεντολιθοδομής σε κάθε τοιχοποιία, δηλαδή στο πάχος αυτής και στον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των τσιμεντόλιθων. Σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν στην ενότητα 4.1 τοιχοποιίες από τσιμεντόλιθους με εξωτερική ή εσωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK και 0,035W/mK γίνονται δεκτές άλλοτε στην κλιματική ζώνη Α και άλλοτε στη Β. Η μεταβολή αυτή οφείλεται στις διαφορετικές θερμικές αντιστάσεις που μπορεί να παρουσιάζει η στρώση από τσιμεντόλιθους.

➤ Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες από ελαφροτσιμεντόλιθους

Ήδη έγινε αναφορά στη θερμομονωτική ικανότητα των τοιχοποιιών αυτών. Ο συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών αυτών εξαρτάται από το πάχος της πλινθοδομής από ελαφροτσιμεντόλιθους και από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτών. Οι τοιχοποιίες αυτές δύνανται να ικανοποιούν τις απαιτήσεις που θέτει ο ΚΕνΑΚ χωρίς τη χρήση κάποιας επιπλέον θερμομονωτικής στρώσης. Μία τοιχοποιία κατασκευασμένη από ελαφροτσιμεντόλιθους σε πάχη 20, 25 και 30cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,11W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης στις κλιματικές ζώνες Β, Γ και Δ αντίστοιχα.

➤ Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες από θερμομονωτικά τούβλα

Τοιχοποιίες κατασκευασμένες από θερμομονωτικά τούβλα παρουσιάζουν χαμηλές θερμικές απώλειες και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να ικανοποιήσουν από μόνες τους τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που ορίζει ο ΚΕνΑΚ ενώ σε άλλες περιπτώσεις όχι και απαιτείται η τοποθέτηση επιπλέον στρώσης θερμομονωτικού υλικού. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών αυτών εξαρτάται από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που μπορεί να παρουσιάζουν τα διάφορα θερμομονωτικά τούβλα και από το πάχος που αυτά καταλαμβάνουν στην τοιχοποιία. Έτσι, αν η τοιχοποιία παρουσιάζει υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας

απαιτείται η προσθήκη επιπλέον θερμομονωτικού υλικού, καθώς μεγαλύτερα πάχη τούβλων αποβαίνουν σε βάρος του ωφέλιμου χώρου του κτιρίου.

Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1 αναφέρονται ενδεικτικά στη συνέχεια, για κάθε τύπο τοιχοποιίας, οι κλιματικές ζώνες που μπορεί να γίνουν δεκτές τοιχοποιίες για διάφορα πάχη θερμομόνωσης και για διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης:

-Μία τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα τα οποία παρουσιάζουν συντελεστή λ 0,116 και 0,115W/mK και καταλαμβάνουν πάχος 25 και 30cm αντίστοιχα στην τοιχοποιία, γίνεται δεκτή στις κλιματικές ζώνες Γ και Δ αντίστοιχα.

-Μία τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα τα οποία παρουσιάζουν συντελεστή λ 0,27W/mK και καταλαμβάνουν πάχος 25cm συνδυάζεται με μία επιπλέον εξωτερική θερμομονωτική στρώση. Το επιπλέον μονωτικό υλικό μπορεί να έχει πάχος 5cm και συντελεστή λ 0,033W/mK ή 0,035W/mK ή και να πρόκειται για θερμομονωτικό επίχρισμα το οποίο εφαρμόζεται σε πάχος 8cm με συντελεστή λ 0,056W/mK. Μία τέτοια τοιχοποιία παρουσιάζει χαμηλές θερμικές απώλειες και γίνεται δεκτή στη κλιματική ζώνη Δ.

-Μία τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα τα οποία παρουσιάζουν συντελεστή λ 0,23W/mK και καταλαμβάνουν πάχος 28cm συνδυάζεται με μία επιπλέον εξωτερική θερμομονωτική στρώση πάχους 5cm και με συντελεστή λ 0,033W/mK και 0,035W/mK και γίνεται δεκτή στη κλιματική ζώνη Δ. Εναλλακτικά, η τοιχοποιία με τα θερμομονωτικά τούβλα μπορεί να επενδυθεί εξωτερικά με μία στρώση θερμομονωτικού επιχρίσματος πάχους 6cm με συντελεστή λ 0,056W/mK και να γίνει δεκτή στη κλιματική ζώνη Γ.

-Μία τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα τα οποία παρουσιάζουν συντελεστή λ 0,23W/mK και καταλαμβάνουν πάχος 30cm συνδυάζεται με μία επιπλέον εξωτερική θερμομονωτική στρώση πάχους 5cm και με συντελεστή λ 0,033W/mK και 0,035W/mK και γίνεται δεκτή στη κλιματική ζώνη Δ. Εναλλακτικά, η τοιχοποιία με τα θερμομονωτικά τούβλα μπορεί να επενδυθεί εξωτερικά με μία στρώση θερμομονωτικού επιχρίσματος πάχους 5cm με συντελεστή λ 0,056W/mK και να γίνει δεκτή στη κλιματική ζώνη Γ.

-Μία τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα τα οποία παρουσιάζουν συντελεστή λ 0,23W/mK και καταλαμβάνουν πάχος 25cm συνδυάζεται με θερμομονωτικό επίχρισμα το οποίο εφαρμόζεται εξωτερικά και εσωτερικά της πλινθοδομής σε πάχος 3cm και με συντελεστή λ 0,056W/mK και γίνεται δεκτή στη κλιματική ζώνη Γ.

Όπως οι τοιχοποιίες με θερμομονωτικά τούβλα έτσι και οι τοιχοποιίες με τούβλα ενισχυμένα με θερμομονωτικό υλικό μπορούν είτε να ικανοποιήσουν από μόνες τους τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που ορίζει ο ΚΕνΑΚ είτε να απαιτείται η τοποθέτηση επιπλέον στρώσης θερμομονωτικού υλικού. Οι μεταβολές αυτές στη θερμική τους συμπεριφορά οφείλονται στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που μπορεί να παρουσιάζουν τα διάφορα αυτά τούβλα και στο πάχος που καταλαμβάνουν στην τοιχοποιία. Βάσει των όσων αναλύθηκαν στην ενότητα 4.1, μία τοιχοποιία κατασκευασμένη από τούβλα με ενσωματωμένο θερμομονωτικό υλικό πάχους 20cm και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,22W/mK συνδυάζεται με μία επιπλέον εξωτερική θερμομονωτική στρώση πάχους 5cm και με συντελεστή λ 0,033W/mK και 0,035W/mK και γίνεται δεκτή στην κλιματική ζώνη Δ. Εναλλακτικά, η τοιχοποιία με τα θερμομονωτικά τούβλα μπορεί να επενδυθεί εξωτερικά με μία στρώση θερμομονωτικού επιχρίσματος πάχους 8cm με συντελεστή λ 0,056W/mK και να γίνει δεκτή στη κλιματική ζώνη Γ.

➤ Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις λιθοδομές - μεικτές τοιχοποιίες

Οι λιθοδομές παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες λόγω του υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν οι πέτρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η μεταβολή του πάχους της στρώσης των φυσικών λίθων να επηρεάζει ελάχιστα τον συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας ενώ κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού. Βάσει των όσων αναλύθηκαν στην ενότητα 4.1 μια δικέλυφη μεικτή τοιχοποιία με εξωτερικό κέλυφος από φυσικούς λίθους και εσωτερικό κέλυφος από οπτόπλινθους με θερμομόνωσης πυρήνα πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK ή 0,035W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για την κλιματική ζώνη Α, ενώ για θερμομονωτική στρώση πάχους 6cm και με συντελεστές λ 0,033W/mK ή 0,035W/mK ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για τις ζώνες Γ και Β αντίστοιχα.

➤ Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στις τοιχοποιίες ξηράς δόμησης

Οι τοιχοποιίες ξηράς δόμησης με χρήση τσιμεντοσανίδας παρουσιάζουν τυποποιημένες κατασκευαστικές λύσεις. Όπως, έχει ήδη αναφερθεί ως μονωτικά υλικά που τοποθετούνται στο εσωτερικό των μεταλλικών

σκελετών προτιμούνται τα ινώδη μονωτικά υλικά όπως πετροβάμβακας και ορυκτοβάμβακας. Το μονωτικό υλικό, αναλόγως του μεταλλικού σκελετού, έχει πάχος συνήθως 6 και 8cm, ενώ αναλόγως της κατασκευής μπορεί να συνδυάζεται με μια επιπλέον θερμομονωτική στρώση. Βάσει των όσων έχουν αναλυθεί στην ενότητα 4.1 παρουσιάζονται τυπικά πάχη και ενδεικτικοί συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των μονωτικών υλικών καθώς και οι αντίστοιχες κλιματικές ζώνες στις οποίες γίνονται δεκτές οι διάφορες τοιχοποιίες.

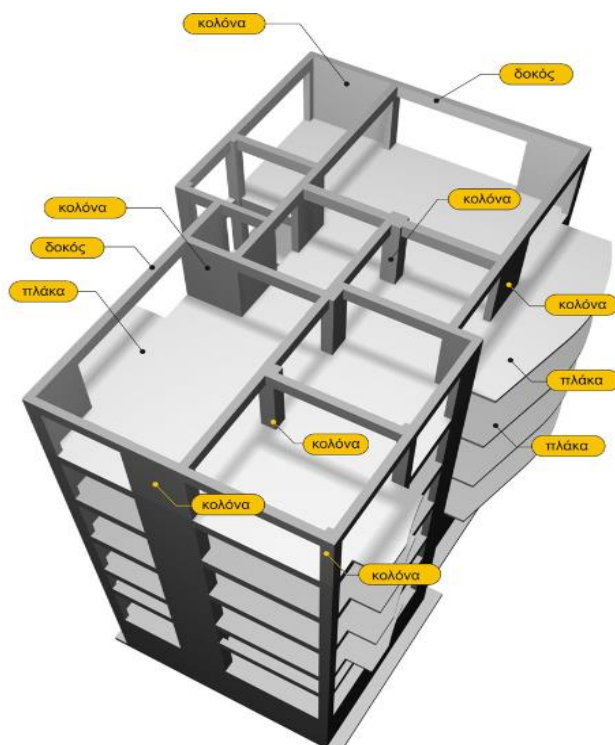
-Μία τοιχοποιία ξηράς δόμησης με μονό μεταλλικό σκελετό και μονωτικό υλικό πάχους 6cm με συντελεστή λ 0,035W/mK ή 0,037W/mK γίνεται δεκτή στην κλιματική ζώνη Β, ενώ όταν το μονωτικό υλικό έχει πάχος 8cm και για τους ίδιους συντελεστές λ η τοιχοποιία ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της ζώνης Δ.

-Μία τοιχοποιία ξηράς δόμησης με μονό μεταλλικό σκελετό και μονωτικό υλικό πάχους 6cm και 8cm με συντελεστή λ 0,035W/mK ή 0,037W/mK σε συνδυασμό με εξωτερική θερμομόνωση πάχους 5cm με συντελεστή λ 0,032W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της κλιματικής ζώνης Δ.

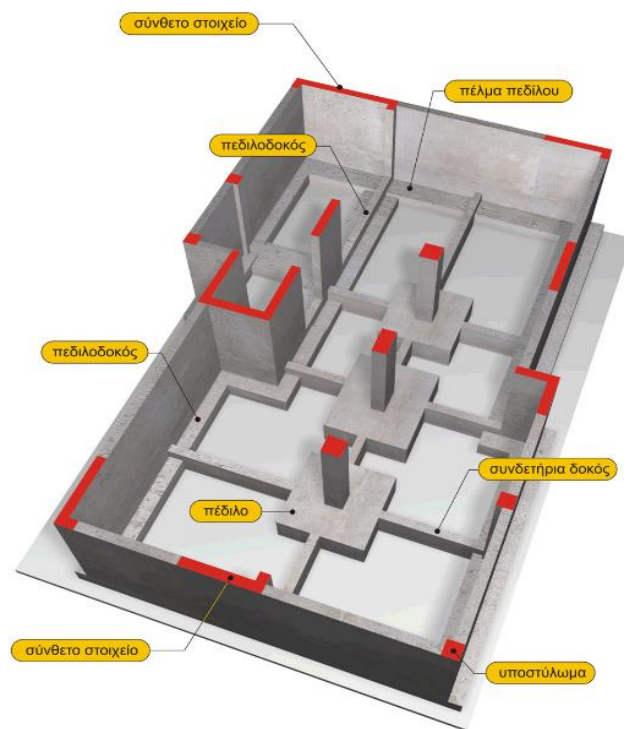
-Μία τοιχοποιία ξηράς δόμησης με μονό μεταλλικό σκελετό και μονωτικό υλικό πάχους 6cm ή 8cm και συντελεστή λ 0,035W/mK ή 0,037W/mK σε συνδυασμό με εσωτερικό μεταλλικό σκελετό με μονωτικό υλικό πάχους 4cm με συντελεστή λ 0,035W/mK ή 0,037W/mK ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της κλιματικής ζώνης Δ.

5.13 Στοιχεία σκυροδέματος [62]

Κάθε κτίριο εμπεριέχει τον φέροντα οργανισμό του, που κατά κανόνα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο σκελετός αποτελείται από τα οριζόντια και κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και από τα στοιχεία της θεμελίωσης. Οριζόντια φέροντα στοιχεία είναι οι πλάκες και οι δοκοί, ενώ κατακόρυφα φέροντα στοιχεία είναι οι κολόνες. Τα στοιχεία θεμελίωσης του κτιρίου είναι τα πέδιλα, οι συνδετήριες δοκοί και οι περιοδικοί. Άλλα στοιχεία θεμελίωσης μπορεί να είναι οι κοιτοστρώσεις (πλάκες θεμελίωσης) και οι πάσσαλοι.



Σχήμα 5.6: Σκελετός κτιρίου [62]



Σχήμα 5.7: Θεμελίωση κτιρίου [62]

Ο σκελετός του κτιρίου πρέπει να έχει την απαιτούμενη αντοχή για να φέρει με ασφάλεια τα φορτία της βαρύτητας, σε όλη τη διάρκεια της ζωής του κτιρίου. Η λειτουργία του στηρίζεται στη λογική της διαδοχικής καταπόνησης. Τα κατακόρυφα φορτία δηλαδή αναλαμβάνονται από τις πλάκες, οι οποίες στη συνέχεια τα μεταβιβάζουν στις δοκούς, οι δοκοί μεταβιβάζουν τα φορτία στις κολόνες, που με τη σειρά τους τα μεταβιβάζουν στα θεμέλια. Τέλος, τα θεμέλια μεταφέρουν τα φορτία στο έδαφος.

Οι πλάκες παραλαμβάνουν τα φορτία των δαπέδων κάθε ορόφου. Αυτά είναι μόνιμα (νεκρά), π.χ. οι επικαλύψεις δαπέδων από μάρμαρο, και κινητά (ή ωφέλιμα), π.χ. τα φορτία των ανθρώπων. Οι δοκοί παραλαμβάνουν τα φορτία τα οποία τους μεταφέρουν οι πλάκες, καθώς και τα φορτία των τοίχων που πατούν επάνω τους. Τα υποστυλώματα (κολόνες) παραλαμβάνουν τα φορτία των δοκών και τα μεταφέρουν στα θεμέλια. Τα πέδιλα (θεμέλια) παραλαμβάνουν τα φορτία των υποστυλωμάτων και τα μεταφέρουν στο έδαφος. Οι συνδετήριες δοκοί κρατούν τα πέδιλα στις θέσεις τους όταν η καταπόνησή τους είναι έντονη, όπως π.χ. στην περίπτωση σεισμού ή στην περίπτωση καθιζήσεων.

Σε χώρες με σεισμούς, όπως είναι η Ελλάδα, ο σκελετός εκτός από τα φορτία της βαρύτητας, καλείται να αναλάβει και τις καταπονήσεις που αναπτύσσονται σε λίγες μόνο, αλλά κρίσιμες στιγμές της ζωής του, κατά τη διάρκεια δηλαδή ενός σεισμού, καθώς αυτός δημιουργεί παραμορφώσεις και εντάσεις στο κτίριο προς όλες τις κατευθύνσεις.

Η αντισεισμική κρισιμότητα δεν είναι ίδια για όλα τα στοιχεία του σκελετού. Για παράδειγμα, σε ένα σεισμό, η κρισιμότητα της αντοχής ενός υποστυλώματος είναι πολύ μεγαλύτερη από την κρισιμότητα της αντοχής μίας δοκού. Αυτό γιατί η αστοχία μιας κολόνας μπορεί να συμπαρασύρει και τα εξαρτημένα γειτονικά στοιχεία, όπως δοκούς και πλάκες. Στη συνέχεια μπορεί να συμπαρασυρθούν αλυσιδωτά και άλλα υποστυλώματα, με αποτέλεσμα την κατάρρευση, ή μεγάλης έκτασης αστοχίες. Αντίθετα, η αστοχία μιας δοκού, συνήθως δημιουργεί τοπικής έκτασης βλάβες, που σε περίπτωση πολύ ισχυρού σεισμού μπορεί να είναι ακόμα και ευνοϊκές για τη συνολική ευστάθεια του κτιρίου. Αυτός είναι και ο λόγος που οι κολόνες των κτιρίων σε σεισμικές περιοχές έχουν ισχυρές διατομές, πολύ περισσότερο από τις διατομές κολονών κτιρίων σε χώρες που δεν έχουν σεισμούς.

Για τη μεγαλύτερη αντισεισμική αντοχή ενός κτιρίου θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται μεγάλων διαστάσεων (χοντρά) υποστυλώματα, τα οποία όμως δημιουργούν προβλήματα στους εσωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό αντί για μεγάλες κολόνες διατάσσονται τοιχία και προς τις δύο διευθύνσεις του κτιρίου, τα οποία εκτός από τη συνεισφορά σε θλιπτική αντοχή, αυξάνουν και την ακαμψία του κτιρίου, δηλαδή μειώνουν τις μετακινήσεις του και κατά συνέπεια και τις παραμορφώσεις του στη διάρκεια ενός σεισμού.

Σε αντισεισμικά κτίρια επιβάλλεται η χρήση δοκών, στις οποίες πατούν οι πλάκες. Στην περίπτωση που για αρχιτεκτονικούς ή άλλους λόγους δεν πρέπει να υπάρχουν κρεμάσεις των δοκών κάτω από τις πλάκες, αυτές πρέπει να έχουν μεγάλο πάχος, ώστε η λειτουργία των δοκών να εξασφαλίζεται από ζώνες που θα είναι ενσωματωμένες στο πάχος της πλάκας, με τη μορφή κρυφοδοκών.

Επιπλέον, σκόπιμο είναι οι κολόνες σε ένα πολυώροφο κτίριο να μη διακόπτονται σε κάποιον όροφο, αλλά μια κολόνα που ξεκινά από το έδαφος (θεμελίωση) και να καταλήγει στον ανώτερο όροφο.

Σε ό,τι αφορά τη θεμελίωση, είναι προφανές ότι τυχόν αστοχία της θα παρασύρει ακαριαία τα υποστυλώματα, που στη συνέχεια θα παρασύρουν τις δοκούς και αυτές τις πλάκες. Όλα αυτά μάλιστα θα συμβούν σε όλους τους ορόφους, δηλαδή θα έχουμε συνολική αστοχία. Η κατασκευή υπογείου και η χρησιμοποίηση τοιχωμάτων στην περίμετρό του βοηθά πολύ στην αντισεισμικότητα του κτιρίου. Μετά την κατασκευή τους, τα θεμέλια καλύπτονται με χώμα (μπάζωμα) και με τα δάπεδα του υπογείου και δίνουν την εντύπωση ότι είναι αδρανή. Στην πραγματικότητα, όμως, εργάζονται συνέχεια και έχουν κρίσιμη επιρροή στη συμπεριφορά του κτιρίου, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του σεισμού.

5.13.1 Το οπλισμένο σκυρόδεμα

Τα δύο συστατικά του οπλισμένου σκυροδέματος, το σκυρόδεμα και ο χάλυβας, συνδυάζονται για να δημιουργηθεί ο σκελετός. Σε ένα έτοιμο κτίριο, ο σκελετός του κατά κανόνα δεν φαίνεται, αλλά και στο στάδιο της κατασκευής του, διακρίνονται μόνο τα δομικά του στοιχεία. Πολύ περισσότερο, αυτό που δεν φαίνεται καθόλου είναι ο οπλισμός του σκελετού, που σε αντισεισμικές κατασκευές είναι και ο καθοριστικός παράγοντας της αντοχής του.

Το σκυρόδεμα παράγεται σε ρευστή κατάσταση και για να χυτευτεί απαιτούνται τα καλούπια, τα οποία όταν είναι από ξύλο, λέγονται ξυλότυποι. Για την εξασφάλιση της θέσης των οπλισμών στο εσωτερικό των ξυλότυπων κατά τη σκυροδέτηση, χρειάζονται βοηθητικά στηρίγματα, οι λεγόμενοι αποστατήρες, οι οποίοι, στη συνέχεια ενσωματώνονται στη μάζα του οπλισμένου σκυροδέματος.

Το σκυρόδεμα, όπως το λέει και η λέξη, είναι ένα «δέμα», ένα τεχνητό δομικό υλικό που αποτελείται κατά βάση από αδρανή υλικά, χαλίκι, γαρμπίλι και άμμος, καθώς και από τσιμέντο και νερό. Όταν τα υλικά αναδευτούν για λίγο σχετικά χρόνο και σε κατάλληλες αναλογίες, δημιουργούν το σκυρόδεμα. Το

χαρακτηριστικό του υλικού αυτού είναι η σκλήρυνση μέσα σε λίγες ώρες και η απόκτηση υψηλής αντοχής μέσα σε λίγα 24ωρα. Τα αδρανή έχουν πολύ ικανοποιητικές βασικές ιδιότητες όπως μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα σε διάρκεια και περιβαλλοντικές επιδράσεις (χημικές ουσίες, υγρασία, κύκλους ζέστης και παγωνιάς, υψηλές θερμοκρασίες), σταθερότητα όγκου και υδατοστεγανότητα. Ο ρόλος του τσιμέντου και του νερού είναι να συνδέει τα κενά μεταξύ των αδρανών και να συνδέει τα αδρανή, μετατρέποντας τα, από σύνολο ισχυρών αλλά ασύνδετων κόκκων σε τεχνητό πέτρωμα. Ανάλογα με τις πρόσθετες ιδιότητες που μπορεί να ζητηθούν από το σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται κατά την ανάδευσή του και διάφορα άλλα πρόσθετα υλικά επιβραδυντικά ή/και υπερευστοποιητικά για αύξηση της εργασιμότητας, ή ακόμα και χαλύβιδιες ή σύνθετες ίνες, για να δώσουν στο μίγμα πρόσθετη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή. Τέλος, όσο περισσότερο νερό έχει το σκυρόδεμα, πέραν ενός ορίου, τόσο η αντοχή του ελαττώνεται και το πορώδες αυξάνεται.

Η ταξινόμηση των κατηγοριών σκυροδέματος γίνεται ανάλογα με την αντοχή τους σε θλίψη όπως παρουσιάζεται και στον παρακάτω πίνακα. Κάθε ποιότητα σκυροδέματος (Concrete) π.χ. C30/37, χαρακτηρίζεται από δύο ισοδύναμες μεταξύ τους αντοχές, που στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι 30 MPa και 37 MPa. Η πρώτη αντοχή είναι η χαρακτηριστική αντοχή f_{ck} πρότυπου κυλινδρικού δοκιμίου και η δεύτερη αντοχή είναι η χαρακτηριστική αντοχή πρότυπου κυβικού δοκιμίου.

Πίνακας 5.9: Οι κατηγορίες σκυροδέματος που υποστηρίζει ο Ευρωκώδικας 2 και το EN 206-1 [62]

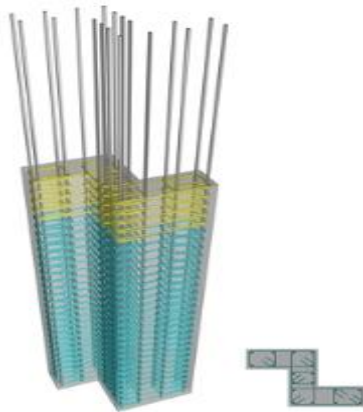
δευτερεύουσες χρήσεις	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	
συνήθεις χρήσεις	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
ειδικές χρήσεις	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105

Στην Ελλάδα, μέχρι το 1994 συστηματικά και μέχρι το 1997 περιστασιακά, χρησιμοποιούνταν οι παλιές ποιότητες σκυροδέματος (B). Οι πιο συνηθισμένες ήταν η B160 (που αντιστοιχούσε περίπου στο C12/15), η B225 (που αντιστοιχούσε σε ενδιάμεση ποιότητα μεταξύ C12/15 και C16/20) και η B300 (που αντιστοιχούσε περίπου στο C20/25). Ο ΕΚΩΣ 2000 περιείχε τις ίδιες κατηγορίες σκυροδέματος με μέγιστη την C50/60 και πρακτικά ελάχιστη την C20/25, η οποία χρησιμοποιούνταν συνήθως μέχρι το 2010. Με βάση τους Ευρωκώδικες, πρακτικά, η ελάχιστη ενδεδειγμένη κατηγορία σκυροδέματος είναι η C30/37.

Η προστασία του χάλυβα οπλισμού από διάβρωση εξαρτάται από το πορώδες, την ποιότητα και το πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος. Η πυκνότητα και η ποιότητα της επικάλυψης θεωρείται ότι επιτυγχάνεται με την κατηγορία ελάχιστης αντοχής του σκυροδέματος.

Ο χάλυβας του οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιείται σε μορφή ράβδων κυκλικής διατομής με συνήθεις διαμέτρους από Ø8 έως Ø25. Είναι καθαρά βιομηχανικό προϊόν και επομένως είναι σε μεγάλο βαθμό σταθερής ποιότητας. Στην αγορά προσφέρεται σε μορφή ευθύγραμμων ράβδων μήκους 12 ή 14 m και σε μορφή κουλούρας συνηθισμένου βάρους 1.5 έως 3.0 τόνων.

Όσον αφορά τον οπλισμό του σκυροδέματος, αυτός πρόκειται για μία πολύπλοκη σύνθεση τεμαχίων χάλυβα, που πρέπει να κοπεί κατάλληλα, να διαμορφωθεί ανάλογα και να τοποθετηθεί με επιμέλεια, για να μπορέσει να εργαστεί, όπως έχει σχεδιαστεί και να κρατήσει το κτίριο σε όλη τη διάρκεια της ζωής του, κυρίως όμως εκείνα τα λίγα δευτερόλεπτα του ισχυρού σεισμού. [62]



Σχήμα 5.8: Οπλισμός υποστυλώματος [62]

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι καλός αγωγός της θερμότητας, έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, έχει μεγάλη πυκνότητα και σχετικά μεγάλο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος με ποσοστό σε χάλυβα ίσο με 1% καθώς και με ποσοστό σε χάλυβα μεγαλύτερο και ίσο του 2%, όπως καθορίζονται σε ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 5.10: Θερμοφυσικές ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος [11]

υλικό	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK))	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
				ξηρό	υγρό
οπλισμένο σκυρόδεμα (1% σίδηρο)	2300	2,300	1000	130	80
οπλισμένο σκυρόδεμα (\geq 2% σίδηρο)	2400	2,500	1000	130	80

Ως συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιείται και ο συντελεστής λ σκυροδέματος με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής, για κατηγορία σκυροδέματος μεγαλύτερη και ίση της C16/20 και ο οποίος ισούται με 2,03W/mK. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας σκυροδέματος με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής, κατηγορίας μικρότερης ή ίσης της C12/15 ισούται με 1,51W/mK. Σκυροδέματα αυτής της κατηγορίας συνίσταται να χρησιμοποιούνται σε μη φέρουσες κατασκευές. Επιπλέον, στο οπλισμένο σκυρόδεμα αποδίδεται και πυκνότητα 2300kg/m³ με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 2,20W/mK. [5,16,21,28,29,30,31,33]

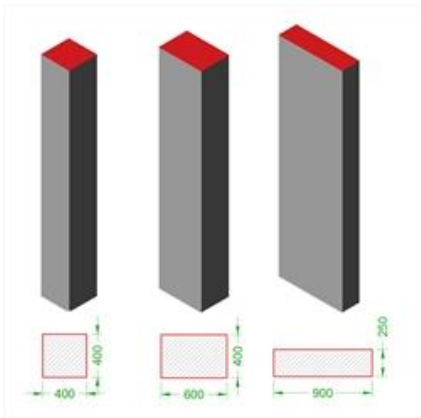
5.13.2 Οι κολόνες

Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του σκελετού αναφέρονται πολλές φορές με ένα ενιαίο όνομα ως κολόνες. Λόγω όμως του διαφορετικού τρόπου λειτουργίας, του διαφορετικού τρόπου υπολογισμού, αλλά κυρίως του διαφορετικού τρόπου όπλισης, χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες στα υποστυλώματα, στα τοιχία και στα σύνθετα στοιχεία. [62]

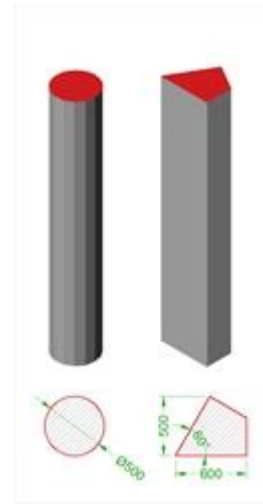
Τα υποστυλώματα είναι τα ορθογωνικά στοιχεία που ο λόγος των πλευρών τους είναι μικρότερος από 4, π.χ. οι διατομές 400/400 400/600, 250/900 (οι διαστάσεις είναι σε mm). Στην κατηγορία των υποστυλωμάτων εντάσσονται και οι κυκλικές διατομές με διάμετρο όπως 50cm, καθώς και οι τετράπλευρες με εγγεγραμμένη γωνία 60 μοιρών. Επίσης, στην κατηγορία των υποστυλωμάτων μπορούν να ενταχθούν και στοιχεία μορφής γάμα, ή ταυ, ή ζήτα, που ο λόγος των πλευρών των ορθογωνικών τμημάτων τους είναι μικρότερος από 4, π.χ. η διατομή γάμα 400/800/250/250, η διατομή ταυ 700/500/250/250, η ζήτα διατομή 600/700/900/250, (οι διαστάσεις είναι σε mm). [62] Γενικά, το πάχος τους καθορίζεται από κατασκευαστικούς λόγους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συναντούνται στις κατασκευές σε πάχη 20cm, 25cm και 30cm. [23,28,29,30,33,34,35,36,38]

Τα τοιχία είναι τα ορθογωνικά στοιχεία που ο λόγος των πλευρών τους είναι μεγαλύτερος, ή ίσος με 4, π.χ. οι διατομές 1000/250, 1500/300. Και σε αυτή τη περίπτωση, το πάχος τους καθορίζεται από κατασκευαστικούς λόγους. [62] Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος τους σε μια κατασκευή μπορεί να είναι 10cm, 15cm, 19cm, 25cm και 30cm. [16,21,23,28,29,30,31,34,38]

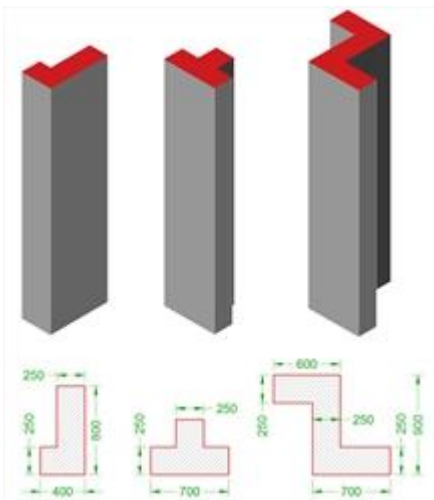
Τα σύνθετα στοιχεία είναι αυτά που αποτελούνται από ένα, ή περισσότερα ορθογωνικά στοιχεία και το ένα από αυτά τουλάχιστον είναι τοιχίο. [62]



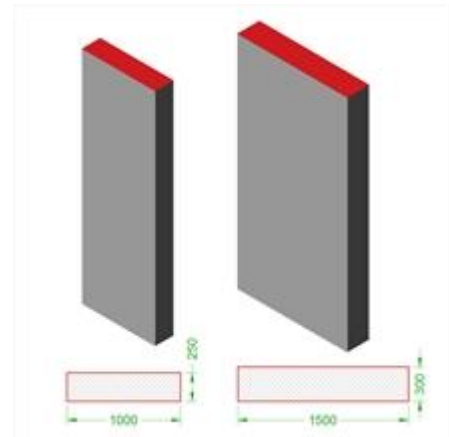
Σχήμα 5.9: Υποστυλώματα ορθογωνικής διατομής [62]



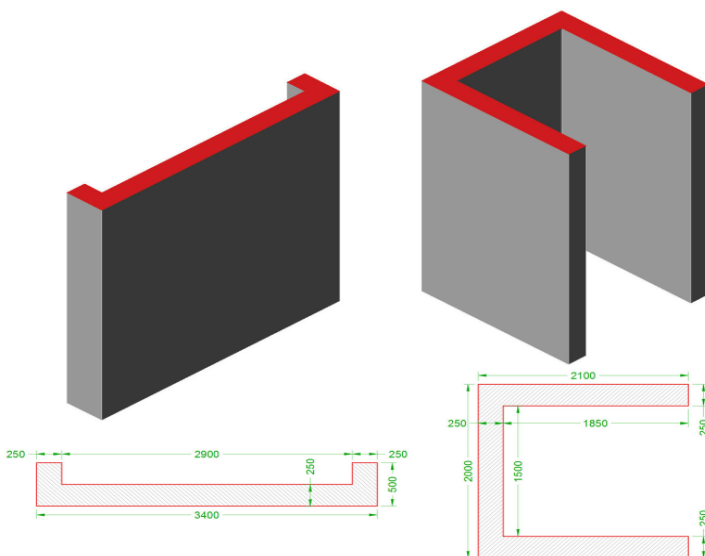
Σχήμα 5.10: Υποστυλώματα κυκλικής και τετράπλευρης διατομής με εγγεγραμμένη γωνία 60° [62]



Σχήμα 5.11: Υποστυλώματα μορφής γάμα, ταυ και ζήτα [62]



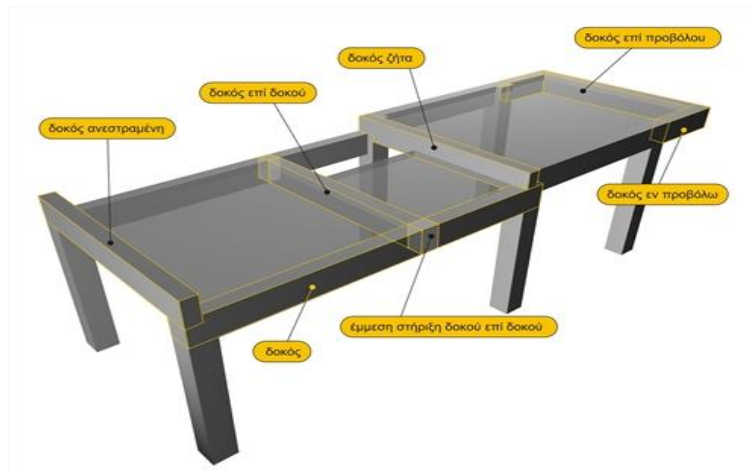
Σχήμα 5.12: Τοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος [62]



Σχήμα 5.13: Σύνθετα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος [62]

5.13.3 Οι δοκοί

Οι δοκοί είναι τα οριζόντια ή κεκλιμένα φέροντα στοιχεία του σκελετού, που συνδέουν τις κολόνες και φέρουν τις πλάκες. Όταν στις δοκούς στηρίζονται πλάκες και συνεργάζονται με αυτές, δημιουργούνται οι πλακοδοκοί. Ανάλογα με τη στάθμη στην οποία βρίσκονται οι πλάκες σε σχέση με τη δοκό, δημιουργούνται ορθές δοκοί, ανεστραμμένες δοκοί, ή δοκοί Ζήτα. [62] Το πάχος των δοκών καθορίζεται από κατασκευαστικούς λόγους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συναντούνται στις κατασκευές σε πάχη 18cm, 19cm, 20cm, 25cm και 30cm. [21,23,28,29,30,31,33,34,35,36,38]



Σχήμα 5.14: Διάφορα είδη δοκών [62]

Γενικά, οι δοκοί στηρίζονται πάνω σε κολόνες. Μερικές φορές όμως στηρίζονται στο ένα άκρο τους πάνω σε άλλη δοκό, άλλες φορές στηρίζονται και στα δύο άκρα τους πάνω σε δοκούς και άλλες φορές η δοκός στηρίζεται μόνο στο ένα άκρο της επί υποστυλώματος ή δοκού και το άλλο άκρο δεν στηρίζεται πουθενά. Η δοκός που έχει μόνο μία στήριξη ονομάζεται δοκός εν προβόλω. Η στήριξη δοκού επί κολόνας λέγεται άμεση στήριξη ή κανονική στήριξη και η στήριξη δοκού επί δοκού λέγεται έμμεση στήριξη. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη δοκός είναι αυτή που στηρίζεται πάνω σε δύο υποστυλώματα και η πιο σπάνια χρησιμοποιούμενη δοκός είναι η δοκός σε πρόβολο. Οι έμμεσες στηρίξεις σκόπιμο είναι να χρησιμοποιούνται σπάνια, όταν πραγματικά δεν υπάρχει άλλη λύση. Σε κεκλιμένες στέγες, τόσο οι δοκοί όσο και οι πλάκες έχουν ανάλογες διατομές και στηρίξεις, αλλά είναι κεκλιμένες. [62]

5.13.4 Τα στρώματα δομικών υλικών των κολόνων και των δοκών

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.2 παρατηρήθηκε ότι τα στοιχεία σκυροδέματος (κολόνες και δοκοί) μπορούν να αποτελούνται από 3 έως και 6 στρώματα δομικών υλικών. Συνήθως, όμως, κατασκευάζονται από 4 στρώσεις δομικών υλικών, δηλαδή από δύο στρώσεις επιχρίσματος (εξωτερικό και εσωτερικό), από το οπλισμένο σκυρόδεμα και από τη θερμομονωτική στρώση. Το συνολικό τους πάχος μπορεί να κυμαίνεται από 14 έως και 45cm. Η μεταβολή αυτή οφείλεται σε κατασκευαστικούς παράγοντες, στη μεταβολή του πάχους του οπλισμένου σκυροδέματος, στην ύπαρξη ή όχι θερμομονωτικής στρώσης, στο πάχος αυτής καθώς και στη προσθήκη ή όχι εξωτερικών προσόψεων και εσωτερικών επενδυτικών στρώσεων.

Τα στοιχεία σκυροδέματος επιχρίονται εξωτερικά και εσωτερικά. Ως επιχρίσματα μπορούν να χρησιμοποιούνται όλα τα επιχρίσματα που χρησιμοποιούνται και στις εξωτερικές τοιχοποιίες με συνηθέστερα τα ασβεστοκονιάματα και τα ασβεστοτσιμεντοκονίαμα. Συνήθως διαστρώνονται σε πάχος 2cm, μπορούν όμως να εφαρμοσθούν και σε πάχος 2,5 ή και 3cm. [21,23,28,29,30,31,33,34,35,36,38] Στην ειδική περίπτωση όπου το επίχρισμα διαστρώνεται πάνω σε στρώση θερμομονωτικού επιχρίσματος το οποίο εφαρμόζεται πάνω στο οπλισμένο σκυρόδεμα, λειτουργεί ως φινίρισμα της επιφάνειας και διαστρώνεται σε

πάχος 0,5cm. [16] Επιπλέον, το εσωτερικό επίχρισμα μπορεί να παραλείπεται όταν ως τελική εσωτερική στρώση χρησιμοποιείται πλάκα γυψοσανίδας, ενώ το εξωτερικό επίχρισμα μπορεί να παραλείπεται σε ορισμένες περιπτώσεις εξωτερικών προσώπων ή στην περίπτωση εμφανούς (διακοσμητικού) σκυροδέματος. [21,28,29,31,45,61]

Το οπλισμένο σκυροδέμα είναι καλός αγωγός της θερμότητας και επειδή ο σκελετός του κτιρίου έχει μεγάλη μάζα, είναι καθοριστικός παράγοντας της θερμικής συμπεριφοράς και της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Επομένως ο σκελετός πρέπει να θερμομονώνεται. Η θερμομονωτική στρώση στα κατακόρυφα στοιχεία σκυροδέματος καθώς και στις δοκούς μπορεί να τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά αυτών. Όταν η θερμομόνωση του κτιρίου ενσωματώνεται στο εξωτερικό ή στο εσωτερικό κέλυφος του κτιρίου και είναι ανεξάρτητη της κατασκευής του σκελετού, η λύση είναι ξεκάθαρη και κυρίως αποτελεσματική. Σε περίπτωση όμως που η θερμομόνωση τοποθετείται στην εξωτερική ή την εσωτερική επιφάνεια του σκελετού σαν μέρος της συνολικής θερμομόνωσης, π.χ. στις περιπτώσεις κτιρίων με τοίχους από οπτοπλινθοδομή, κατά τη διάρκεια κατασκευής του σκελετού, δημιουργούνται θέματα αναπόφευκτων θερμικών γεφυρών αλλά και κατασκευαστικά θέματα αντισεισμικής συμπεριφοράς. [62]

Ως μονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιούνται όλα τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά. Στο εμπόριο οι διάφοροι κατασκευαστές προτείνουν ως θερμομονωτικά υλικά τόσο στην περίπτωση της εξωτερικής όσο και στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης και πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης. [28,39,60] Επίσης, προτείνονται για την εξωτερική θερμομόνωση στοιχείων σκυροδέματος (κολόνων και δοκών) σκληρές πλάκες πετροβάμβακα, ενώ για την εσωτερική θερμομόνωση ημίκληρες ή ημιάκαμπτες πλάκες πετροβάμβακα. [61]

Σε περίπτωση εξωτερικής θερμομόνωσης και όταν χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά υλικά που προσβάλλονται από την υγρασία θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία τους από την βροχή. Τα θερμομονωτικά υλικά όταν τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά των στοιχείων μπορούν να επιχρίονται ή να καλύπτονται από μία οπτοπλινθοδομή είτε να συνδυάζονται με μία αεριζόμενη πρόσοψη όπως και στην περίπτωση των εξωτερικών τοιχοποιιών. [27,29,31,33,50] Όταν τοποθετούνται στην εσωτερική πλευρά των στοιχείων μπορούν να επιχρίονται ή να επενδύονται από μία στρώση γυψοσανίδας πάχους 1,25cm ή και να καλύπτονται από μία οπτοπλινθοδομή. Το πάχος της οπτοπλινθοδομής καθορίζεται από κατασκευαστικούς λόγους, συνήθως συναντάται σε πάχος 6 και 9cm. [21,29,31,33] Στην περίπτωση που η οπτοπλινθοδομή λειτουργεί ως επενδυτική στρώση της εσωτερικής θερμομόνωσης προτιμάται να είναι μικρού πάχους όπως 6cm για να μη μειωθεί πολύ ο ωφέλιμος χώρος του κτιρίου. [21,29,33] Για την θερμομόνωση των κολόνων και των δοκών μπορούν επίσης να χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά επίχρισματα τα οποία μπορούν να διαστρώνονται είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά και εξωτερικά του σκυροδέματος και τα οποία στη συνέχεια επιχρίονται με επίχρισμα φινιρίσματος. [16]

Τα χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, δηλαδή το πάχος της και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, λ, μπορούν να καθορίζονται από την επιδιωκόμενη θερμική προστασία του δομικού στοιχείου καθώς και από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο ΚΕΝΑΚ, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι τυχόν κατασκευαστικοί περιορισμοί. Για παράδειγμα, το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων θερμομόνωσης σύμφωνα με τα όρια που θέτει ο ΚΕΝΑΚ ανά κλιματική ζώνη για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, λαμβάνοντας σε κάθε περίπτωση υπόψη τις κατασκευαστικές παραμέτρους. Όταν η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά κατά τη διάρκεια κατασκευής του σκελετού τότε από άποψη καλού σφηνώματος της οπτοπλινθοδομής, μία καλή λύση είναι το πάχος της θερμομόνωσης των κολόνων να είναι 30 mm και των δοκών επίσης 30 mm. [62] Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.2 μία κολόνα ή δοκός με θερμομονωτική στρώση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK και σε πάχος 5cm γίνεται δεκτή στη κλιματική ζώνη Α. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στοιχεία σκυροδέματος με θερμομονωτική στρώση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK και σε πάχος 5cm μπορεί να γίνουν δεκτά οριακά στη κλιματική ζώνη Β. Επιπλέον, κολόνες ή δοκή με θερμομονωτική στρώση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK και σε πάχη 6, 7 και 8cm γίνονται δεκτά στις κλιματικές ζώνες Β, Γ και Δ αντίστοιχα. Όταν ως θερμομονωτικό υλικό του στοιχείου χρησιμοποιείται θερμομονωτικό επίχρισμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,056W/mK είτε εξωτερικά σε πάχος 12cm είτε εξωτερικά και εσωτερικά σε πάχη 6cm και 5cm αντίστοιχα, το στοιχείο ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της κλιματικής ζώνης Γ. Αντιστοίχως, δοκοί και κολόνες που θερμομονώνονται είτε με μονωτικά υλικά με συντελεστή θερμικής

αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK σε πάχη 2,5 και 3cm είτε με μονωτικά υλικά με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,081W/mK σε πάχος 5cm, δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για τις διάφορες κλιματικές ζώνες.

Τέλος, το οπλισμένο σκυρόδεμα από την εξωτερική του όψη μπορεί να επιχρίεται, να μένει ανεπίχριστο, να επενδύεται με μία θερμομονωτική στρώση ή να επενδύεται με διάφορα άλλα δομικά υλικά. Ως εξωτερική επενδυτική στρώση μπορεί να λειτουργήσει μια επιχρισμένη οπτοπλινθοδομή ή μία ανεπίχριστη οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτόπλινθους σε πάχος που καθορίζονται από κατασκευαστικούς παράγοντες, με συνήθεις τιμές αυτές των 6 και 9cm. Η οπτοπλινθοδομή αυτή μπορεί να κατασκευαστεί σε επαφή και εξωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης όταν αυτή τοποθετείται εξωτερικά του οπλισμένου σκυροδέματος. [29,31,33] Άλλα δομικά υλικά που λειτουργούν ως επενδυτικές στρώσεις της εξωτερικής επιφάνειας του σκυροδέματος είναι οι φυσικές ή τεχνητές, πέτρες, οι πλάκες μαρμάρου (ορθομαρμάρωση), τα πετάσματα ορυκτών ή άλλων υλικών (τσιμεντοσανίδες, σανίδες ορυκτών ινών), τα εφυσωμένα κεραμικά πλακίδια και οι κεραμικές πλάκες, οι μεταλλικές ή πλαστικές πλάκες, οι σανίδες ξύλου και τα μεταλλικά φύλλα όπως και στις εξωτερικές τοιχοποιίες. [27] Επιπλέον, τα δομικά αυτά υλικά μπορούν να αποτελέσουν το εξωτερικό κέλυφος μιας αεριζόμενης κατασκευής στηριζόμενης στο φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος με αεριζόμενο διάκενο και ενδιάμεση θερμομονωτική στρώση. [27,29,31] Το αεριζόμενο διάκενο παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά που παρουσιάζει και σε μια δικέλυφη αεριζόμενη τοιχοποιία με διάκενο αερισμού και θερμομόνωση πυρήνα. Παρεμποδίζει την υπεριώδη ακτινοβολία, το νερό της βροχής και την υγρασία, που προσβάλλουν την εξωτερικό πρόσοψη, να φτάσουν μέχρι τη θερμομονωτική στρώση και το εσωτερικό της κατασκευής. Επιπλέον, κατά την καλοκαιρινή περίοδο ο αέρας που κυκλοφορεί στο διάκενο συμβάλλει στη μεταφορά θερμότητας από το στοιχείο στο περιβάλλον και συνεπώς μειώνεται η θερμική επιβάρυνση του αυτού. Τέλος, βοηθάει στον αερισμό της κατασκευής απομακρύνοντας τους διαχεόμενους υδρατμούς από το εσωτερικό του κτίσματος και συνεπώς, παρεμποδίζοντας το σχηματισμό υγρασίας συμπύκνωσης. [27,50]

6. Οι οροφές

6.1 Ο ρόλος της οροφής

Ως εξωτερική οροφή χαρακτηρίζεται η επιστέγαση, οριζόντια ή κεκλιμένη, που διαχωρίζει το εξωτερικό περιβάλλον από το εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Οι οροφές, δηλαδή, αποτελούν τα δομικά στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος που ορίζουν και καλύπτουν τα κτίρια προς τα πάνω, τα προστατεύουν από τις επιδράσεις και τις μεταβολές των καιρικών συνθηκών (βροχή, χιόνι, αέρα ακτινοβολίες, παγετό) και γενικότερα τα απομονώνουν από τις δυσμενείς παραμέτρους του εξωτερικού περιβάλλοντος. [63]

Οι οροφές σε σύγκριση με τα άλλα μέρη του κτιρίου απαιτούν αυξημένη προστασία. Και αυτό επειδή ως επιστεγάσεις είναι περισσότερο εκτεθειμένα και δέχονται εντονότερα τις επιδράσεις των καιρικών φαινομένων (ηλιακής ακτινοβολίας, ημερήσιων ή ετήσιων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων, ανέμου, βροχής, χιονιού κτλ.). Κακοτεχνίες ή παραλείψεις στον τομέα αυτό έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση φθορών στα δομικά τους στοιχεία με σοβαρές επιπτώσεις στην προστατευτική τους ικανότητα. [50]

Η σωστή λειτουργία της οροφής θα πρέπει να εξασφαλίζει την προστασία τόσο του κτιρίου, όσο και της ίδιας της διατομής της από τις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος και επιπλέον συμβάλλει στη δημιουργία και στη διατήρηση άνετου εσωκλίματος. [63]

Ανάλογα με την κλίση τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο οι οροφές διακρίνονται στα δώματα τα όποια θεωρούνται οριζόντιες κατασκευές και στις στέγες οι οποίες είναι κεκλιμένες κατασκευές. Γενικότερα, όριο για το χωρισμό των επιστεγάσεων σε στέγες ή δώματα θεωρείται η κλίση των 5° . [63]

6.2 Τα δώματα [50]

Τα δώματα (οριζόντιες οροφές), λόγω του ρόλου και της θέσης τους στο κτίριο, δέχονται την άμεση επίδραση των εξωτερικών και εσωτερικών παραγόντων και μάλιστα σε δυσμενέστερο βαθμό από πολλά άλλα δομικά στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος. Έντονη είναι κυρίως η καταπόνηση που ασκούν επάνω τους τα καιρικά φαινόμενα, καθώς η οριζοντιότητα τους, σε αντίθεση με τις κλίσεις των στεγών, επιτρέπει την επί μακρόν παραμονή στην επιφάνεια τους των διαφόρων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχής, χιονιού, χαλαζιού).

Κακές κλίσεις ή φραγή υδρορροών είναι συχνά οι αιτίες συγκέντρωσης και παραμονής των νερών της βροχής στην επιφάνεια των δωμάτων υπό μορφή λιμναζόντων νερών. Αν η στεγανοποιητική ικανότητα του δώματος δεν είναι καλή ή με την πάροδο του χρόνου έχει φθαρεί, τα νερά μπορούν να διεισδύσουν στη μάζα των υλικών και να προκαλέσουν διογκώσεις, εξανθήματα στην εξωτερική τους επιφάνεια, χημικές διαβρώσεις και οξειδώσεις.

Σοβαρός είναι και ο κίνδυνος που μπορεί να προκύψει από τον παγετό κατά την χειμερινή περίοδο. Όταν το νερό που έχει απορροφηθεί από τα υλικά βρεθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 0°C , μετατρέπεται σε πάγο και αυξάνει τον όγκο του περίπου κατά 10%. Προκαλώντας την διάρρηξη του συνδετικού τους ιστού και κατά συνέπεια τη θραύση και τον θρυμματισμό τους.

Μεγάλη καταπόνηση δέχονται και από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις τόσο κατά τη διάρκεια του έτους, όσο και κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Ιδίως το καλοκαίρι, η έντονη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας, μπορεί να προκαλέσει επιφανειακές θερμοκρασίες που φθίνουν τους 80°C , ενώ τη νύχτα πέφτουν στους 20 με 25°C . Αντιθέτως, το χειμώνα η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει στους -10°C και σε ακραίες καταστάσεις σε ακόμη χαμηλότερες τιμές, προκαλώντας έτσι στη διάρκεια του έτους ένα θερμοκρασιακό εύρος που αγγίζει τους 90 με 100°C . Οι διακυμάνσεις αυτές προκαλούν μεγάλες συστολοδιαστολές, που καθώς δεν είναι ίδιες για όλα τα υλικά, συμβάλλουν στην ανάπτυξη έντονων τάσεων στα σημεία επαφής των διαδοχικών στρώσεων. Πολλά από τα υλικά δεν έχουν την ικανότητα να παραλάβουν αυτές τις τάσεις, με αποτέλεσμα να ρηγματώνονται ή να θραύονται και να διακόπτουν έτσι τη συνέχεια του συνδετικού τους ιστού. Από τις προκαλούμενες ρηγματώσεις εύκολα διεισδύει στη συνέχεια το νερό την βροχής, που μπορεί να προκαλέσει πλήθος φθορών.

6.2.1 Τύποι Δωμάτων [50]

Τα δώματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τα υλικά της κατασκευής τους, την τεχνική της κατασκευής τους, τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή τους καθώς και ανάλογα με τη χρήση τους.

Ανάλογα με τα υλικά της κατασκευής τους τα δώματα μπορούν να διακριθούν σε βαριές κατασκευές και σε ελαφρές κατασκευές. Στην πρώτη κατηγορία, ανήκουν οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελούν την πλειοψηφία των δωμάτων, ενώ στη δεύτερη ανήκουν οι κατασκευές από ξύλινα ή μεταλλικά στοιχεία, οι οποίες συναντώνται στη χώρα μας σε πολύ περιορισμένη έκταση, κυρίως ως επιστεγάσεις ειδικών κτιρίων, όπως λυόμενων κατασκευών, βιομηχανικών αιθουσών και αποθηκών.

Ανάλογα με την τεχνική της κατασκευής τους διακρίνονται σε μονοκέλυφα, μη αεριζόμενα ή θερμά δώματα και σε δικέλυφα, αεριζόμενα ή ψυχρά δώματα. Στα μονοκέλυφα δώματα το σύνολο των στρώσεων διαμορφώνει ένα ενιαίο και αδιαίρετο κέλυφος (φλοιό), που λειτουργεί ταυτόχρονα με όλες τις στρώσεις μαζί. Οι ροές θερμότητας, είτε προέρχονται από το εσωτερικό του κτιρίου (θερμικές απώλειες) είτε από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (θερμικές πρόσδοι), επηρεάζουν το σύνολο της διατομής και διαμορφώνουν μια κατάσταση θερμικής ροής από την μια προς την άλλη πλευρά. Αντιθέτως, τα δικέλυφα δώματα διαμορφώνουν δύο χωριστά κελύφη, ανεξάρτητα μεταξύ τους, στην ενδιάμεση στρώση των οποίων κυκλοφορεί ελεύθερα ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το εξωτερικό κέλυφος δέχεται την επίδραση των εξωτερικών κλιματικών παραγόντων, ενώ το εσωτερικό την επίδραση του εσωτερικού κλίματος του κτιρίου.

Τα μονοκέλυφα δώματα, επιπλέον, μπορούν να χωριστούν σε συμβατικά δώματα και σε αντεστραμμένα δώματα. Ως συμβατικά χαρακτηρίζονται τα δώματα, των οποίων οι επάλληλες στρώσεις που τα συγκροτούν, διαμορφώνουν μια ενιαία κατασκευή και έχουν τη στεγανοποιητική στρώση σε υπερκείμενη θέση της θερμομονωτικής, έτσι ώστε η πρώτη να προστατεύει την δεύτερη από την επίδραση των νερών της βροχής. Ως αντεστραμμένα δώματα χαρακτηρίζονται τα δώματα, των οποίων οι επάλληλες στρώσεις διαμορφώνουν ομοίως ενιαία κατασκευή, προσφέρουν όμως ελευθερία κινήσεων στην θερμομονωτική στρώση και στην τελική επικάλυψη, που επιτρέπει την εκτόνωση των τάσεων λόγω συστολοδιαστολών. Σε αντίθεση με τα συμβατικά, τα αντεστραμμένα δώματα έχουν την θερμομονωτική στρώση σε ανώτερη θέση από την στεγανοποιητική, προκειμένου η πρώτη να προστατεύει τη δεύτερη από τις έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τις μηχανικές καταπονήσεις. Για το λόγο αυτό το επιλεγόμενο θερμομονωτικό υλικό, καθότι δεν προστατεύεται από τα νερά της βροχής, δεν πρέπει να επηρεάζεται από την υγρασία. Τα αντεστραμμένα δώματα αποτελούν λιγότερο συνηθισμένη κατασκευή αλλά με πολλές εφαρμογές.

Ανάλογα με θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή τους, τα δώματα διακρίνονται σε δώματα με εξωτερική θερμομόνωση όταν το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού και σε δώματα με εσωτερική θερμομόνωση όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού.

Τέλος, τα δώματα ανάλογα με τη χρήση τους, μπορούν να διακριθούν σε βατά δώματα και επισκέψιμα δώματα. Ως βατά μπορούν να χαρακτηριστούν εκείνα, στα οποία η κατασκευή τους επιτρέπει την επί μακρόν παραμονή των χρηστών επάνω σε αυτά με την παράλληλη ανάπτυξη δραστηριοτήτων. Ως επισκέψιμα δώματα χαρακτηρίζονται εκείνα, των οποίων ο τύπος κατασκευής περιορίζει την παραμονή και τις δραστηριότητες στην επιφάνεια τους στο ελάχιστο απαραίτητο χρονικό διάστημα για την περαίωση κάποιας συγκεκριμένης εργασίας.

Ως μια ξεχωριστή κατηγορία δωμάτων θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν τα φυτεμένα δώματα. Πρόκειται για δώματα, στην επιφάνεια των οποίων διαμορφώνεται κήπος με την προσθήκη των απαραίτητων κηπευτικών στρώσεων. Οι δομικές και κηπευτικές στρώσεις λειτουργούν ενιαία και διαμορφώνουν από κοινού τη συμπεριφορά του φυτεμένου δώματος.

6.2.2 Η σύνθεση της διατομής του συμπαγούς δώματος

Στις σύγχρονες κατασκευές το δώμα αποτελεί μια σύνθετη κατασκευή, στην οποία η κάθε στρώση αναλαμβάνει να παίξει το δικό της ρόλο. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, η καλή γνώση των ιδιοτήτων τους και η σωστή τοποθέτηση των στρώσεων αποτελούν προϋποθέσεις για την σωστή λειτουργία του δώματος και την αποφυγή εμφάνισης προβλημάτων. Επιπλέον, η επιμελημένη κατασκευή, χωρίς προχειρότητες και κακοτεχνίες και στη συνέχεια η τακτική συντήρηση της εγγυώνται μακροχρόνια προστασία και καλή λειτουργία. Ωστόσο τα προτεινόμενα υλικά και η σειρά των στρώσεων δεν είναι ίδια σε κάθε τύπο δώματος. [50]

Στα μονοκέλυφα δώματα το κύριο σημείο αναφοράς αποτελεί ο φέρων οργανισμός, στην προστασία του οποίου εξυπηρετεί η παρουσία των υπολοίπων στρώσεων. Η καθεμία από αυτές λειτουργεί με συγκεκριμένο σκοπό και η σειρά με την οποία αλληλοδιαδέχονται η μια την άλλη, είναι καθοριστική για τον τύπο της κατασκευής και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Έτσι, οι βασικές στρώσεις που συνθέτουν τη διατομή ενός μονοκέλυφου δώματος, είναι: [50]

- Η στρώση του φέροντα οργανισμού, για την παραλαβή μόνιμων και κινητών φορτίων, καθώς και του ίδιου του βάρους.
- Η θερμομονωτική στρώση για την θερμική προστασία της κατασκευής.
- Η στεγανοποιητική στρώση για την παρεμπόδιση διείσδυσης των νερών της βροχής στη μάζα των υπολοίπων στρώσεων του δομικού στοιχείου.
- Η στρώση των κλίσεων για την απορροή των νερών της βροχής. [50]

Συμπληρωματικά προς αυτές και κυρίως για τις απαιτήσεις της καλής λειτουργίας τους προστίθενται και άλλες στρώσεις όπως: [16,21,23,29,30,31,33,35,36,38,39,50]

- Η εξομαλυντική στρώση που μπορεί να τοποθετείται πάνω από την φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή πάνω από την στρώση των κλίσεων και κάτω από την στεγανοποιητική μεμβράνη για την εξομάλυνση των επιφανειών και την καλύτερη πρόσφυση των επόμενων στρώσεων
- Ένα προστατευτικό φύλλο της θερμομονωτικής στρώσης όταν πάνω από αυτή τοποθετείται η στρώση των κλίσεων ή η τελική επικάλυψη
- Προστατευτική στρώση του στεγανοποιητικού υλικού
- Φράγμα υδρατμών για την προστασία της κατασκευής από τους διαχεόμενους υδρατμούς
- Επίχρισμα
- Γυψοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολητές πλάκες ξύλου ή άλλα πετάσματα για την προστασία του θερμομονωτικού υλικού όταν αυτό τοποθετείται κάτω από τη φέρουσα πλάκα (ψευδοροφή)
- Συνδετικό κονίαμα της τελικής επικάλυψης
- Τελική επικάλυψη [16,21,23,29,30,31,33,35,36,38,39,50]

Η παρουσία όλων αυτών των στρώσεων δεν είναι πάντοτε απαραίτητη. Η αναγκαιότητα της καθεμίας εξ'αυτών εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής, τα επιλεγέντα υλικά και τη θέση των παραπάνω στρώσεων. [50]

6.2.3 Ο φέρων οργανισμός [50]

Σε όλα τα δώματα ο φέρων οργανισμός αποτελεί την υποδομή, επάνω στην οποία θα στηριχτεί το σύνολο των υπολοίπων στρώσεων του δώματος. Μπορεί να αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, ξύλινες δοκούς επικαλυμμένες με ξύλινη πεταύρωση (μορφής ξυλότυπου), καθώς και από μεταλλικές δοκούς επικαλυμμένες με χαλυβδόφυλλα ή λαμαρίνα (μορφής μεταλλότυπου).

Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις θεωρούνται ελαφρές κατασκευές και χρησιμοποιούνται σπανίως. Προτιμώνται σε βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες, υπόστεγα, σε λυόμενες κατασκευές και γενικώς σε κτίρια ειδικών χρήσεων. Σε αυτές τις κατασκευές μπορεί να διαφοροποιηθεί και η σειρά των στρώσεων, όπως αυτή περιγράφηκε στην παραπάνω ενότητα, καθώς τα χρησιμοποιούμενα υλικά μπορούν να αναλάβουν το ρόλο δύο και τριών στρώσεων ταυτοχρόνως.

Στην πλειοψηφία τους τα δώματα στην χώρα μας κατασκευάζονται ως μονοκέλυφα με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Για το λόγο αυτό στις ενότητες που θα ακολουθήσουν θα γίνει περιγραφή της σύνθεσης της διατομής του συμπαγούς αυτού δώματος και των χαρακτηριστικών των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτού.

6.2.3.1 Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος

Στις σύγχρονες κατασκευές, ο φέρων οργανισμός, που αποτελεί τη βάση των δωματίων, είναι κατασκευασμένος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, που θεωρείται βαριά κατασκευή και αποτελεί μέρος του φέροντα οργανισμού του κτιρίου. [50]

Γενικά, μια φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος κατασκευάζεται από τον συνδυασμό δύο συστατικών στοιχείων, του σκυροδέματος και του χάλυβα, ο οποίος αποτελεί τον οπλισμό της πλάκας. Αναλυτικά, ο τρόπος παρασκευής του οπλισμένου σκυροδέματος, η ποιότητα του σκυροδέματος και οι θερμοφυσικές ιδιότητες αυτού περιγράφηκαν στην ενότητα 5.13.1.

Οι πλάκες είναι επίπεδοι επιφανειακοί φορείς που φέρουν τα φορτία κάθετα στο επίπεδό τους. [62] Παραλαμβάνουν το σύνολο των φορτίων (ιδίου βάρους, μόνιμων και κινητών) και μέσω των δοκών τα μεταφέρουν στα κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχεία). [50] Πολλές φορές είναι φορείς υπερστατικοί, και γι' αυτό μπορούν να ανακατανέμουν τις εντάσεις που εξασκούνται πάνω τους, με αποτέλεσμα η ασφάλειά τους, τόσο σε κάμψη, όσο και σε διάτμηση να είναι υψηλή. [62]



Σχήμα 6.1: Αμφιέριστη (πλάκα στηριζόμενη στις δύο, απέναντι, από τις τέσσερις πλευρές της) φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος [62]

Το αναγκαίο πάχος πλάκας προκύπτει από την ανάγκη αντοχής της σε κάμψη και διάτμηση και από την ανάγκη περιορισμένων βελών κάμψης. Συνήθως καθοριστικός είναι ο δεύτερος παράγοντας, διότι η ελαστική ευστάθεια μιας πλάκας έχει σημασία σε όλη την διάρκεια λειτουργίας του έργου και η έλλειψή της γίνεται αντιληπτή, ακόμα και με το περπάτημα ανθρώπων, που δημιουργεί παλμική κίνηση. [62]

Σύμφωνα με τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2, τα αναγκαία πάχη των πλακών εξαρτώνται κυρίως από τις διαστάσεις τους και δευτερευόντως από τα φορτία που φέρουν και την ποιότητα του σκυροδέματος. Σε συνήθη φορτία και υλικά, για πάχος πλάκας 15cm, μπορούμε να έχουμε ανοίγματα πλακών από 3,6m έως 6m και ανοίγματα προβόλων (πλάκες που στηρίζονται ακλόνητα σε μία μόνο από τις τέσσερις πλευρές τους), μέχρι 1,5m, ενώ για πάχος πλάκας 20cm μπορούμε να έχουμε ανοίγματα πλακών από 4,8m έως 8m και ανοίγματα προβόλων μέχρι 2m. [62]

Στην πλάκα πάχους 15cm, το ίδιο βάρος της είναι $0.150\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 3.75 \text{ kN/m}^2$, ενώ το ωφέλιμο φορτίο ανθρώπων, επίπλων, κ.τ.λ. που καλείται να φέρει είναι μόλις 2.0 kN/m^2 . Αν η πλάκα έχει πάχος 20cm, το ίδιο βάρος της είναι 5.0 kN/m^2 και αν είναι 30cm το ίδιο βάρος της είναι 7.5 kN/m^2 , ενώ μπορεί να δεχθεί, το ίδιο ωφέλιμο φορτίο. Για αυτό, όταν υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν δοκιδωτές πλάκες (Zoellner, ή σάντουιτς). Μια δοκιδωτή πλάκα συνολικού πάχους 30cm μπορεί να έχει ίδιο βάρος 3.75 kN/m^2 , το οποίο αντιστοιχεί σε συμπαγή πλάκα πάχους μόλις 15cm. [62]

Οι δοκιδωτές πλάκες (Zoellner, ή σάντουιτς) αποτελούν πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος του φέροντα οργανισμού οι οποίες όμως κατασκευάζονται με κενά. Τα κενά μεταξύ των διαδοκίδων, συνήθως καλύπτονται από ελαφρότατα σώματα πολυστερίνης πυκνότητας π.χ. 25 kg/m^3 (σε σχέση με την πυκνότητα των 2500 kg/m^3 που έχει το οπλισμένο σκυροδέμα). [62]



Σχήμα 6.2: Δοκιδωτή πλάκα [62]

Τα πλεονεκτήματα των δοκιδωτών πλακών είναι ότι έχουν μεγάλο ενεργό πάχος, άρα μεγάλη ελαστική ευστάθεια, έχουν μικρό ίδιο βάρος, άρα δίνουν σχετικά μικρή ένταση, δεν επιβαρύνουν με μεγάλα φορτία το σκελετό και τη θεμελίωση του κτιρίου και τέλος, λόγω του μεγάλου ενεργού πάχους, έχουν ανάγκη αναλογικά λίγου οπλισμού. Το μειονέκτημα των δοκιδωτών πλακών είναι ότι αποτελούν πιο δύσκολη κατασκευή και για αυτό χρειάζονται επιμελημένη όπλιση. [62]

Η δοκιδωτή πλάκα (ή πλάκα zoellner), είναι κάτι ενδιάμεσο μεταξύ πλάκας και ενός συνόλου δοκών. Γενικά, οι δοκιδωτές πλάκες, όπως και οι ολόσωμες, θεωρείται ότι δεν καταπονούνται από το σεισμό στην κατακόρυφη κατεύθυνση και γι' αυτό η όπλισή τους είναι πρακτικά ανεξάρτητη του σεισμού. Η όπλιση των διαδοκίδων ακολουθεί τη λογική της όπλισης των δοκών, αλλά με ελαφρύτερο οπλισμό. Όταν η δοκιδωτή πλάκα έχει συνέχεια άλλων πλακών (το πιο συνηθισμένο στη πράξη) οπότε εμφανίζονται έντονες στη περιοχή των στηρίξεων, είναι προτιμότερο το πάχος των διαδοκίδων να είναι μεγαλύτερο π.χ. 20cm. [62]

Οι πλάκες σάντουιτς στην πραγματικότητα είναι δοκιδωτές πλάκες με πλάκα τόσο στην πάνω, όσο και στην κάτω επιφάνειά τους. Οι πλάκες σάντουιτς έχουν το μειονέκτημα του μεγαλύτερου βάρους σε σχέση με τις δοκιδωτές, έχουν όμως το πλεονέκτημα της ίδιας καλής λειτουργίας στα ανοίγματα, και στις στηρίξεις. Είναι δυσκολότερη κατασκευή από τις απλές δοκιδωτές, αλλά έχουν ταυτόχρονα το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης συμπαγούς κάτω επιφάνειας. Γενικά, οι σάντουιτς πλάκες πρέπει να προτιμώνται μόνο σε περιπτώσεις μεγάλου πάχους πλακών. [62]

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 4.3 ενδεικτικές τιμές του πάχους μιας ολόσωμης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος που αποτελεί την υποδομή για την κατασκευή ενός δώματος είναι οι τιμές των 14, 15, 16, 19 και 20cm. [16,21,23,29,30,31,33,35,36,38,39] Στην περίπτωση κατασκευής της βάσης ενός δώματος από δοκιδωτές πλάκες, ενδεικτικά, αναφέρεται, όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 4.3, ότι οι πλάκες αυτές μπορεί να κατασκευάζονται υπό μορφή σάντουιτς με πάχος πλάκας στην άνω και στην κάτω επιφάνεια 9 και 7cm αντίστοιχα, με πάχος κενού 14cm, το οποίο καλύπτεται από μονωτικό υλικό, και συνεπώς με συνολικό πάχος 30cm ή ακόμη και με πάχος πλάκας στην άνω επιφάνεια 8cm, με πάχος κενού 17cm, το οποίο και πάλι πληρώνεται με μονωτικό υλικό, και επομένως με συνολικό πάχος 25cm. [29,31]

Γενικά, το οπλισμένο σκυροδέμα παρουσιάζει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και πολύ μικρή θερμομονωτική ικανότητα. Στην περίπτωση των δωματίων, η μάζα του οπλισμένου σκυροδέματος λειτουργεί ως συλλέκτης της εκπεμπόμενης θερμότητας από τις θερμαντικές πηγές του εσωτερικού χώρου, αλλά και της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, όταν η πλάκα του δώματος δεν προστατεύεται θερμομονωτικά. Για το λόγο αυτό απαιτείται η καλή θερμομονωτική του προστασία ώστε, αφενός να συγκρατεί την θερμότητα του εσωτερικού χώρου κατά τη χειμερινή περίοδο και να την επαναποδίδει σε αυτόν, όταν διακόπτεται η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης και αφετέρου να προστατεύεται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και να μην υπερθερμαίνεται κατά την θερινή περίοδο. Η έλλειψη θερμομονωτικής προστασίας μπορεί να προκαλέσει θερμοκρασιακές παραμορφώσεις, οφειλόμενες στις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε μεγάλες επιφάνειες είναι πάντως απαραίτητο να προβλέπονται αρμοί διαστολής, που θα παραλαμβάνουν τις αυξομειώσεις των διαστάσεων τους κατά τις θερμοκρασιακές καταπονήσεις. [50]

Τέλος, η πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος απαιτεί επίσης καλή προστασία έναντι της υγρασίας. Τυχόν διείσδυση του νερού στη μάζα του σκυροδέματος μειώνει τη θερμοχωρητικότητα του, δημιουργεί κινδύνους οξειδωσης του οπλισμού του και προκαλεί ρηγματώσεις σε ενδεχόμενο παγετό. [50]

6.2.4 Η στρώση των κλίσεων [50]

Με τη διαμόρφωση κλίσεων στην επιφάνεια ενός δώματος επιδιώκεται η απομάκρυνση των νερών της βροχής και του χιονιού από αυτήν και η προσαγωγή του σε υδρορροές. Οι κλίσεις μειώνουν τον χρόνο παραμονής του νερού στην επιφάνεια του δώματος στο ελάχιστο και περιορίζουν έτσι την πιθανότητα διείσδυσης τους στα υλικά των στρώσεων και πρόκλησης σημαντικών φθορών.

Ειδική περίπτωση αποτελούν δώματα τα οποία κατασκευάζονται χωρίς τη στρώση των κλίσεων. Θεωρητικά, θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι η καλή και σωστή στεγανοποιητική μεμβράνη δεν απαιτεί τη διαμόρφωση κλίσεων σε ένα δώμα και δεν εγκυμονεί κανένα κίνδυνο εμφάνισης υγρασίας στα δομικά στοιχεία, οφειλόμενης στα νερά της βροχής. Ωστόσο, στην πράξη η τέλεια στεγανοποίηση είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Μικρές ή μεγαλύτερες κακοτεχνίες, αστοχίες των υλικών, αβλεψίες και λάθη από άγνοια δημιουργούν σχεδόν πάντα κάποια ευπαθή σημεία σε κάθε κατασκευή.

Άλλωστε, το νερό όταν λιμνάζει σε μια επιφάνεια, αργά ή γρήγορα μπορεί να καταστρέψει τη στεγανοποιητική της στρώση είτε προκαλώντας ρηγματώσεις σε περίπτωση παγετού είτε διαβρώνοντας την επιφάνεια με τις διάφορες χημικές ενώσεις, που περιέχονται στην ατμόσφαιρα, κυρίως των βιομηχανικών περιοχών, και παρασύρονται από το νερό της βροχής κατά την πτώση του. Η παρουσία λιμναζόντων νερών στην επιφάνεια ενός δώματος ευνοεί την ανάπτυξη μικρών φυτών, των οποίων οι ρίζες διεισδύουν στην μάζα των υλικών, προκαλώντας σοβαρές καταστροφές. Άλλωστε, δεν είναι σπάνια η εικόνα να σχηματίζονται σε δώματα μικρά βαθουλώματα με λιμνάζοντα νερά σε θέσεις παραπλεύρως του στομίου της υδρορροής, λόγω κακής διαμόρφωσης των κλίσεων απορροής και να συσσωρεύεται εκεί μικρή ποσότητα σκόνης και χώματος, που ευνοεί την ανάπτυξη μικρής έκτασης χλωρίδας.

Για τους λόγους αυτούς κρίνεται απαραίτητη στο δώμα η διαμόρφωση των κατάλληλων κλίσεων. Στα βατά δώματα η κλίση δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη για να μην δυσχεραίνει την κυκλοφορία των χρηστών. Για να είναι όμως αποδοτική δεν πρέπει να είναι ούτε και πολύ μικρή. Για την απομάκρυνση του νερού είναι αρκετή μια κλίση που κυμαίνεται μεταξύ 1% και 3%, με πλέον συνηθισμένη αυτή της τάξης του 2%.

6.2.4.1 Τρόποι διαμόρφωσης της στρώσης των κλίσεων [50]

Από κατασκευαστική άποψη, η κλίση σε ένα συμπαγές δώμα μπορεί να διαμορφωθεί με τους εξής τρόπους, με πρόσθετη ξεχωριστή στρώση, που θα διαστρωθεί σε υπερκείμενη θέση της φέρουσας πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος, με την κλίση της ίδιας, της φέρουσας πλάκας, ισοπαχούς σε όλη την έκταση, με ανισοπαχή διαμόρφωση της φέρουσας πλάκας, οριζόντιας στην κάτω επιφάνεια της (οροφή) και επικλινή στην επάνω, καθώς και με τη χρήση θερμομονωτικών πλακών ειδικής μεταβλητής διατομής (μόνο σε συμβατικό δώμα).

Ο πλέον συνηθισμένος τρόπος, τουλάχιστον στη χώρα μας, είναι ο πρώτος, με την προσθήκη ξεχωριστής στρώσης των κλίσεων. Η κατασκευή είναι πρακτικά πολύ πιο εύκολη, γίνεται με ασφάλεια και χωρίς την πίεση του χρόνου για ταυτόχρονη διάστρωση της φέρουσας πλάκας και διαμόρφωση των απαραίτητων κλίσεων κατά την έγχυση του σκυροδέματος και για όσο διάστημα διατηρείται ακόμη η ρευστότητα του. Επιπλέον, στην πρόσθετη στρώση είναι δυνατή εκ των υστέρων η βελτίωση των κλίσεων ή η διόρθωση τυχόν λαθών, κάτι που δεν μπορεί να συμβεί στη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.

Ενίοτε επιλέγεται και η δεύτερη λύση της υπό κλίση πλάκας σταθερού πάχους. Στην περίπτωση όμως αυτή οι κλίσεις που διαμορφώνονται είναι μεγαλύτερες και η πλάκα αντιμετωπίζεται πλέον ως στέγη.

Αντιθέτως, η διαμόρφωση οριζόντιας φέρουσας πλάκας με διαφορετικά πάχη στις διάφορες θέσεις του δώματος, που θα δώσουν τις κλίσεις στην επιφάνεια του δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί και απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό. Ο κίνδυνος σφάλματος είναι πολύ μεγάλος και η δυνατότητα εκ των υστέρων διόρθωσης του αρκετά επίπονη. Επιπλέον, τα προστιθέμενα φορτία είναι υψηλότερα, λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους του σκυροδέματος. Όμως η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελεί ενιαία στρώση χωρίς διακοπές, γεγονός που βελτιώνει τη συμπεριφορά της και μειώνει τις κατασκευαστικές κακοτεχνίες και αστοχίες, που συνήθως παρουσιάζονται σε μια πολυστρωματική διατομή.

Ανάλογα κατασκευαστικά προβλήματα παρουσιάζονται και στην τελευταία περίπτωση, όταν τις κλίσεις τις διαμορφώνει το θερμομονωτικό υλικό, καθώς είναι δύσκολο να κατασκευασθεί ή να υπολογισθεί η διατομή του θερμομονωτικού υλικού στις διαφορετικές θέσεις της πλάκας. Η λύση αυτή επιλέγεται να εφαρμοσθεί σε απλές κατασκευές, με μονοκλινείς ή δικλινείς διαμορφώσεις των κλίσεων στο δώμα.

6.2.4.2 Υλικά κατασκευής της στρώσης των κλίσεων, τα πάχη εφαρμογής τους και οι θερμοφυσικές τους ιδιότητες

Η στρώση των κλίσεων κατασκευάζεται συνήθως από κάποιον τύπο ελαφροσκυροδέματος όπως κισηρόδεμα, γαρμπιλόδεμα, κυψελωτό σκυρόδεμα, περλιτόδεμα κτλ. Μπορεί επίσης να κατασκευασθεί με τη διάστρωση ξηρής κίσηρης (σε φυσική κατάσταση), με τη δημιουργία μιας εγκιβωτισμένης στρώσης. Ένας ακόμη τρόπος διαμόρφωσης της στρώσης των κλίσεων είναι με τη διάστρωση σκυροδέματος. Ωστόσο, η χρήση σκυροδέματος προσθέτει υψηλά φορτία στη φέρουσα πλάκα, σε αντίθεση με τις στρώσεις κλίσεων από ελαφροδέματα που προσθέτουν μικρά φορτία στη πλάκα. [50]

Ως ελαφροσκυροδέματα χαρακτηρίζονται γενικά τα τσιμεντοκονιάματα ή σκυροδέματα με πυκνότητα αλλά και αντοχή σαφώς μικρότερη από την πυκνότητα των κανονικών σκυροδεμάτων ($2150 - 2500 \text{ kg/m}^3$). Η αντοχή αυξάνει ανάλογα με την πυκνότητα. Τα ελαφροσκυροδέματα με μεγάλη σχετικά πυκνότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την κατασκευή φερόντων δομικών στοιχείων, ενώ για μη φέροντα δομικά στοιχεία, κατασκευές πλήρωσης και θερμομονωτικές στρώσεις χρησιμοποιούνται ελαφροσκυροδέματα χαμηλής σχετικά πυκνότητας. Ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής και τα συστατικά τους, τα ελαφροσκυροδέματα διακρίνονται σε τρεις τύπους, σε ελαφροσκυροδέματα με ελαφρά αδρανή (κίσηρη, περλίτης κτλ - κισηρόδεμα, περλιτόδεμα κτλ.), με εγκλωβισμένο αέρα ή αέριο (κυψελοκονίαμα, αεροσκυρόδεμα κτλ.), ή μόνο με χονδρόκοκκα αδρανή. [64]

Τα ελαφροσκυροδέματα με ελαφρά αδρανή κατασκευάζονται, γενικά, όπως τα κανονικά σκυροδέματα. Μέρος ή το σύνολο των συνήθων αδρανών αντικαθίσταται από αδρανή με αυξημένο πορώδες και σχετικά μικρό ειδικό βάρος. Τα αδρανή αυτά μπορεί να είναι φυσικά (κίσηρης, σκωρία κτλ.), είτε τεχνητά (διογκωμένος περλίτης, διογκωμένη άργιλος, ιπτάμενη τέφρα κτλ.). Τα ελαφρά αδρανή χρησιμοποιούνται με ή χωρίς προσθήκη άμμου. Το κονίαμα δεν περιέχει αέρα, εκτός από μικροποσότητες που υπεισέρχονται τυχαία κατά την ανάμειξη και δεν απομακρύνονται με τη συμπύκνωση, καθώς και τον περιεχόμενο αέρα στα αδρανή. Η μεγάλη απορρόφηση νερού από τα ξηρά ελαφρά αδρανή (10-20%) επηρεάζει τον τρόπο ανάμειξης του κονιάματος. [64]

Στα πλέον σύγχρονα τεχνητά ελαφρά αδρανή συγκαταλέγονται οι πέρλες διογκωμένης πολυστερίνης, τα ορυκτοποιημένα ροκανίδια ξύλου, οι κόκκοι από ανακυκλωμένο διογκωμένο γυαλί κτλ. [64] Ιδιαίτερα στο εμπόριο κυκλοφορούν ελαφροσκυροδέματα τα οποία εμπεριέχουν κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. Τα ελαφροσκυροδέματα αυτά παρουσιάζουν πολύ καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και για αυτό είναι γνωστά και ως θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα. Επομένως, η χρήση τους στα δώματα έχει διπλή σημασία καθώς χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της στρώσης των κλίσεων ενώ παράλληλα παρέχουν και την απαραίτητη θερμική προστασία στην κατασκευή. [16]

Τα ελαφροσκυροδέματα με εγκλωβισμένο αέρα ή αέριο (κυψελωτά κονιοδέματα) παρασκευάζονται με την εισαγωγή φυσαλίδων διαμέτρου $0,1-1\text{mm}$ σε τσιμεντοκονίαμα. Οι φυσαλίδες δημιουργούνται είτε με τον εγκλωβισμό αερίου που παράγεται από κάποια χημική αντίδραση (αεριοσκυρόδεμα), είτε με τον εγκλωβισμό αέρα σε μορφή αφρού (αεροσκυρόδεμα). Στην πρώτη περίπτωση εισάγεται στο νωπό τσιμεντοκονίαμα κάποιο χημικό πρόσθετο, το οποίο αντιδρά με το τσιμέντο και προκαλεί το σχηματισμό φυσαλίδων, συνήθως υδρογόνου ή οξυγόνου. Το αεροσκυρόδεμα παρασκευάζεται με την προσθήκη κατά την ανάμειξη ενός αεροποιητικού υλικού και ενός σταθεροποιητή, είτε με την εισαγωγή στο κονίαμα αφρού, ο οποίος παρασκευάζεται σε ειδική συσκευή με ανάμειξη των συστατικών του. Τα κονιάματα του τύπου αυτού παρασκευάζονται χωρίς χονδρόκοκκα αδρανή και σε ορισμένες περιπτώσεις χωρίς αδρανή, οπότε χαρακτηρίζονται από πολύ μικρή πυκνότητα ($200-400\text{kg/m}^3$) και ανάλογα χαμηλή αντοχή και χρησιμοποιούνται μόνο για θερμομόνωση. Όταν στο κονίαμα περιέχεται λεπτή άμμος, η πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ 400 και 1100 kg/m^3 και η αντοχή μεταξύ 2 και 10MPa . Για την ανάμειξη προστίθενται στον αναμικτήρα πρώτα η απαιτούμενη ποσότητα νερού και τα τυχόν προβλεπόμενα υδατοδιαλυτά πρόσμεικτα και ακολουθούν με τη σειρά το τσιμέντο, τα αεροποιητικά υλικά (όταν πρόκειται για κυψελωτό κονιοδέμα που οι φυσαλίδες σχηματίζονται μέσα στη μάζα του), τα αδρανή, ο έτοιμος αφρός (όταν το ελαφροσκυρόδεμα παρασκευάζεται με εισαγωγή έτοιμου αφρού) και τα διάφορα πρόσθετα, αν απαιτούνται. Η σειρά αυτή εξασφαλίζει την ελάχιστη απώλεια φυσαλίδων, δεν είναι όμως δεσμευτική, μπορεί να προσαρμόζεται σε ειδικές συνθήκες ή απαιτήσεις του έργου. [64]

Η στρώση των κλίσεων στα δώματα μπορεί, ακόμη, να κατασκευαστεί από γαρμπιλόδεμα. Παράγεται όπως το κανονικό σκυρόδεμα με διαβαθμίσεις αντοχής χωρίς όμως χαλίκι. Επιπλέον, καθώς δεν περιέχει μεγάλα

αδρανή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πυκνά οπλισμένα στοιχεία σκυροδέματος σε στοιχεία μικρότερων διατομών. [65]

Το πάχος της στρώσης των κλίσεων καθορίζεται από το είδος του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί και από κατασκευαστικούς παράγοντες. Η στρώση των κλίσεων διαμορφώνεται με ελάχιστο πάχος 4-5cm και μέγιστο που προκύπτει από τους υπολογισμούς, αλλά καλό είναι να μην υπερβαίνει τα 25-30cm. Γενικώς πάντως τόσο μεγάλα πάχη στρώσης πρέπει να αποφεύγονται, διότι βαρύνουν υπέρμετρα και αδικαιολόγητα την πλάκα. [50]

Ελαφροσκυροδέματα όπως το κισηρόδεμα, το κυψελωτό σκυρόδεμα και το περλιτόδεμα παρουσιάζουν χαμηλούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας λ , έτσι σε ορισμένες περιπτώσεις καθώς διαστρώνονται σε μεγάλα πάχη υπό την προϋπόθεση της ικανοποίησης των κατασκευαστικών απαιτήσεων μπορούν να λειτουργούν συμπληρωματικά για τη θερμομόνωση του δώματος, βελτιώνοντας τη θερμική του συμπεριφορά. Ειδική περίπτωση, αποτελούν τα θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης [16] που αποτελούν την κύρια θερμομονωτική στρώση του δώματος και μπορούν διαστρώνονται σε μεγάλα πάχη, καθώς το πάχος τους για σταθερούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτονται από τον ΚΕνΑΚ για τις διάφορες κλιματικές ζώνες, ικανοποιώντας πάντα τα κατασκευαστικά κριτήρια.

Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3 ενδεικτικά αναφέρεται ότι για την κατασκευή της στρώσης των κλίσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί κισηρόδεμα πυκνότητας 500 και 800kg/m³ σε πάχος 5cm καθώς και κισηρόδεμα πυκνότητας 1000kg/m³ σε πάχη 5, 7, 10 και 15cm. Συναντάται, ακόμη, κυψελωτό σκυρόδεμα σε πάχη 13 και 12cm με πυκνότητα 500 και 1000kg/m³ αντίστοιχα καθώς και σε πάχος 10cm με πυκνότητες 600 και 800kg/m³. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m³ σε πάχη 7 και 8cm, σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 2000kg/m³ σε πάχος 5cm και περλιτόδεμα σε πάχος 13cm. Τέλος, για τη διαμόρφωση της στρώσης των κλίσεων χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα πυκνότητας 250kg/m³ σε ενδεικτικά πάχη 14 και 18cm καθώς και με πυκνότητα 200kg/m³ σε πάχος 15cm. [16,21,23,29,30,31,33,35,36,38,39] Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαμόρφωση της στρώσης των κλίσεων με τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν δηλαδή την πυκνότητα τους, τον συντελεστή λ , την ειδική τους θερμοχωρητικότητα και τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών όπως καθορίζονται από ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 6.1: Θερμοφυσικές ιδιότητες σκυροδεμάτων και ελαφροσκυροδεμάτων [11]

υλικό	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK)	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
				ξηρό	υγρό
Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1800	1,150	1000	100	60
	2000	1,350	1000	100	60
	2200	1,650	1000	120	70
Γαρμπιλόδεμα	1500	0,640		20	
	1700	0,810		25	
	1900	1,100		35	
Κισηρόδεμα	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	
Κυβελωτό σκυρόδεμα	400	0,140	1000	3	
	500	0,190	1000	4	
	600	0,230	1000	4	
	800	0,290	1000	5	
	1000	0,350	1000	6	
Σύμμεικτα Ελαφροσκυρόδεμα με διογκωμένη πολυστερίνη	200	0,065		11	
	250	0,070		12	
	300	0,080		12	
	350	0,110		22	
Περλιτόδεμα (το ειδικό βάρος εξαρτάται από την κατ'όγκον αναλογία τσιμέντου:περλίτη)					
Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφοροποιητικού παράγοντα	350	0,130			
	450	0,140			
	500	0,160			
	600	0,200			
Περλιτόδεμα με τη χρήση αφοροποιητικού παράγοντα	350	0,094			
	450	0,110			
	500	0,116			
	600	0,140			

Όσον αφορά το περλιτόδεμα, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα ανάλογα με την κατ'όγκον αναλογία τσιμέντου:περλίτη, όπως ορίζεται από παλαιότερες οδηγίες. [5]

Πίνακας 6.2 :Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας περλιτοδέματος [5]

περλιτόδεμα με κατ'όγκον αναλογία τσιμέντου-περλίτη	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)
1:4	0,198
1:5	0,163
1:6	0,145
1:7	0,134
1:8	0,128
1:20	0,081

Όσον αφορά τα θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα, ανάλογα τον τρόπο παρασκευής τους και τη σύσταση τους όπως καθορίζονται από κατασκευαστές στο εμπόριο, τα θερμοφυσικά τους χαρακτηριστικά μπορεί να παρουσιάζουν ορισμένες διαφοροποιήσεις. Στο παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται η πυκνότητα, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών θερμομονωτικών ελαφροσκυροδεμάτων που προτείνονται στο εμπόριο. [16]

Πίνακας 6.3:Θερμοφυσικές ιδιότητες θερμομονωτικών ελαφροσκυροδεμάτων [16]

υλικό	πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
			ξηρό	υγρό
ελαφροσκυροδέμα με διογκωμένη πολυστερίνη	200	0,065	10,11	
	250	0,067	11,50	
	300	0,080	12,00	
	350	0,103	21,04	

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι οι στρώσεις κλίσεων από ελαφρόδεμα έχουν το μειονέκτημα ότι είναι ιδιαίτερα ευπρόσβλητες από την υγρασία λόγω του πορώδους της δομής τους. Το νερό διεισδύει εύκολα μέσα στους ανοιχτούς πόρους της μάζας του ελαφροδέματος, συγκρατείται σε αυτούς λόγω των αναπτυσσόμενων δυνάμεων συνάφειας και δύσκολα απομακρύνεται. Είναι για αυτό απαραίτητο οι στρώσεις κλίσεων από ελαφροδέματα να προστατεύονται καλά, αφενός από τα νερά της βροχής με τη σωστή τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης και αφετέρου από την συμπύκνωση των υδρατμών με την επιλογή της σωστής σειράς των στρώσεων και την ανάπτυξη φράγματος υδρατμών, όταν αυτό απαιτείται. [50]

6.2.4.3 Η θέση της στρώσης των κλίσεων στη διατομή του δώματος

Η πλέον πρόσφορη θέση για τη διαμόρφωση της στρώσης των κλίσεων είναι επάνω στην πλάκα του φέροντα οργανισμού. Η επιλογή αυτή είναι εφικτή στην κατασκευή του ανεστραμμένου δώματος και συναντάται στο πλείστο των περιπτώσεων. Τότε πάνω από τη στρώση των κλίσεων ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. [50] Μπορεί όμως και στα ανεστραμμένα δώματα η στρώση των κλίσεων να βρίσκεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από άλλες στρώσεις κονιαμάτων. [29]

Η θέση της στρώσης των κλίσεων όταν αυτή κατασκευάζεται από θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα είναι πάντα πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Πάνω από τη στρώση αυτή ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση ενώ μεταξύ της στρώσης του ελαφροσκυροδέματος και της φέρουσας πλάκας παρεμβάλλεται το φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. [16]

Στις περιπτώσεις δωμάτων χωρίς θερμομονωτική στρώση ή όταν το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, η στρώση των κλίσεων τοποθετείται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος Πάνω από τη στρώση αυτή μπορεί να ακολουθεί μια στεγανοποιητική στρώση, είτε στρώσεις άλλων κονιαμάτων. [21,31] Την ίδια θέση καταλαμβάνει η στρώση των κλίσεων και σε δώματα με δοκιδωτή φέρουσα πλάκα και όταν δεν απαιτείται επιπλέον θερμομονωτική στρώση πάνω από την πλάκα. Στην περίπτωση αυτή πάνω τη στρώση των κλίσεων μπορεί να ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση ή στρώση άλλου κονιάματος όταν το στεγανοποιητικό υλικό τοποθετείται πάνω από τη πλάκα και κάτω από τη στρώση των κλίσεων. [29,31]

Στα συμβατικά δώματα συναντώνται δύο πιθανές θέσεις για την στρώση των κλίσεων. Στην πρώτη περίπτωση, η στρώση των κλίσεων κατασκευάζεται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό. Τότε όταν απαιτείται μεταξύ της πλάκας και της στρώσης των κλίσεων μπορεί να παρεμβάλλεται το φράγμα υδρατμών. [16] Η θέση αυτή της στρώσης των κλίσεων υποχρεώνει πολλές φορές στην ανάπτυξη μιας πρόσθετης στρώσης ελαφροδέματος ή σκυροδέματος επάνω από τη θερμομόνωση που θα λειτουργήσει αφενός ως σταθερό υπόστρωμα για την ανάπτυξη της στεγανοποιητικής στρώσης όταν αυτό απαιτείται από το στεγανοποιητικό υλικό και τη μέθοδο τοποθέτησης του και αφετέρου ως ενδιάμεση στρώση για την παραλαβή των μοναχικών κινητών φορτίων στην επιφάνεια του δώματος και στη

μετατροπή τους σε γραμμικά, προκειμένου να κατανεμηθούν σε μεγαλύτερη επιφάνεια και να αποφευχθούν τοπικές υποχωρήσεις. [50]

Εναλλακτικά, στα συμβατικά δώματα η θέση της στρώσης των κλίσεων μπορεί να είναι πάνω από το θερμομονωτικό υλικό, το οποίο τοποθετείται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Η θέση αυτή προτιμάται γιατί έτσι περιορίζεται ο αριθμός των στρώσεων αλλά και τα επιπλέον φορτία. [50] Πάνω από τη στρώση των κλίσεων μπορεί να ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή του φαινομένου της συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών, καθώς η στρώση των κλίσεων βρίσκεται κάτω από την αδιαπέραστη στεγανοποιητική στρώση και μάλιστα από την ψυχρή πλευρά της θερμομόνωσης και άρα ο κίνδυνος συμπύκνωσης είναι μεγάλος. Μάλιστα δεδομένου ότι η στρώση ελαφροδέματος λειτουργεί συμπληρωματικά στη θερμομόνωση του δώματος όπως προαναφέρθηκε, η προσβολή της από υγρασία είναι ιδιαίτερα προβληματική. [50] Σε άλλες περιπτώσεις η στρώση των κλίσεων μπορεί να βρίσκεται πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση και κάτω από στρώση άλλου κονιάματος ή και κάτω από την τελική επίστρωση. [31,33]

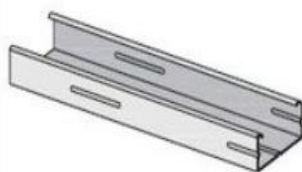
6.2.5 Η εσωτερική διαμόρφωση της φέρουσας πλάκας

Ανάλογα με το είδος του δώματος που πρόκειται να κατασκευαστεί, διακρίνονται δύο βασικοί τρόποι διαμόρφωσης της εσωτερικής πλευράς της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος. Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από την φέρουσα πλάκα, τότε η πλάκα επιχρίεται στην εσωτερική της πλευρά με επίχρισμα σε πάχος ίσο με 1,5, 2 ή 2,5cm. Για τη διάστρωση του επίχρισματος μπορούν να χρησιμοποιείται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα ή ασβεστοκονίαμα. [21,23,29,30,31,33,35,36,38,39] Ο ρόλος του επίχρισματος και τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έχουν παρουσιασθεί ήδη στην ενότητα 5.4.

Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται κάτω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού, τότε η διαμόρφωση του εσωτερικού χώρου μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους. Όταν δεν απαιτείται η χρήση φράγματος υδρατμών τότε το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να στερεώνεται καλά κάτω από την πλάκα και να επικαλύπτεται με κάποιο επίχρισμα. Στην περίπτωση, όμως, που είναι απαραίτητη η χρήση φράγματος υδρατμών, τότε η θερμομονωτική στρώση πρέπει να προστατευτεί από ένα είδος ψευδοροφής, επάνω στην οποία θα πατήσει πρώτα το φράγμα υδρατμών και κατόπιν η θερμομονωτική στρώση. Τα πλέον κατάλληλα υλικά για τον τύπο μιας τέτοιας ψευδοροφής είναι οι γυψοσανίδες, οι τσιμεντοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολλητές πλάκες ξύλου, που θα στερεωθούν σε κατάλληλα διαμορφωμένο μεταλλικό ή ξύλινο σκελετό επί της οροφής. [50]

Στην περίπτωση της ψευδοροφής, το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στα κενά του σκελετού. Συνεπώς τα δώματα αυτά δεν αποτελούνται από ενιαία, συνεχόμενη θερμομονωτική στρώση και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διαφορετικές διατομές του δώματος, όπως αναφέρεται και στην ενότητα 3.8.4.

Ο σκελετός μπορεί να στερεώνεται στην φέρουσα πλάκα με αναρτήσεις διάφορων τύπων και αναλόγως μπορεί να τοποθετείται σε άμεση επαφή με τη πλάκα ή σε απόσταση από αυτήν. [44] Οι διατομές των ξύλινων καδρονιών είναι συνήθως ορθογωνικές και οι διαστάσεις τους καθορίζονται βάσει κατασκευαστικών παραγόντων. Ο ξύλινος σκελετός μπορεί να κατασκευάζεται από μία στρώση ξύλινων καδρονιών ή και από μία δεύτερη στρώση από καδρόνια (δευτερεύουσες δοκοί οι οποίες τοποθετούνται κάθετα στις πρώτες. [44,66] Οι μεταλλικοί σκελετοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποικιλία ως προς τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά. Μπορεί να αποτελούνται από μία μεταλλική δοκό με κοίλη ορθογωνική διατομή η οποία τοποθετείται σε άμεση επαφή με την πλάκα. Το πλεονέκτημα αυτής της δοκού είναι ότι μπορούν να τοποθετούνται κομμάτια μονωτικού υλικού στο εσωτερικό της διατομής της [66] έτσι ώστε η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του δώματος που υπολογίζεται στη διατομή που βρίσκεται η θερμομονωτική στρώση να μην παρουσιάζει μεγάλη διαφορά σε σχέση με τη τιμή που υπολογίζεται στη διατομή όπου βρίσκεται ο μεταλλικός σκελετός. Ακόμη, ο μεταλλικός σκελετός μπορεί να κατασκευάζεται από δύο δοκούς (μεταλλικούς οδηγούς) διαμορφώνοντας ανισόπεδο ή ισόπεδο σκελετό. Οι οδηγοί αυτοί κατασκευάζονται από χάλυβα με διαστάσεις διατομής πάχους 6cm και ύψους 2,7cm και με πάχος χάλυβα 0,06cm, όπως φαίνεται και στο σχήμα.. Το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται στα διάκενα μεταξύ των κύριων δοκών, ενώ λωρίδες μονωτικού υλικού μπορούν να τοποθετούνται πάνω από τους μεταλλικούς οδηγούς [44] για τη μείωση των μεταβολών στην τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας που υπολογίζεται στις διάφορες διατομές της οροφής.



Σχήμα 6.3: Μεταλλικός οδηγός με διατομή πάχους 6cm και ύψους 2,7cm και με πάχος χάλυβα 0,06cm για την κατασκευή μεταλλικού σκελετού. [44]

Η χρήση γυψοσανίδας αποτελεί μία συνήθη επιλογή για την επένδυση της ψευδοροφής. Μπορεί να τοποθετούνται μία ή δύο στρώσεις γυψοσανίδας. Το πάχος των γυψοσανίδων ποικίλλει, με συνήθη τιμή αυτή των 12,5mm. Άλλα πάχη είναι αυτά των 15, 18, 20 και 25mm. Μεγαλύτερα πάχη προτιμώνται προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή της κατασκευής, η ηχομόνωση και η πυροπροστασία. Ψευδοροφές κατασκευασμένες από μεταλλικό σκελετό με επένδυση από πυράντοχες γυψοσανίδες και με χρήση ινώδους ανόργανα μονωτικού υλικού όπως ορυκτοβάμβακα αυξάνουν την πυραντοχή της κατασκευής. Επιπλέον, με σκοπό την βελτίωση της ακουστικής ενός χώρου μπορούν να στερεώνονται διάτρητες γυψοσανίδες σε μεταλλικό σκελετό αναρτημένο στην κύρια οροφή του κτιρίου. Η πίσω όψη των γυψοσανίδων αυτών επενδύεται εργοστασιακά με ειδικό ακουστικό φίλτρο λευκού ή μαύρου χρώματος για τη βελτίωση της ηχοαπορροφητικής ικανότητας της οροφής. Όπως και στις πυράντοχες έτσι και στις ακουστικές ψευδοροφές μπορεί να τοποθετείται ινώδες ανόργανο μονωτικό υλικό όπως ορυκτοβάμβακας το οποίο σε αυτή τη περίπτωση συμβάλλει στην ηχοαπορροφητική ικανότητα της οροφής. [44] Τα γενικότερα χαρακτηριστικά των γυψοσανίδων έχουν ήδη αναφερθεί στην ενότητα 5.11.3.

6.2.6 Η τελική επικάλυψη

Το είδος της τελικής επικάλυψης εξαρτάται από τον τύπο του δώματος που θα κατασκευασθεί και από το αν το δώμα είναι βατό ή μόνο επισκέψιμο. [50]

Στα συμβατικά επισκέψιμα δώματα η τελική επικάλυψη μπορεί να είναι η στεγανοποιητική στρώση από κατάλληλο στεγανοποιητικό υλικό που αντέχει στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Μπορεί επίσης, η τελική επιστρώση να διαμορφώνεται με την τοποθέτηση βότσαλων ποταμού (χαλικιού) με στρογγυλεμένες άκρες και σε πάχος στρώσης περίπου 10-12cm [50] ή και σε μικρότερα όπως 5cm. [30] Η στρώση αυτή μπορεί να τοποθετείται πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση για την προστασία του στεγανοποιητικού υλικού. [30,50]

Στα συμβατικά βατά δώματα η τελική επικάλυψη μπορεί να αποτελείται από μία στρώση ελαφροσκυροδέματος όπως γαρμπιλόδεμα ή κυψελωτό σκυρόδεμα. Το πάχος της στρώσης αυτής μπορεί να καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μία τέτοια τελική επικάλυψη μπορεί να αποτελείται από γαρμπιλόδεμα πάχους 7cm ή κυψελωτό σκυρόδεμα 10cm. [21,29,30] Επιπλέον, όταν το δώμα είναι βατό, μπορεί να επικαλυφθεί με πλακάκια, κεραμικά πλακίδια, πλάκες πεζοδρομίου, τσιμεντόπλακες, φυσικές πλάκες, μάρμαρα, ή και μαλτεζόπλακες. [50] Τα υλικά αυτά μπορούν να επικολλώνται πάνω στη στρώση συνδετικού κονιάματος ή και να επικολλώνται απευθείας πάνω στην στρώση των κλίσεων. Οι διαστάσεις των διαφόρων πλακών καθορίζονται από τους εκάστοτε κατασκευαστές. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι πλάκες ταρατσας (πεζοδρομίου) που χρησιμοποιούνται στα δώματα μπορεί να έχουν πάχος 2 και 4cm, τα μάρμαρα 2 και 3cm, τα κεραμικά πλακίδια 1cm και 2cm, οι μαλτεζόπλακες 3cm και γενικά τα πλακίδια επιστρώσης 3cm. [16,21,29,31,33,38,39]

Στο αντεστραμμένο δώμα, όταν η θερμομονωτική στρώση αποτελεί την ανώτερη στρώση, θα πρέπει να προστατεύεται από την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και δε θα πρέπει να παρασυρθεί από τον άνεμο και από την ανασήκωση λόγω άνωσης από τα νερά της βροχής. Έτσι, στην περίπτωση αυτή και για επισκέψιμο δώμα η επικαλυπτική στρώση μπορεί να αποτελείται από βότσαλα όπως περιγράφηκε και παραπάνω, ενώ αν πρόκειται για βατό δώμα η τελική επικάλυψη μπορεί να κατασκευάζεται από πλάκες πεζοδρομίου με ενδεικτικό πάχος 4cm που πατούν πάνω σε ειδικά πλαστικά στηρίγματα ή σε αυτοκόλλητες ταινίες. [39,50] Και στις δύο αυτές περιπτώσεις μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και τελικής επικάλυψης μεσολαβεί μια

προστατευτική στρώση που στόχο έχει να εμποδίσει τα ξένα σώματα (αδρανή, σπασμένα κομμάτια από τις άκρες πλακών, χώματα κτλ.) να εισχωρήσουν στα σημεία ενώσεων, ανάμεσα στις θερμομονωτικές πλάκες και να φράξουν την υδρορροή. Η προστατευτική αυτή στρώση αποτελείται συνήθως από ένα γεωύφασμα. [50] Εναλλακτικά, στην περίπτωση του βατού αντεστραμμένου δώματος η τελική επικάλυψη μπορεί να επιτευχθεί με θερμομονωτικά πλακίδια. Πρόκειται για πλάκες πεζοδρομίου στην εσωτερική πλευρά των οπείων έχει επικολληθεί το μονωτικό υλικό (πλάκα εξηλασμένης πολυστερίνης) συνολικού πάχους 7cm. Σε αυτή την περίπτωση, η τελική επίστρωση του δώματος γίνεται ενιαίο σώμα με τη θερμομονωτική στρώση. [67,68] Τέλος, η τελική επικάλυψη αντεστραμμένου βατού δώματος όταν η θερμομονωτική στρώση δεν αποτελεί την ανώτερη στρώση, μπορεί να κατασκευασθεί με διάφορες πλάκες όπως κεραμικά πλακίδια και μαλτεζόπλακες. [29,39]

Δώματα με εσωτερική θερμομόνωση μπορούν να δέχονται τις τελικές επιστρώσεις που δέχονται και τα συμβατικά δώματα, ενώ δώματα με δοκιδωτή φέρουσα πλάκα μπορεί να δέχεται όλες τις επιστρώσεις που προαναφέρθηκαν αναλόγως του τρόπου κατασκευής της, της θέσης της στεγανοποιητικής στρώσης και της ύπαρξης επιπλέον στρώσης θερμομονωτικού υλικού.

Τέλος, για την επικόλληση στα δώματα τελικών επιστρώσεων όπως πλακάκια, μάρμαρα, πλάκες πεζοδρομίου, μαλτεζόπλακες, διαστρώνεται κάτω από αυτά συνδετικό κονίαμα το οποίο διαμορφώνει το κατάλληλο υπόβαθρο για την τοποθέτησή τους. Εναλλακτικά, οι πλάκες αυτές μπορούν να επικολλώνται κατευθείαν πάνω στη στρώση των κλίσεων. Επίσης, το συνδετικό κονίαμα μπορεί να διαστρωθεί και με σκοπό της εξομάλυνσης της επιφάνειας του δώματος για τη τοποθέτηση του στεγανοποιητικού υλικού. Ως συνδετικά κονιάματα χρησιμοποιούνται συνήθως ασβεστοσιμεντοκονιάματα και τσιμεντοκονιάματα σε πάχη 2 με 3cm, τα οποία μπορεί διαστρώνονται πάνω στη φέρουσα πλάκα, πάνω στη στρώση των κλίσεων ή και πάνω στη στεγανοποιητική στρώση. Όταν το συνδετικό κονίαμα εφαρμόζεται πάνω στην θερμομονωτική στρώση τότε μπορεί να χρησιμοποιείται τσιμεντοκονίαμα σε πάχος 6cm. [16,21,23,29,30,31,33,35,36,38,39]

6.2.7 Η θερμομονωτική στρώση στα δώματα

Η θερμομονωτική στρώση προσφέρει στο κέλυφος θερμική προστασία και προφυλάσσει τους εσωτερικούς χώρους από τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Το θερμομονωτικό υλικό στα δώματα μπορεί να τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα (εξωτερική θερμομόνωση) ή και κάτω από αυτή (εσωτερική θερμομόνωση). Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης δεν επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, επηρεάζει όμως την παρεχόμενη μορφή θερμομονωτικής προστασίας. [50]

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης διακρίνονται δύο βασικές θέσεις του θερμομονωτικού υλικού, κάτω από το στεγανοποιητικό υλικό (συμβατικό δώμα) ή πάνω από αυτό (αντεστραμμένο). Στα συμβατικά δώματα πιθανές θέσεις του μονωτικού υλικού είναι πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση ή κάτω από τη στρώση των κλίσεων καθώς και πάνω από τη στρώση των κλίσεων και κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση. Όταν απαιτείται κάτω από τη θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετείται το φράγμα υδρατμών. [16,21,23,29,30,31,33,35,36,38,39,50,66] Επιπλέον, εφόσον επιλέγει μονωτικό υλικό, το οποίο προσβάλλεται από την υγρασία και η στρώση των κλίσεων διαστρωθεί επάνω από αυτό, θα πρέπει μεταξύ των δύο να μεσολαβήσει μια προστατευτική μεμβράνη, συνήθως φύλλο πολυαιθυλενίου, για προστασία από τα νερά της κατασκευής. [50] Στα αντεστραμμένα δώματα το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από την στεγανοποιητική στρώση η οποία με τη σειρά της μπορεί να τοποθετείται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή πάνω από τη στρώση των κλίσεων. Πιθανές στρώσεις πάνω από τη θερμομονωτική στρώση μπορεί να είναι η στρώση των κλίσεων, η στρώση συνδετικών κονιαμάτων, μια προστατευτική στρώση από γεωύφασμα, η τελική επικάλυψη της οροφής, ή στην περίπτωση φυτεμένων δωματίων μπορεί πάνω από τη μόνωση να βρίσκεται μια αποστραγγιστική μεμβράνη ή στρώση από γεωύφασμα και στρώση αποστράγγισης. [29,30,31,39,69]

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, κάτω από την φέρουσα πλάκα μπορεί να αναπτύσσεται ένας ξύλινος ή μεταλλικός κάρναβος που στερεώνεται σε αυτήν με κατάλληλες αναρτήσεις και βύσματα όπως έχει περιγραφεί στην ενότητα 6.2.5. Το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται στα ενδιάμεσα κενά του σκελετού και επενδύεται με πλάκες διαφόρων ειδών όπως γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες και άλλα πετάσματα. Όταν απαιτείται κάτω από τη θερμομονωτική στρώση και πάνω από τις πλάκες μπορεί να τοποθετείται το φράγμα

υδρατμών. Εναλλακτικά, το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται απευθείας στην φέρουσα πλάκα με κατάλληλα βύσματα και στη συνέχεια να επιχρίεται. [44,50,66]

Ειδική περίπτωση αποτελούν τα δώματα με δοκιδωτή φέρουσα πλάκα. Το μονωτικό υλικό σε αυτή τη περίπτωση τοποθετείται στα κενά μεταξύ των διαδοκίδων. Μπορεί επίσης, να τοποθετηθεί μια δεύτερη θερμομονωτική στρώση πάνω ή κάτω από την φέρουσα πλάκα για τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς της κατασκευής. [29,31,62]

Η επιλογή του κατάλληλου θερμομονωτικού υλικού μπορεί να γίνει βάσει της θερμομονωτικής του ικανότητας, που εξαρτάται από το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού, σε συνδυασμό με άλλα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει το κάθε υλικό όπως η συμπεριφορά του στην υγρασία, η αντοχή του στη φωτιά, η προσβολή του από οργανικούς και άλλους διαλύτες, η μηχανική του αντοχή, η ευκολία εφαρμογής του, η προσβολή του από έντομα, πτηνά, τρωκτικά καθώς από το κόστος αγοράς και τοποθέτησής του. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού επιπλέον εξαρτάται και από τον τύπο του δώματος που πρόκειται να κατασκευαστεί. [50]

Στο συμβατικό δώμα, στο οποίο η θερμομονωτική στρώση προστατεύεται από την υπερκείμενη στεγανοποιητική έναντι της διείσδυσης των νερών της βροχής, μπορούν γενικώς να εφαρμοσθούν θερμομονωτικά υλικά όπως διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, ξυλόμαλλο σε απλές πλάκες ή σε τύπο σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης, σκληρές πλάκες πετροβάμβακα ή υαλοβάμβακα, πλάκες ή αφρός πολυουρεθάνης, περλίτης, αφρώδες γυαλί καθώς και θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα. [16,50] Στην περίπτωση που ως μονωτικά υλικά χρησιμοποιηθούν υλικά που προσβάλλονται από την υγρασία όπως τα ανόργανα ινώδη υλικά, είναι απαραίτητη η χρήση φράγματος υδρατμών κάτω από αυτά προς τη θερμή πλευρά του δώματος. Επίσης, το φράγμα υδρατμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά αναλόγως των απαιτήσεων προστασίας της κατασκευής από την υγρασία συμπύκνωσης. [66,70]

Αντιθέτως, στο ανεστραμμένο δώμα η παρουσία της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση υπερκείμενη της στεγανοποιητικής την αφήνει εκτεθειμένη στην υγρασία από τα νερά της βροχής. Για το λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο θερμομονωτικά υλικά που δεν προσβάλλονται από την υγρασία αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, πλάκες ή αφρός πολυουρεθάνης και αφρώδες γυαλί. [50]

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά. Στην περίπτωση που επιλέγουν μονωτικά υλικά που προσβάλλονται από την υγρασία όπως ανόργανα ινώδη υλικά είναι απαραίτητη και πάλι η χρήση φράγματος υδρατμών. Για το λόγο αυτό είναι ανάγκη να κατασκευάζεται ένα είδος ψευδοροφής. [50,66] Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στην περίπτωση της ψευδοροφής, το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στα κενά του σκελετού. Συνεπώς τα δώματα αυτά δεν αποτελούνται από ενιαία, συνεχόμενη θερμομονωτική στρώση και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους υπολογίζεται αρχικά ξεχωριστά στις διαφορετικές διατομές του δώματος. Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας των δωματίων αυτών υπολογίζεται λαμβάνοντας ξεχωριστά υπόψη το συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε επί μέρους διατομή του δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών.

Τέλος, στην περίπτωση της δοκιδωτής φέρουσας πλάκας, για την πλήρωση των κενών μεταξύ των διαδοκίδων χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό διογκωμένη πολυστερίνη. [60,62] Τα δώματα αυτά πρόκειται για σύνθετα δομικά στοιχεία και ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας τους γίνεται όπως και περιγράφηκε και παραπάνω, δηλαδή λαμβάνοντας ξεχωριστά υπόψη το συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε επί μέρους διατομή του δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών. [11]

Τα βασικά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, δηλαδή το πάχος αυτής και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού μπορούν να επιλεγούν βάσει της επιδιωκόμενης θερμομονωτικής προστασίας του δομικού στοιχείου. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δωματίων όπως και των λοιπών δομικών στοιχείων, καθορίζεται σημαντικά από τα δύο αυτά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης. Μεταβολή του πάχους της μόνωσης ή/και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτής μπορεί να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στην τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτά της θερμομονωτικής στρώσης μπορούν να καθορίζονται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο ΚΕνΑΚ για τις οροφές. Σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U ενός δώματος για τις κλιματικές ζώνες Α, Β, Γ και Δ ορίζεται στις τιμές 0,5, 0,45, 0,4, 0,35W/m²K αντίστοιχα. [10] Συνεπώς, για παράδειγμα, το πάχος της θερμομονωτικής

στρώσης για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού μπορεί να καθορίζεται από υπολογισμό για την ικανοποίηση των παραπάνω ορίων που θέτει ο ΚΕΝΑΚ.

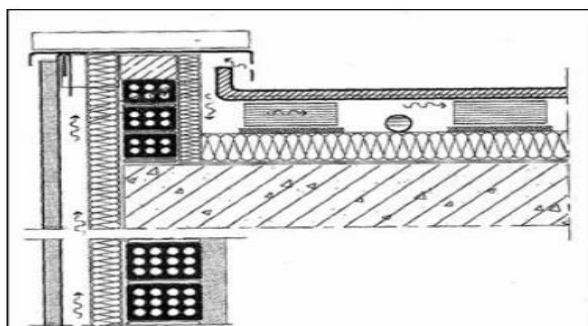
Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι για σταθερά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, όπως είναι αναμενόμενο, παρατηρούνται διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των δωματίων τα οποία διαφέρουν ως προς τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων στρώσεων. Αυτό οφείλεται στη διαφορετικότητα της διατομής των δωματίων ως προς το πλήθος και το είδος των στρώσεων, στο συντελεστή λ και στο πάχος των στρώσεων αυτών. Για δώματα παρόμοιας σύνθεσης, με τα ίδια χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, παρατηρήθηκε σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3 ότι, στις μεταβολές της τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας μεταξύ των δωματίων αυτών, από τις υπόλοιπες στρώσεις μεγαλύτερη επίδραση μεγαλύτερη επίδραση έχει η στρώση των κλίσεων καθώς για την κατασκευή της μπορούν να επιλεγούν υλικά με μεγάλο ή με αρκετά μικρότερο συντελεστή λ , τα οποία μπορούν να εφαρμόζονται σε μικρά ή μεγαλύτερα ικανοποιώντας πάντα τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3 αναφέρονται ενδεικτικά οι κλιματικές ζώνες που μπορεί να γίνουν δεκτά δώματα (διαφορετικής σύνθεσης στρώσεων) για διάφορα πάχη θερμομόνωσης και για 3 διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας:

- Δώματα συμβατικού τύπου με θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,034W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α, Β ή Γ. Ενώ, για ίδιο πάχος μονωτικού υλικού άλλα με συντελεστή λ 0,039W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α ή Β.
- Δώματα συμβατικού τύπου με θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,034W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Β ή και να μην ικανοποιούν τις απαιτήσεις καμίας κλιματικής ζώνης. Ενώ, για ίδιο πάχος μονωτικού υλικού άλλα με συντελεστή λ 0,039W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α ή όχι.
- Δώμα συμβατικού τύπου με θερμομονωτικό υλικό πάχους 7cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,034W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Γ. Ενώ, για ίδιο πάχος μονωτικού υλικού άλλα με συντελεστή λ 0,039W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β.
- Δώμα συμβατικού τύπου με θερμομονωτικό υλικό πάχους 9cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,034W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Δ. Ενώ, για ίδιο πάχος μονωτικού υλικού άλλα με συντελεστή λ 0,039W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Γ.
- Δώμα συμβατικού τύπου με θερμομονωτικό υλικό πάχους 10cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033, 0,034 ή 0,039W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Δ.
- Δώματα αντεστραμμένου τύπου με θερμομονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK και πάχος 5cm μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α ή Β ή και να μην ικανοποιούν τις απαιτήσεις καμίας κλιματικής ζώνης.
- Δώμα αντεστραμμένου τύπου με θερμομονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK και πάχος 4cm μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β.
- Δώμα αντεστραμμένου τύπου με θερμομονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK και πάχος 6cm μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β.
- Δώμα αντεστραμμένου τύπου με θερμομονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK και πάχος 8cm μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Γ.
- Δώματα συμβατικού τύπου με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 15cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,065W/mK ή με πάχος 14cm και με συντελεστή λ 0,067W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Γ. Ενώ, δώματα με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 18cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,067W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Δ.

6.2.8 Τα αεριζόμενα δώματα

Τα δικέλυφα δώματα διαμορφώνουν δύο χωριστά κελύφη, ανεξάρτητα μεταξύ τους, στην ενδιάμεση στρώση των οποίων κυκλοφορεί ελεύθερα ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το εξωτερικό κέλυφος δέχεται την επίδραση των εξωτερικών κλιματικών παραγόντων, ενώ το εσωτερικό την επίδραση του εσωτερικού κλίματος του κτιρίου. Στην ενδιάμεση στρώση αέρα εκτονώνονται όλες οι επιδράσεις στα δύο κελύφη, ώστε αυτές του ενός να μη μεταφέρονται στο άλλο. [50] Εκτός από τα δώματα, αεριζόμενες κατασκευές συναντώνται και στις στέγες όπως παρουσιάζεται στην ενότητα 6.3.6 καθώς και στις εξωτερικές τοιχοποιίες όπως έχει ήδη αναφερθεί.



Σχήμα 6.4: Αεριζόμενο δομικό στοιχείο πρόσοψης και οροφής [7]

Σε ένα αεριζόμενο δώμα τα δύο κελύφη λειτουργούν ανεξάρτητα. Το κάτω κέλυφος παρέχει την απαιτούμενη θερμική προστασία, ενώ το άνω κέλυφος την υγρομονωτική προστασία. Ο αέρας που επικοινωνεί στο διάκενο αφενός παραλαμβάνει και απομακρύνει τους διαχεόμενους υδρατμούς από τον εσωτερικό χώρο, αφετέρου δρα ανασταλτικά στη μετάδοση της θερμότητας από το υπερθερμαινόμενο άνω κέλυφος, λόγω ηλιακής ακτινοβολίας στο κάτω. [50]

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει τόσο στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου, όσο και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο του κελύφους. [7]

Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και, μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Η κατασκευή αυτή βέβαια, προϋποθέτει να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. [7]

Το αεριζόμενο δώμα παρουσιάζει παρόμοια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά με ένα συμπαγές δώμα (μονοκέλυφο) με τη διαφορά της προσθήκης ενός μεταλλότυπου για την στήριξη του άνω κελύφους. Βασικές στρώσεις της διατομής του είναι η φέρουσα πλάκα, η στρώση των κλίσεων αν προβλέπεται και το μονωτικό υλικό. Στο αεριζόμενο κέλυφος μπορούν να διαστρωθούν στρώσεις ελαφροσκυροδέματος καθώς και να τοποθετηθούν διάφορες τελικές επιστρώσεις όπως και στα συμπαγή δώματα. Ο αέρας στο ενδιάμεσο διάκενο επικοινωνεί μέσω οπών ή σχισμών με το εξωτερικό περιβάλλον. [50]

Όπως, προαναφέρθηκε συνήθως το άνω κέλυφος αποσκοπεί κυρίως στη στεγανοποιητική προστασία του κτιρίου, ενώ το κάτω κέλυφος στη θερμομονωτική του προστασία. Ωστόσο, η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να τοποθετείται και στο κάτω κέλυφος κάτω από το θερμομονωτικό υλικό (αντεστραμμένο δώμα). [71] Σε αυτή τη περίπτωση όμως το αεριζόμενο διάκενο δεν παραλαμβάνει τους διαχεόμενους υδρατμούς καθώς η στεγάνωση δεν επιτρέπει την εκτόνωση των υδρατμών. [50]

Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται στον κάτω φλοιό, επάνω από τη φέρουσα πλάκα ή και πάνω από τη στρώση των κλίσεων. Στο αεριζόμενο δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα συνήθη μονωτικά υλικά, επειδή δεν κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. Πρέπει πάντως να διασφαλιστεί ότι το ενδιάμεσο των δύο φλοιών διάκενο αέρα δε θα αποτελέσει καταφύγιο πτηνών, τρωκτικών ή εντόμων, που καταστρέφουν τα διάφορα οργανικά υλικά. Για το λόγο αυτό ενδείκνυται περισσότερο η χρήση ορυκτών ανόργανων υλικών. [50]



Σχήμα 6.5: Σχηματική τομή αεριζόμενου δώματος [71]

6.2.9 Τα φυτεμένα δώματα

Ως φυτεμένο δώμα ορίζεται το σύνολο ή τμήμα της επιφάνειας δώματος, όπου πραγματοποιούνται παρεμβάσεις σύμφωνα με τις αρχές της επιστήμης και της τεχνικής για την εγκατάσταση βλάστησης, με σκοπό την αναβάθμιση του περιβάλλοντος, την αύξηση ποσοστών πρασίνου στον αστικό ιστό, την μείωση του φαινομένου της «θερμικής νησίδας», την μείωση της ηχορρύπανσης, την διαχείριση των ομβρίων υδάτων, την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. [72]



Σχήμα 6.6: Πράσινη οροφή [72]

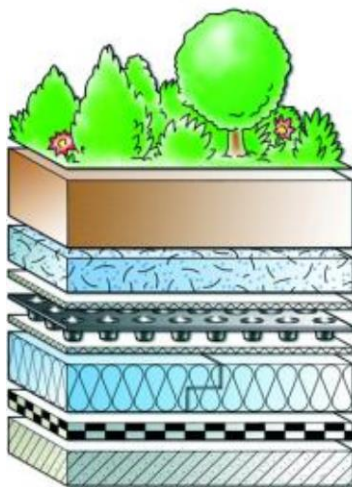
Υπάρχουν διάφορων ειδών αλληλοεξαρτώμενες λειτουργίες που αφορούν στα φυτεμένα δώματα όπως οικολογικοί παράμετροι, η προάσπιση της οικονομίας και του περιβάλλοντος και η εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο. Σε κάθε περίπτωση η σπουδαιότητα και η ιεράρχηση των παραπάνω λειτουργιών διαφέρουν. Οι λειτουργίες αυτές μελετώνται για την εκτίμηση των κατασκευών στα πλαίσια της συμβατότητας τους με το περιβάλλον και την εξομάλυνση της περιβαλλοντικής επίδρασης. [72]

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί, εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων του, και τεχνική θερμικής προστασίας του κτιρίου τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Αποτελεί μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών). Θα πρέπει, βέβαια, να συνδυάζεται με κατάλληλα θερμομονωμένη και υγρομονωμένη κατασκευή της οροφής. Το καλοκαίρι το φυτεμένο δώμα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτιριακό κέλυφος, μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνειά του. Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι μηδενίζει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτιρίου, η οποία αποτελεί σημαντική πηγή θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου. Τέλος, τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους (εξατμισοδιαπνοή) στην εξατμιστική ψύξη της οροφής. Εν γένει το δώμα αυτό συνεισφέρει στη δημιουργία ήπιων συνθηκών στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετείται. [14]

Το φυτεμένο δώμα είναι ένα σύστημα πολυεπίπεδης διαστρωμάτωσης εξειδικευμένων υλικών, υποστρώματος ανάπτυξης φυτών, αρδευτικού συστήματος, και βλάστησης. [72] Τόσο η κατασκευή του, όσο και η επιλογή των φυτών πρέπει να εξαρτάται από το είδος της οροφής, από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής [7], από τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του φυτικού υλικού καθώς και από την ένταση καλλιεργητικών φροντίδων. [72]

Η κατασκευή των φυτεμένων δωμάτων πραγματοποιείται με επάλληλες λειτουργικές στρώσεις από υλικά με τεχνικά χαρακτηριστικά που να συνδυάζονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν ένα πλήρως λειτουργικό και βέλτιστο αποτέλεσμα. [72] Στη βάση του το φυτεμένο δώμα μπορεί να κατασκευάζεται όπως και τα κοινά δώματα. Βασικές στρώσεις της διατομής του είναι η φέρουσα πλάκα σπλισμένου σκυροδέματος, η στρώση των κλίσεων, το μονωτικό υλικό, η στεγανοποιητική στρώση καθώς και το φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. Η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να τοποθετείται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση (συμβατικό δώμα) είτε κάτω από αυτή (αντεστραμμένο). Για την κατασκευή της σε κάθε περίπτωση επιλέγονται αντιρριζικές στεγανοποιητικές μεμβράνες, έτσι ώστε αυτές να προσφέρουν συνεχή στεγανοποιητική προστασία στο δώμα αλλά και να αποτρέπουν τη διάτρηση των υποκείμενων στρώσεων

από το ριζικό σύστημα των φυτών. Επιπλέον, η θερμομόνωση της οροφής μπορεί να επιτευχθεί και με τη διάστρωση θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος, για την ταυτόχρονη δημιουργία των κλίσεων. [16,39,69,71,72]



Σχήμα 6.7: Φυτεμένο δώμα αντεστραμμένου τύπου [69]

Πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση ή τη θερμομονωτική ακολουθεί η αποστραγγιστική στρώση. Για την κατασκευή της στρώσης αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθούν κροκάλες ή και χαλίκι. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορούν να διαστρώνονται σε πάχος 4 και 5cm. Όταν η στρώση αυτή τοποθετείται απευθείας πάνω από το μονωτικό υλικό προτείνεται η τοποθέτηση ενός προστατευτικού φίλτρου γεωυφάσματος μεταξύ των δύο αυτών στρώσεων. Βέβαια, η χρήση των υλικών αυτών ως αποστραγγιστική στρώση συνηθίζονταν κυρίως παλαιότερα ενώ πλέον διατίθενται στο εμπόριο διάφορων τύπων αποστραγγιστικές μεμβράνες. Οι μεμβράνες αυτές λόγω του κωνοειδούς διάτρητου πυρήνα τους μπορούν να αποστραγγίσουν τα πλεονάζοντα νερά του ποτίσματος του κήπου και παράλληλα να συγκρατούν σημαντική ποσότητα νερού για την απαιτούμενη υγρασία του κηπευτικού χώματος. Ανάλογα με τον τύπο της αποστραγγιστικής μεμβράνης μπορεί πάνω από αυτή να απαιτείται η τοποθέτηση ενός φίλτρου διήθησης όπως φύλλου πολυαιθυλενίου το οποίο αποσκοπεί στην ασφαλή λειτουργία της υποκείμενης μεμβράνης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, κατασκευάζονται δώματα τα οποία συνδυάζουν τα δύο αυτά υλικά δηλαδή πάνω από τη θερμομονωτική στρώση ή τη στεγανοποιητική αναλόγως, μπορεί να τοποθετείται η αποστραγγιστική μεμβράνη και στη συνέχεια να ακολουθεί η στρώση από κροκάλες ή χαλίκι. Σε κάθε περίπτωση, πάνω από τις κροκάλες ή το χαλίκι τοποθετείται συνήθως ένα προστατευτικό φίλτρο γεωυφάσματος και στην συνέχεια ακολουθεί το κηπευτικό χώμα. [16,31,39,69,71,72]

Σε πιο σύγχρονες κατασκευαστικές λύσεις προτείνεται η τοποθέτηση της αποστραγγιστικής μεμβράνης πάνω από το μονωτικό υλικό ή πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση αναλόγως, σε συνδυασμό με κάποιο διηθητικό φίλτρο αν απαιτείται και στη συνέχεια πάνω από αυτή προτείνεται η τοποθέτηση ενός υποστρώματος συγκράτησης της υγρασίας, το οποίο μπορεί να κατασκευάζεται από ειδικές πλάκες πετροβάμβακα ή ορυκτοβάμβακα ή και από διογκωμένο περλίτη. Η στρώση αυτή μπορεί να καταλαμβάνει πάχος ίσο με 5cm. Το υπόστρωμα αυτό συγκρατεί την υγρασία την οποία αποδίδει σταδιακά πίσω στον κήπο. Στην συνέχεια ακολουθεί η τοποθέτηση του κηπευτικού χώματος και του φυτικού υλικού. Το πάχος του κηπευτικού χώματος καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες καθώς και τον τύπο του φυτικού υλικού που θα αναπτυχθεί στην οροφή. Το χώμα φύτευσης πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στα φυτά να αναπτύξουν ένα πυκνό ριζικό σύστημα και να ικανοποιεί τις φυσικές, χημικές και βιολογικές τους ανάγκες. Τέλος, για την επιλογή του κατάλληλου φυτικού υλικού λαμβάνονται υπόψη οι κλιματολογικοί και οικολογικοί παράγοντες, το ριζικό σύστημα των φυτών, το αισθητικό αποτέλεσμα καθώς και η αντοχή των φυτικών ειδών στις υψηλές θερμοκρασίες και στην ένταση του ανέμου. [16,31,39,69,71,72]

6.3 Οι στέγες

Σε γενικότερη θεώρηση η στέγη αποτελεί το περισσότερο εκτεθειμένο σε εξωτερικές επιβαρύνσεις (βροχή, χιόνι, αέρα, παγετό, ζέστη, ηλιακή ακτινοβολία) δομικό στοιχείο του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου με εξαίρεση τα δώματα. Επιπλέον, οι στέγες δέχονται δυσμενέστερες θερμικές επιβαρύνσεις από τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ιδιαίτερα, κατά τη θερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σχεδόν κάθετα στις επιφάνειες της στέγης με νότιο προσανατολισμό και μεταδίδει υψηλά θερμικά φορτία στην κατασκευή. Η ψύξη της στέγης, που προκαλείται είτε από πτώση της εξωτερικής θερμοκρασίας είτε από την επίδραση του ανέμου, είναι επίσης σημαντικά εντονότερη και ταχύτερη από τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία. Για τους λόγους αυτούς είναι σημαντική η σωστή λειτουργία της στέγης έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του κτιρίου, όσο και της ίδιας της διατομής της στέγης από τις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος και να επιτρέπεται η δημιουργία και η διατήρηση ενός άνετου εσωκλίματος. [63]

6.3.1 Τύποι στεγών

Τα μορφολογικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της στέγης συσχετίζονται και εξαρτώνται από: [63]

- Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του οικιστικού και του φυσικού περιβάλλοντος, στο οποίο εντάσσεται το κτίριο
- Τις διαστάσεις του κτιρίου, σε συνδυασμό με τις μορφολογικές και κατασκευαστικές του ιδιαιτερότητες
- Τη σεισμικότητα και το μικροκλίμα της περιοχής
- Τις ειδικότερες λειτουργίες του εξωτερικού περιβάλλοντος ως προστατευτικού κελύφους του κτιρίου
- Τις ειδικότερες απαιτήσεις για προστασία, συντήρηση, επισκεψιμότητα των στοιχείων της στέγης
- Τις τεχνολογικές και οικονομικές δυνατότητες υλοποίησης λύσεων [63]

Ανάλογα με τα υλικά της κατασκευής τους οι στέγες μπορούν να διακριθούν σε βαριές και ελαφρές κατασκευές. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι στέγες των οποίων ο φέρων οργανισμός κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ξύλινες στέγες οι οποίες όπως δηλώνει και η ονομασία τους κατασκευάζονται με βασικό υλικό το ξύλο, τόσο για τον φέροντα οργανισμό όσο και για το μεγαλύτερο μέρος των συμπληρωματικών στοιχείων του συνόλου. Στον ελληνικό χώρο παρατηρείται μια περίοδος υποχώρησης της ξύλινης στέγης, που οφείλεται ίσως στις σχετικά ευκολότερες και οικονομικότερες λύσεις της κατασκευής οροφών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Επιπλέον, η ξύλινη στέγη ως κατασκευαστική επιλογή δε διαθέτει το απαραίτητο πλαίσιο τυποποίησης και προδιαγραφών. Τέλος, στις ελαφρές κατασκευές ανήκουν και οι μεταλλικές στέγες δηλαδή στέγες με μεταλλικές φέρουσες δοκούς, οι οποίες όμως συναντώνται σε πολύ περιορισμένη έκταση στη χώρα μας. [50,63]

Ανάλογα με τον τύπο της στέγης, θα πρέπει να επιλεγεί και ο τρόπος θερμομονωτικής προστασίας. Από αυτήν την άποψη και με βάση τα ελληνικά δεδομένα διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες στεγών, δηλαδή στέγες που διαμορφώνουν και την οροφή του εσωτερικού χώρου και στέγες που δε λειτουργούν ως οροφή του εσωτερικού χώρου. Στην πρώτη περίπτωση, μεταξύ εσωτερικού λειτουργικού χώρου και στέγης δε μεσολαβεί άλλο επίπεδο και η στέγη είναι ορατή από τον εσωτερικό χώρο. Ο εσωτερικός χώρος μπορεί να είναι ο τελευταίος όροφος του κτιρίου ή μια σοφίτα πάνω από αυτόν. [50] Κάτω από τις στέγες αυτές συνήθως κατοικούν ή εργάζονται άτομα. Οι στέγες αυτές θεωρούνται ως θερμές στέγες και η θερμική προστασία αναπτύσσεται τότε στο κεκλιμένο επίπεδο της στέγης. [23,50] Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, στέγες που δε λειτουργούν ως οροφή του εσωτερικού χώρου πρόκειται συνήθως για χαμηλές στέγες που πατούν επάνω σε οριζόντια οροφή και παρέχουν προστασία στην κατασκευή έναντι των καιρικών συνθηκών. [50] Ο χώρος μεταξύ της κεκλιμένης και οριζόντιας οροφής έχει περιορισμένη επισκεψιμότητα και η στέγη χαρακτηρίζεται ως ψυχρή. Η θερμική προστασία αναπτύσσεται στο επίπεδο της οριζόντιας οροφής, εσωτερικά ή εξωτερικά αυτής. [23] Οι κεκλιμένες αυτές στέγες όσον αφορά τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά καθώς και τις θερμοπροστατευτικές και υδροπροστατευτικές τους ιδιότητες διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τύπους, που είναι οι εξής: [11]

- Κεραμοσκεπές επί τεγίδων και χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική υδατοδιαπερατή μεμβράνη.
- Φυλλοειδείς στέγες ή κεραμοσκεπές με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια
- Φυλλοειδείς στέγες ή κεραμοσκεπές με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου ή άλλης χαμηλής εκπομπής επιφάνεια κάτω από τα κεραμίδια
- Στέγες αποτελούμενες από σανίδωμα και μεμβράνη [11]

Η οριζόντια οροφή παρουσιάζει τα βασικά χαρακτηριστικά των δωματίων. Ο φέρων οργανισμός της οροφής μπορεί να είναι πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή κάποιο ξύλινο υπόστρωμα. Ακόμη στη θέση της οριζόντιας οροφής μπορεί να αναπτύσσεται μια ψευδοροφή. [50]

Ανάλογα με θέση της θερμομονωτικής στρώσης, στέγες που διαμορφώνουν και την τελική οροφή διακρίνονται σε στέγες με εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση. Στέγες κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα μπορούν να φέρουν την θερμομονωτική στρώση πάνω ή κάτω από την πλάκα σκυροδέματος. [50] Στις ξύλινες στέγες η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες (εξωτερική θερμομόνωση), ανάμεσα από αυτούς, ανάμεσα και κάτω από τους αμείβοντες ή και κάτω από αυτούς. [50,63]

Επιπλέον, ανάλογα με τη θέση της στεγανοποιητικής στρώσης οι στέγες όπως κατά τα δώματα διακρίνονται σε συμβατικές και αντεστραμμένες. Ως συμβατικές χαρακτηρίζονται οι στέγες που έχουν τη στεγανοποιητική στρώση σε υπερκείμενη θέση της θερμομονωτικής, έτσι ώστε η πρώτη να προστατεύει την δεύτερη από την επίδραση των νερών της βροχής. Ως αντεστραμμένες χαρακτηρίζονται οι στέγες που έχουν την θερμομονωτική στρώση σε ανώτερη θέση από την στεγανοποιητική, προκειμένου η πρώτη να προστατεύει τη δεύτερη από τις έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τις μηχανικές καταπονήσεις. [50]

Η διάταξη των στρώσεων στη διατομή της στέγης διαφοροποιεί τη θερμομονωτική-υγρομονωτική της συμπεριφορά και χαρακτηρίζει τις δύο κύριες μορφές κατασκευαστικών λύσεων, τις αεριζόμενες (ή δικέλυφες ή ψυχρές στέγες) και τις μη αεριζόμενες (ή μονοκέλυφες ή θερμές στέγες). [63]

Οι στέγες ανάλογα με την κλίση τους διακρίνονται σε στέγες μικρής κλίσης οι οποίες έχουν κλίση μικρότερη ή ίση των 25° από το οριζόντιο επίπεδο και σε στέγες μεγάλης κλίσης οι οποίες έχουν κλίση μεγαλύτερη των 25° από το οριζόντιο επίπεδο. [63] Στη δεύτερη περίπτωση, στέγες που διαμορφώνουν κλίσεις από το οριζόντιο επίπεδο μεγαλύτερες των 30° υπολογίζονται ως κάθετες και η διεύθυνση της ροής θερμότητας λαμβάνεται ως οριζόντια προκειμένου να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους. Ενώ, όταν οι κλίσεις είναι μικρότερες ή ίσες των 30° υπολογίζονται ως οριζόντιες και η διεύθυνση της ροής θερμότητας θεωρείται κατακόρυφη. [23]

Σε αντιδιαστολή με τα δώματα, οι στέγες είναι μη βατές επιστεγάσεις. Οι ξύλινες στέγες μπορούν να συντίθενται από ένα ή περισσότερα, διακριτά μεταξύ τους, κεκλιμένα επίπεδα. Ανάλογα με τον αριθμό των κεκλιμένων επιπέδων που τις συνθέτουν, οι στέγες χαρακτηρίζονται, αντίστοιχα, ως: [63]

- μονόριχτες ή μονοκλινείς,
- δίριχτες ή δικλινείς,
- τρίριχτες ή τρικλινείς,
- τετράριχτες ή τετρακλινείς και
- πολύριχτες ή πολυκλινείς. [63]

6.3.2 Η σύνθεση της διατομής των στεγών που αποτελούν την οροφή του εσωτερικού χώρου

Στις στέγες, όπως και στα δώματα, το κύριο σημείο αναφοράς αποτελεί ο φέρων οργανισμός, στην προστασία του οποίου εξυπηρετεί η παρουσία των υπολοίπων στρώσεων. Η καθεμία από αυτές λειτουργεί με συγκεκριμένο σκοπό και η σειρά με την οποία αλληλοδιαδέχονται η μια την άλλη, είναι καθοριστική για τον τύπο της κατασκευής και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. [50] Έτσι, οι βασικές στρώσεις που συναντώνται πάντα στη σύνθεση της διατομής μιας στέγης, είναι:

- Η στρώση του φέροντα οργανισμού ο οποίος αποτελεί την υποδομή, επάνω στην οποία θα στηριχτεί το σύνολο των υπολοίπων στρώσεων
- Η θερμομονωτική στρώση για την θερμική προστασία της κατασκευής [50]

Συμπληρωματικά προς αυτές και κυρίως για την ικανοποίηση των κατασκευαστικών απαιτήσεων και των απαιτήσεων της καλής λειτουργίας τους προστίθενται και άλλες στρώσεις όπως: [16,21,23,28,29,31,39,50,63,66,70]

- Η στεγανοποιητική στρώση για την παρεμπόδιση διείσδυσης των νερών της βροχής στη μάζα των υπολοίπων στρώσεων του δομικού στοιχείου,
- Προστατευτική στρώση του στεγανοποιητικού υλικού,
- Φράγμα υδρατμών για την προστασία της κατασκευής από τους διαχεόμενους υδρατμούς,
- Διάφραγμα δημιουργίας ζώνων αερισμού κάτωθεν της επικεράμωσης

- Επίχρισμα
- Γυψοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολητές πλάκες ξύλου ή άλλα πετάσματα για την προστασία του θερμομονωτικού υλικού όταν αυτό βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά του φέροντα οργανισμού,
- Ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα) που τοποθετείται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση
- Συνδετικό κονίαμα της τελικής επικάλυψης,
- Κατακόρυφα και οριζόντια ξύλινα καθρόνια για τη στερέωση του μονωτικού υλικού και της τελικής επικάλυψης, ή και για τη δημιουργία του αεριζόμενου διακένου.
- Τελική επικάλυψη [16,21,23,28,29,31,39,50,63,66,70]

Η παρουσία όλων αυτών των στρώσεων δεν είναι πάντοτε απαραίτητη. Η αναγκαιότητα της καθεμίας εξ'αυτών εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής, τα επιλεγέντα υλικά και τη θέση των παραπάνω στρώσεων.

6.3.3 Ο φέρων οργανισμός της στέγης

Σε όλες τις στέγες ο φέρων οργανισμός αποτελεί την υποδομή, επάνω στην οποία θα στηριχτεί το σύνολο των υπολοίπων στρώσεων της στέγης. Ανάλογα με τον τύπο της στέγης που πρόκειται να κατασκευαστεί ο φέρων οργανισμός της μπορεί να αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή από ξύλινες δοκούς σε συνδυασμό με ξύλινο υπόστρωμα (ξύλινη στέγη).

➤ Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος

Ο φέρων οργανισμός, των στεγών μπορεί να κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, που θεωρείται βαριά κατασκευή και αποτελεί μέρος του φέροντα οργανισμού του κτιρίου. Σε αυτή τη περίπτωση η στέγη κατασκευάζεται από υπό κλίση πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος σταθερού πάχους σε όλη τους την έκταση. [50] Αναλυτικά, ο τρόπος παρασκευής του οπλισμένου σκυροδέματος, η ποιότητα του σκυροδέματος και οι θερμοφυσικές ιδιότητες αυτού περιγράφηκαν στην ενότητα 5.13.1. Το πάχος της φέρουσας πλάκας καθορίζεται από τις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν για τις στέγες στην ενότητα 4.3 ενδεικτικές τιμές του πάχους μιας φέρουσας κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος είναι οι τιμές των 14, 15, 16 και 20cm. [16,21,23,28,29,39,66]

➤ Ο φέρων οργανισμός ξύλινης στέγης

Ο φέρων οργανισμός της ξύλινης στέγης συντίθεται από ξύλινες δοκούς τοποθετημένες σε σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους. Σε περιπτώσεις μικρών ανοιγμάτων, ιδιαίτερα σε μονοκλινείς ή δικλινείς στέγες, χρησιμοποιούνται απλές δοκοί, ενώ σε μεγαλύτερα ανοίγματα είναι προτιμότερη ή απαραίτητη η χρήση σύνθετων στοιχείων (ζευκτών). Η ξυλεία που χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή των ξύλινων ζευκτών προέρχεται από μαλακά ξύλα με σκληρότερο πυρήνα, όπως είναι το πεύκο και το έλατο ή από σκληρά ξύλα όπως είναι η δρυς, το άγριο πεύκο και η καρυδιά. Γενικά, επιλέγονται ξύλα τα οποία έχουν αναπτυχθεί ίσια, χωρίς συστροφές και κατά το δυνατό χωρίς ελαττώματα. [63]

Τα ζευκτά είναι δικτυωτοί φορείς, με μορφή που εξαρτάται από το άνοιγμα και τη μορφολογία της στέγης, καθώς και από τη θέση τους στην κάτοψη (ζευκτά που ανήκουν στο κύριο σχήμα της στέγης, ζευκτά σε θέσεις διασταυρώσεων κτλ.). Βασικά στοιχεία των ζευκτών είναι: [63]

- Οι ράβδοι που σχηματίζουν τις κλίσεις (αμείβοντες)
- Η οριζόντια ράβδος η οποία, εφόσον εξουδετερώνει τις πλάγιες ωθήσεις, λειτουργεί ως ελκυστήρας
- Οι κατακόρυφες ράβδοι (ορθοστάτες ή 'παμπάδες')
- Οι διαγώνιες ράβδοι (αντηρίδες) [63]

Για τη σύνθεση του συνολικού φέροντος οργανισμού της στέγης χρησιμοποιούνται ζευκτά τοποθετημένα σε κατακόρυφα και παράλληλα μεταξύ τους επίπεδα. Η διάταξη τους εξαρτάται από τη γεωμετρία, τις διαστάσεις και τις ιδιαίτερες λειτουργικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις της κάτοψης του καλυπτόμενου χώρου. Σε κάθε περίπτωση η πυκνότητα των ζευκτών και η επιλογή των διατομών θα πρέπει να καταλήγουν σε μια ανθεκτική και οικονομική κατασκευαστική λύση. Οι συνήθεις αποστάσεις μεταξύ των ζευκτών είναι 0,8-5m. [63]

Δεδομένου ότι η θερμομόνωση δύναται να τοποθετηθεί επί των αμειβόντων ή ανάμεσα αυτών, απαιτείται ένα ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα) για την έδραση της θερμομόνωσης στρώσης. [70] Έτσι, το πέτσωμα μπορεί να

τοποθετείται πάνω από τους αμειβόντες ή ενδιάμεσα από αυτούς ή και κάτω από αυτούς. [50,70] Το ξύλινο υπόστρωμα δύναται να αποτελείται από ραμποταρισμένες σανίδες λευκής ή σουηδικής προέλευσης, από φύλλα μοριοσανίδων, από φύλλα κόντρα-πλακέ, από πλάκες ινοσανίδας μέσης πυκνότητας (MDF) καθώς και από πλάκες προσανατολισμένων σωματιδίων (OSB). Το πάχος των ως άνω στοιχείων θα προκύψει κατόπιν υπολογισμού ανάλογα του μεταξονίου των αμειβόντων της ξύλινης κατασκευής. [23,70]

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3 αναφέρεται ενδεικτικά ότι το πάχος του πετσώματος σε μια ξύλινη κατασκευή μπορεί να ισούται με 1,5, 2, 2,25, 2,5 ή και 2,8cm, ενώ το πάχος των αμειβόντων μπορεί να ισούται με 12 και 13cm. [28,31,39,63,70] Ωστόσο, συνίσταται το πέτσωμα να έχει πάχος μεγαλύτερο ή ίσο των 2,5cm. [70]

Οι μοριοσανίδες γνωστές ως νοβοπάν παρασκευάζονται από μικρά τεμάχια ξύλου, ροκανίδια, κατάλοιπα μηχανικής επεξεργασίας κατώτερης ποιότητας ξύλου. Το υλικό αυτό αναμιγνύεται με συνδετικές ύλες, κυρίως συνθετικές ρητίνες, και με τη μορφή πολτού υποβάλλεται σε ισχυρές πιέσεις σε υψηλές θερμοκρασίες. Ακολούθως, μορφοποιείται σε πλάκες με διάφορα πάχη και πυκνότητες, οι οποίες κυμαίνονται από 400 ÷ 1100 Kg/m³. [45] Η μοριοσανίδα είναι φθηνότερη, πυκνότερη και πιο ομοιογενής από συνηθισμένο ξύλο ή κόντρα πλακέ, και χρησιμοποιείται ως ένα εναλλακτικό προϊόν όταν η εμφάνιση και η αντοχή είναι λιγότερο σημαντικά στοιχεία από το κόστος.

Οι ινοσανίδες ή ινόπλακες παρασκευάζονται από ίνες ξύλου κατώτερης ποιότητας και κυρίως από τα κατάλοιπα των πριονιστηρίων του ξύλου. Οι ίνες λαμβάνονται με μεθόδους φυσικές ή μηχανικές σε υδαρές περιβάλλον. Ακολούθως με κατάλληλη επεξεργασία μετατρέπονται σε πολτό, ο οποίος με πίεση και υψηλή θερμοκρασία σε ειδικά πιεστήρια αποκτά πλήρη συνοχή των ινών και αποκόπτεται σε πλάκες με διάφορα πάχη. Γενικά, η χρήση τους ποικίλει ανάλογα με την πυκνότητά τους. Οι ινοσανίδες με πυκνότητα περίπου 250Kg/m³ παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και έχουν καλές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες, ενώ εκείνες με πυκνότητα από 800÷1100Kg/m³ συστήνονται για τις αυξημένες μηχανικές τους αντοχές. [45]

Η αντικολλητή ξυλεία είναι βασικά τα φύλλα κόντρα πλακέ, τα οποία κατασκευάζονται από τρία τουλάχιστον λεπτά φύλλα με πάχος 1 ÷ 25 mm κολλημένα μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο, ώστε οι ίνες των διαδοχικών στρωμάτων να σχηματίζουν γωνία 90°. Για την κατασκευή του κόντρα-πλακέ χρησιμοποιείται μονός αριθμός φύλλων, ώστε οι ίνες των στρωμάτων που ισαπέχουν από το κεντρικό φύλλο να είναι παράλληλες μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό εξισορροπούνται οι τάσεις σε όλη την κατασκευή. Το κόντρα πλακέ είναι δυνατόν να κατασκευαστεί σε φύλλα μεγάλων διαστάσεων, δεν παραμορφώνεται και έχει μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από το ξύλο. [45]

Η OSB (πλάκα προσανατολισμένων σωματιδίων), γνωστή στην Ελλάδα σαν «λεπιδόπλακα» είναι ένα τεχνητό ξύλινο προϊόν που κατασκευάζεται με πολλαπλές στρώσεις λεπτών λωρίδων ξύλου (αποκόμματα) σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Πιθανόν να φαίνεται ότι έχει μία τραχύ και πολύχρωμη εμφάνιση, με τις ξεχωριστές λωρίδες στρωμένες ακανόνιστα η μια πάνω στην άλλη. Οι πλάκες αυτές έχουν πυκνότητα ίση με 650 kg/m³, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους ισούται με 0,13W/mK και η ειδική θερμοχωρητικότητα τους είναι ίση με 1.700 J/(kgK). [23]

Παρουσιάζονται, στη συνέχεια, στον παρακάτω πίνακα οι θερμοφυσικές ιδιότητες διαφόρων τύπων ξύλου καθώς και διαφόρων προϊόντων ξύλου, όπως καθορίζονται από ελληνική τεχνική οδηγία [11].

Πίνακας 6.4: Οι θερμοφυσικές ιδιότητες συμπαγούς ξυλείας και προϊόντων ξύλου [11]

υλικό	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/Mk)	ειδική θερμοχω- ρητικότητα c_p (J/(kgK)	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδατμών μ	
				ξηρό	υγρό
Συμπαγής ξυλεία					
Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία γενικώς	450	0,120	1600	50	20
	500	0,130	1600	50	20
	700	0,180	1600	200	50
Κονωφόρα (πεύκο, έλατο κτλ.)	600	0,140	1600	50	20
Οξιά	800	0,170	1600	200	50
Δρύς (βελανιδιά)	800	0,210	1600	200	50
Προϊόντα ξύλου					
Μορισσανίδες	300	0,100	1700	50	10
	600	0,140	1700	50	15
	900	0,180	1700	50	20
Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1600	150	50
	500	0,130	1600	200	70
	700	0,170	1600	220	90
	1000	0,240	1600	250	110
Σκληρές πλάκες ινώδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)	250	0,070	1700	5	3
	400	0,100	1700	10	5
	600	0,140	1700	20	12
	800	0,180	1700	30	20

6.3.4 Οριζόντια και κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια

Ανάλογα με το είδος του φέροντα οργανισμού της στέγης, τη θέση και το είδος του θερμομονωτικού υλικού καθώς και αναλόγως του είδους της τελικής επικάλυψης απαιτείται η τοποθέτηση κατακόρυφων και οριζόντιων ξύλινων καδρονιών.

Όταν η στέγη κατασκευάζεται από φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος τότε επί της πλάκας διαμορφώνεται ένας κάρναβος από ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Η κατασκευή μπορεί να επικαλύπτεται με ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα). Εναλλακτικά, η στρώση αυτή μπορεί να παραληφθεί. Στην περίπτωση της συμβατικής στέγης πάνω από το πέτσωμα ή αλλιώς πάνω από την μονωτική στρώση και τα ξύλινα καδρόνια τοποθετείται το στεγανοποιητικό υλικό. Στη συνέχεια, στερεώνονται σε τακτά διαστήματα οριζόντιοι ξύλινοι πήχεις με σκοπό την στερέωση της τελικής επικάλυψης όταν απαιτείται. Στην περίπτωση της αντεστραμμένης στέγης ακολουθείται η ίδια διαδικασία αλλά η στεγανοποιητική στρώση τοποθετείται κατευθείαν πάνω στην πλάκα. [50] Παραλλαγές στον παραπάνω τρόπο κατασκευής της στέγης, παρατηρούνται όταν ως θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες, με διαμορφωμένες σε τórμους ή αγκυρώσεις επιφάνειες, καθώς σε αυτή τη περίπτωση δεν απαιτείται η πρόσθετη υποκατασκευή στήριξης. [63] Επιπλέον, όταν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, τότε αυτό διαστρώνεται πάνω στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάνω στην οποία έχει προηγηθεί η τοποθέτηση οριζόντιων και κατακόρυφων καδρονιών τα οποία καλύπτονται από το ελαφροσκυρόδεμα. Πάνω από τη στρώση του ελαφροσκυροδέματος ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση και οριζόντιοι πήχεις όταν αυτοί απαιτούνται για την στερέωση των κεραμιδιών. [16] Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, στην πάνω επιφάνεια της πλάκας μπορεί να προβλέπονται μόνο οι απαραίτητοι πήχεις για τη διαμόρφωση της τελικής επίστρωσης. Τέλος, ορισμένες φορές δεν είναι απαραίτητη ούτε η χρήση οριζόντιων καδρονιών, καθώς η τελική επικάλυψη μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας στην κατασκευή ή να επικολληθεί με τσιμεντοκονίαμα ή να χρησιμοποιηθούν πλαστικά στηρίγματα για την τοποθέτηση της. [39] Οι αποστάσεις μεταξύ των ξύλινων καδρονιών και τα πάχη της διατομής τους καθορίζονται από κατασκευαστικούς παράγοντες. Γενικά, οι οριζόντιοι πήχεις πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση που εξαρτάται από το μήκος των κεραμιδιών της επικάλυψης. [63]

Όταν η στέγη είναι ξύλινη και η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω στο πέτσωμα το οποίο βρίσκεται πάνω στους αμείβοντες τότε διαμορφώνεται ένας κάρναβος από ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Ακολουθεί η τοποθέτηση του ξύλινου υποστρώματος, αν προβλέπεται, και στη συνέχεια η τοποθέτηση των ξύλινων οριζόντιων πηχών για τη στερέωση της τελικής επικάλυψης, όπως έχει περιγραφεί και στις στέγες με πλάκα σκυροδέματος. Παράλληλα, ανάλογα με το αν η στέγη είναι συμβατική ή αντεστραμμένη τοποθετείται η στεγανοποιητική στρώση πάνω ή κάτω από τη θερμομονωτική στρώση αντίστοιχα. [50] Επίσης, όπως και στις στέγες από πλάκα σκυροδέματος, έτσι και σε αυτή τη περίπτωση όταν χρησιμοποιούνται σκληρές θερμομονωτικές πλάκες μπορούν να τοποθετούνται απευθείας πάνω στο πέτσωμα. [63] Αναφέρεται και πάλι ότι όταν η τελική επικάλυψη τοποθετείται απευθείας στην κατασκευή, ή με τη χρήση τσιμεντοκονίας ή ακόμη και με τη χρήση πλαστικών στηριγμάτων, τότε δεν χρησιμοποιούνται οριζόντιοι πηχείς. [39]

Ένας άλλος τρόπος κατασκευής της ξύλινης στέγης επιτυγχάνεται με ξύλινες δοκούς (τεγίδες) συνήθως μικρών διαστάσεων (καδρόνια), που εδράζονται πάνω στους αμείβοντες των ζευκτών, τοποθετούνται παράλληλα προς τον άξονα της στέγης και φέρουν τις επιτεγίδες ή το σανίδωμα, όταν αυτό απαιτείται. Οι τεγίδες, οι επιτεγίδες και το σανίδωμα συνδέουν τα ζευκτά μεταξύ τους και συνθέτουν μια τρισδιάστατη κατασκευή. Οι επιτεγίδες είναι καδρόνια που ακολουθούν την κλίση της στέγης, τοποθετούμενες σε κατεύθυνση κάθετη στον άξονα της και εδράζονται στις τεγίδες. Η απόσταση μεταξύ τους εξαρτάται από το μήκος των κεραμιδιών της επικάλυψης. Οι τεγίδες τοποθετούνται κάθετα στους αμείβοντες, σε αξονικές αποστάσεις 0,65-1,25m μεταξύ τους, συνδέοντας με αυτόν τον τρόπο τα ζευκτά αποτελώντας τη βάση, επί της οποίας στηρίζεται το σανίδωμα (πέτσωμα), που με τη σειρά του χρησιμεύει για τη στήριξη της επικάλυψης ή της μόνωσης. Η διατομή των τεγίδων εξαρτάται από τα φορτία της επικάλυψης της στέγης και από την μεταξύ των ζευκτών απόσταση και προσδιορίζεται επακριβώς υπολογιστικά. Όταν οι αποστάσεις των τεγίδων είναι μεγάλες, τοποθετούνται κάθετα σε αυτές οι επιτεγίδες. Στην περίπτωση αυτή το σανίδωμα τοποθετείται και καρφώνεται επάνω στις επιτεγίδες. Οι τεγίδες μπορούν να τοποθετηθούν στις θέσεις των κόμβων των ζευκτών, οπότε γίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση επιτεγίδων, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη πύκνωση για τη στήριξη της επικάλυψης ή στα ενδιάμεσα σημεία των κόμβων με αποτέλεσμα οι αμείβοντες να υπόκεινται σε αξονική φόρτιση και κάμψη, γεγονός που οδηγεί σε απευθείας τοποθέτηση του σανιδώματος πάνω σε αυτές, χωρίς να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση των επιτεγίδων. [63]

6.3.5 Η Διαμόρφωση της εσωτερικής πλευράς του φέροντα οργανισμού

Ανάλογα με το είδος της στέγης που πρόκειται να κατασκευαστεί, δηλαδή ανάλογα με το αν πρόκειται για ξύλινη στέγη ή στέγη σκυροδέματος καθώς και ανάλογα με τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή της στέγης διακρίνονται οι τρόποι διαμόρφωσης της εσωτερικής πλευράς του φέροντα οργανισμού.

Στη περίπτωση των στεγών με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από την φέρουσα πλάκα, τότε η πλάκα μπορεί να επιχρίεται στην εσωτερική της πλευρά με επιχρίσμα σε πάχος ίσο με 1,5, 2 ή 2,5cm. Για τη διάστρωση του επιχρίσματος μπορούν να χρησιμοποιείται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα ή ασβεστοκονίαμα. [16,21,23,28,29,39] Ο ρόλος του επιχρίσματος και τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έχουν παρουσιασθεί ήδη στην ενότητα 5.4.

Όταν η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται κάτω από την φέρουσα πλάκα, τότε για τη στερέωση και τη προστασία του μονωτικού υλικού διαμορφώνεται ένα είδος ψευδοροφής. Στην εσωτερική πλευρά της πλάκας αναπτύσσεται ένας ξύλινος ή μεταλλικός κάρναβος από λεπτούς πηχείς. Το θερμομονωτικό υλικό στερεώνεται στα ενδιάμεσα κενά του κάρναβου. Αναλόγως του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος η όλη κατασκευή επενδύεται με γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολλητές πλάκες ξύλου, που θα στερεωθούν επάνω στους πηχείς του κάρναβου. [50] Φράγμα υδρατμών μπορεί να τοποθετείται κάτω από το μονωτικό υλικό και πάνω από τις επενδυτικές πλάκες αναλόγως των απαιτήσεων υγραμόνωσης της κατασκευής. [66,70] Τα χαρακτηριστικά των σκελετών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθώς και ο τρόπος στερέωσης αυτών έχουν ήδη περιγραφεί στην ενότητα 6.2.5. Επιπλέον, συστήματα ψευδοροφών στα οποία χρησιμοποιούνται ειδικές γυψοσανίδες και ινώδη μονωτικά υλικά μπορούν να βελτιώσουν την πυραντοχή και την ηχοαπορροφητική ικανότητα της κατασκευής, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 6.2.5. [44]

Στην περίπτωση των ξύλινων στεγών, το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί σε τέσσερις διαφορετικές θέσεις, δηλαδή πάνω από τους αμείβοντες, ανάμεσα από αυτούς, ανάμεσα και κάτω από αυτούς

ή μόνο κάτω από αυτούς. Όταν η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται πάνω από τους αμείβοντες, πάνω από αυτούς κατασκευάζεται ένα ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα) και πάνω από αυτό στερεώνεται το μονωτικό υλικό. Έτσι, στον εσωτερικό χώρο είναι ορατά τα διάφορα ξύλινα στοιχεία της στέγης. Εναλλακτικά, οι θερμομονωτικές πλάκες μπορούν να καρφώνονται ή να στερεώνονται με αγκύρια ανάμεσα στους αμείβοντες ή κάτω από αυτούς. Αναλόγως του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος καλύπτονται με γυψοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολλητές πλάκες ξύλου ή με άλλα πετάσματα, που στερεώνονται με καρφιά ή βύσματα επάνω στους αμείβοντες. Στην περίπτωση, που το θερμομονωτικό υλικό τοποθετηθεί κάτω από τους αμείβοντες, στις πλευρές των αμειβόντων βιδώνονται μικρά ελάσματα για τη συγκράτηση ενός ξύλινου ή μεταλλικού καννάβου, επάνω στον οποίο στερεώνονται οι πλάκες επικάλυψης. Σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με τις απαιτήσεις υγραμόνωσης και ανάλογα με την ανάγκη προστασίας της στέγης από την ενδεχόμενη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών στο εσωτερικό της, μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών κάτω από το θερμομονωτικό υλικό προς τη θερμή του πλευρά και πάνω από τις πλάκες επικάλυψης. [50]

6.3.6 Η αεριζόμενη στέγη

Η αεριζόμενη στέγη όπως δηλώνει και η ονομασία της πρόκειται για στέγη με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή για ξύλινη στέγη η οποία ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής της επιτρέπει τη δημιουργία μίας ή δύο ζωνών αερισμού. Οι στέγες αυτές παρουσιάζουν βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά υπό την προϋπόθεση της σωστής κατασκευής τους και της συνεχούς κίνησης του αέρα στο διάκενο αερισμού. Στις ακόλουθες ενότητες περιγράφονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της αεριζόμενης στέγης καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που μπορεί να παρουσιάζει σε σχέση με μία μη αεριζόμενη στέγη.

6.3.6.1 Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της αεριζόμενης στέγης

Στις αεριζόμενες στέγες η κυκλοφορία του αέρα πραγματοποιείται ανάμεσα σε ανοίγματα εισαγωγής, τοποθετημένα στα χαμηλά σημεία της περιμέτρου της στέγης και σε ανοίγματα απαγωγής που τοποθετούνται είτε στις γραμμές κορυφής είτε σε ενδιάμεσες θέσεις των κεκλιμένων επιπέδων. [63]

Κάτω από τη επικεράμωση μπορούν να δημιουργούνται δύο ανεξάρτητες ζώνες αερισμού, με την τοποθέτηση ενός εύκαμπτου ή άκαμπτου διαφράγματος, με τις οποίες θα αερίζονται οι εσωτερικές επιφάνειες της επικεράμωσης, τα ξύλινα στοιχεία πάνω από το διάφραγμα, η άνω επιφάνεια της θερμομόνωσης (εφόσον είναι τοποθετημένη πάνω από τα φέροντα στοιχεία) και τα ξύλινα στοιχεία κάτω από το διάφραγμα. Το ελάχιστο πάχος ζωνών αερισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον 20mm μετρούμενο για την πάνω ζώνη μεταξύ του κάτω πέλματος τεγίδων και διαφράγματος και για την κάτω ζώνη μεταξύ του διαφράγματος και της άνω επιφάνειας της θερμομόνωσης. [70]

Συγχρόνως με την τοποθέτηση του διαφράγματος διευκολύνεται η απορροή νερών προς τις οριζόντιες υδρορροές, τα οποία δύνανται να προέλθουν από φθορά των κεραμιδιών, από μικρή κλίση της στέγης και από λιώσιμο του χιονιού που πέρασε υπό μορφή σκόνης με τον άνεμο από τις ενώσεις των κεραμιδιών. [70]

Το εύκαμπτο διάφραγμα μπορεί να αποτελείται από μη υφαντές ίνες πολυπροπυλενίου ασφαλωμένες και στις δύο όψεις βάρους 500gr/m^2 που τοποθετούνται επί των αμειβόντων ξύλινου ζευκτού ή επί των ξύλινων δοκών που έχουν τοποθετηθεί επί φέρουσας πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος παράλληλα με την κλίση της στέγης, εφόσον το μεταξόνιο αυτών δεν είναι μεγαλύτερο των 90cm. Στην περίπτωση που απαιτείται βελτίωση της θερμικής άνεσης των χώρων με επικεράμωση χρησιμοποιείται το αυτό διάφραγμα, αλλά επικαλυμμένο με φύλλο αλουμινίου, ώστε να ανακλάται η υπέρυθη ακτινοβολία από την επικεράμωση. Το άκαμπτο διάφραγμα αποτελείται από δύο ασφαλικές μεμβράνες με φορέα υαλοπίλημα ή και υαλούφασμα οξειδωμένης ή ελαστομερούς ασφάλτου που υποχρεωτικά τοποθετούνται επί ξύλινου υποστρώματος ή από μεμβράνες PVC ή τέλος από την ίδια μεμβράνη του εύκαμπτου διαφράγματος. [70]

Στην περίπτωση της ξύλινης στέγης όπου το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από το πέτσωμα το οποίο καρφώνεται πάνω στους αμείβοντες, πάνω από το πέτσωμα διαμορφώνεται κάνναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος τουλάχιστον 2cm μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού. Στη συνέχεια, τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής (διάφραγμα). Πάνω από τη μεμβράνη και τα καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήγχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες οι οποίοι έχουν μεγαλύτερο ύψος από τη

θερμομονωτική στρώση, τότε επάνω από τους αμείβοντες τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής (διάφραγμα). Στη συνέχεια, πάνω από τη μεμβράνη και τους αμείβοντες στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Πάνω από το πέτσωμα και κάτω από το μονωτικό υλικό, μπορεί να προστίθεται φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. [63,70]

Στην περίπτωση στέγης με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος διαμορφώνεται ένας κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Τα καδρόνια αυτά θα έχουν ελάχιστο πλάτος 7cm και ύψος 2cm μεγαλύτερο του πάχους της θερμομόνωσης, με μεταξόνιο όχι μεγαλύτερο των 90cm. Πάνω σε αυτά τοποθετείται η μεμβράνη κεραμοσκεπής (διάφραγμα). Πάνω από τη μεμβράνη και τα καδρόνια στερεώνονται κατακόρυφες σανίδες ελαχίστου πάχους 2cm. Έπειτα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Ένα φράγμα υδρατμών μπορεί να προστίθεται πάνω από την πλάκα και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση, όταν απαιτείται. [63,70]

Ωστόσο, είτε για κατασκευαστικούς λόγους ή από επιλογή συναντώνται στέγες με μία ζώνη αερισμού. Οι στέγες αυτές μπορούν να κατασκευάζονται όπως και οι αεριζόμενες στέγες με δύο ζώνες αερισμού όμως στην περίπτωση αυτή η κάτω ζώνη δεν επιτρέπει την κίνηση του αέρα με αποτέλεσμα το κάτω διάκενο αέρα να είναι μη αεριζόμενο. [16] Άλλοι τρόποι διαμόρφωσης στεγών με ένα αεριζόμενο διάκενο παρουσιάζονται στη συνέχεια. Στη στέγη συμβατικού τύπου από οπλισμένο σκυροδέμα, πάνω από την πλάκα διαμορφώνεται κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Μεταξύ της πλάκας και του μονωτικού υλικού μπορεί να προστίθεται φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται. Πάνω από το μονωτικό υλικό και τα καδρόνια τοποθετείται ένα ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα) και πάνω από αυτό ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. Εναλλακτικά, το πέτσωμα μπορεί να παραληφθεί. Στη συνέχεια, στερεώνονται κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια. Πάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Το διάκενο που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της κεραμοσκεπής είναι αεριζόμενο. [28,50,73] Αντίστοιχα, μία ζώνη αερισμού μπορεί να δημιουργείται και σε στέγη αντεστραμμένου τύπου όπου πάνω από τη φέρουσα πλάκα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. [28,70]

Ξύλινη στέγη συμβατικού τύπου με θερμομόνωση πάνω από τους αμείβοντες μπορεί να κατασκευάζεται με μία ζώνη αερισμού. Τότε πάνω στο πέτσωμα διαμορφώνεται κάρναβος από οριζόντια ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Πάνω από τα καδρόνια και το μονωτικό υλικό καδρόνια τοποθετείται ένα δεύτερο ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα) και πάνω από αυτό ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. Εναλλακτικά, το ξύλινο αυτό υπόστρωμα μπορεί να παραληφθεί. Πάνω από τα καδρόνια και τη στεγανοποιητική στρώση καρφώνονται κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια για τη δημιουργία του αεριζόμενου διακένου. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. [28,70] Αντίστοιχα, ξύλινη στέγη αντεστραμμένου τύπου με θερμομόνωση πάνω από τους αμείβοντες μπορεί να κατασκευάζεται με μία ζώνη αερισμού. Τότε, πάνω από το πέτσωμα ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. Στη συνέχεια, διαμορφώνεται κάρναβος από κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Τα καδρόνια αυτά έχουν ύψος μεγαλύτερο του μονωτικού υλικού. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. [28,70] Στην περίπτωση, ξύλινης στέγης συμβατικού τύπου όπου το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω στο πέτσωμα ανάμεσα στους αμείβοντες μπορεί να δημιουργείται και πάλι μία ζώνη αερισμού. Πάνω από τους αμείβοντες, τοποθετείται ένα δεύτερο ξύλινο υπόστρωμα και στη συνέχεια ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. Πάνω από τη στρώση αυτή τοποθετούνται κατακόρυφα ξύλινα καδρόνια για τη δημιουργία του αεριζόμενου διακένου. Επάνω από τα καδρόνια αυτά στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Το διάκενο αέρα που σχηματίζεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και της κάτω επιφάνειας της επικεράμωσης είναι αεριζόμενο. Στην περίπτωση της

συμβατικής αεριζόμενης στέγης μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών πάνω από το πέτσιμα και κάτω από το μονωτικό υλικό όταν απαιτείται. [70]

6.3.6.2 Η λειτουργία του εξαερισμού της στέγης

Ο επαρκής εξαερισμός της στέγης είναι απαραίτητος: [63,70]

- για την απομάκρυνση της θερμότητας που απορροφούν τα κεραμίδια
- για την απομάκρυνση των υδρατμών, που είτε διαχέονται είτε μεταφέρονται στη διατομή με τη διείσδυση του αέρα στο χώρο
- για το ταχύτερο στέγνωμα της κατασκευής
- για τη διατήρηση της υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία μούχλας ή η εμφάνιση μικροοργανισμών [63,70]

Ο αερισμός στη στέγη σε χώρες όπως η Ελλάδα που διαθέτουν μεγάλη ηλιοφάνεια είναι απολύτως απαραίτητος διότι στα κεραμίδια αναπτύσσονται θερμοκρασίες άνω των 60°C το καλοκαίρι επειδή οι ακτίνες του ήλιου χτυπούν σχεδόν κάθετα τη στέγη για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ηλιοφάνειας της ημέρας και οδηγούν σε υπερθέρμανση τη στέγη δυσκολεύοντας το έργο της θερμομονωτικής στρώσης ειδικά στην περίπτωση ύπαρξης θερμογεφυρών αλλά και χωρίς αυτές. Η κατάλληλα υπολογισμένη στρώση αερισμού με σωστά υπολογισμένες οπές στην βάση και την κορυφή της στρώσης των κεραμιδιών απάγει σε διαρκή βάση μέρος της θερμότητας που απορροφούν τα κεραμίδια και τη διώχνει στην ατμόσφαιρα, αφού ο ακίνητος αέρας που υπάρχει ανάμεσα στα κεραμίδια και στη θερμομονωτική στρώση ζεσταίνεται, μειώνεται η πυκνότητά του και ανεβαίνει ψηλά βγαίνοντας από τις οπές του κορυφιά και δίνοντας τη θέση του σε φρέσκο δροσερό αέρα. Δημιουργείται, έτσι, ένα ρεύμα αερισμού που βοηθά τη λειτουργία της στέγης και της θερμομονωτικής της στρώσης. [28]

Στην περίπτωση που δεν προβλεφθούν οι ζώνες αερισμού θα υπάρξουν επιπτώσεις τόσο στα κεραμίδια, όσο και στα ξύλινα στοιχεία της στέγης καθώς και στη θερμομονωτική στρώση της στέγης. Στα κεραμίδια όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα αερισμού της κάτω επιφάνειάς τους και η απορροφούμενη από την μάζα τους υγρασία παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα με χαμηλές θερμοκρασίες, θα παρουσιασθούν φαινόμενα ρηγμάτωσης από παγετό, ιδίως όταν το σχετικό πορώδες του υλικού τους είναι μεγαλύτερο του 18%. Σχετικό πορώδες είναι ο λόγος επί τοις εκατό του όγκου των προσπελάσιμων πόρων προς το συνολικό όγκο του δείγματος. Μια άλλη περίπτωση από την παραμονή υγρασίας είναι όταν η μάζα της αργίλου του κεραμιδιού περιέχει κόκκους άνυδρου ασβέστου, οπότε τότε θα παρουσιασθούν τοπικές αποφλοιώσεις οι οποίες δύνανται να φθάσουν και στην πλήρη καταστροφή των κεραμιδιών. Τα φαινόμενα αυτά θα παρουσιασθούν και στην εξωτερική επιφάνεια των κεραμιδιών. [70]

Στα ξύλινα στοιχεία της στέγης, όταν το ποσοστό υγρασίας τους είναι μεγαλύτερο του 15% διατρέχουν τον κίνδυνο: [70]

- να αναπτυχθούν μύκητες οι οποίοι δύνανται να περάσουν από τις τρύπες των τούβλων και των κονιαμάτων και να προσβάλλουν τους κατοικήσιμους χώρους (έπιπλα, υφάσματα, χαρτιά ταπετσαρίας).
- να προσβληθούν από λευκούς τερμίτες όταν το γύρω του κτιρίου έδαφος έχει αποικίες τερμιτών, των οποίων η βασική τους τροφή είναι η κυτταρίνη των ξύλων.
- να παρουσιάσουν μεγαλύτερα των επιτρεπομένων βέλη κάμψης, δεδομένου ότι με την αύξηση της υγρασίας, μειώνονται οι επιτρεπόμενες τάσεις, και λόγω αυτής της μείωσης γίνεται μικρότερο το μέτρο ελαστικότητας. Η αύξηση του βέλους κάμψης των ξύλινων φερόντων στοιχείων δύναται να οδηγήσει στη θραύση των κεραμιδιών, στη ρηγμάτωση του τεντωμένου διαφράγματος και κυρίως στην χαλάρωση της όλης συνδεσμολογίας των ξύλινων στοιχείων. [70]

Η αύξηση του ποσοστού υγρασίας των ξύλων εξαρτάται πάντοτε από την σχετική υγρασία του αέρα των κατοικήσιμων χώρων. Εάν οι χώροι αυτοί δεν αερίζονται, οι υδρατμοί θα περνάνε προς την περιοχή της στέγης με διάχυση και εφόσον δεν έχει προβλεφθεί φράγμα υδρατμών, υπό τις κατάλληλες συνθήκες δύνανται να προσβάλλουν τα στοιχεία της στέγης. Ιδιαίτερα, η αύξηση της υγρασίας στη μάζα του υλικού της θερμομόνωσης, έχει ως συνέπεια τη μείωση της θερμομονωτικής της ικανότητας. [70]

Υπάρχουν, ωστόσο, περιπτώσεις όπου μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα από την ύπαρξη του αεριζόμενου διακένου. Σε συνθήκες άπνοιας, η κίνηση του αέρα είναι δυνατή μόνο με την κίνηση των βαρύτερων στρωμάτων του, που προκαλείται από θερμοκρασιακές διαφορές. Στις περιπτώσεις που η κίνηση

του αέρα είναι μικρή ή ανύπαρκτη, δημιουργείται μια στάσιμη ποσότητα, που μπορεί να λειτουργήσει ως πρόσθετη θερμομόνωση και να προκαλέσει συμπύκνωση υδρατμών στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους. Η μετατροπή με αυτόν τον τρόπο της αεριζόμενης κατασκευής σε μη αεριζόμενη αποτελεί πρόβλημα με επακόλουθο σημαντικές βλάβες. [63]

Ανάλογα προβλήματα μπορούν να δημιουργηθούν, εφόσον η διατομή δεν προστατεύεται αποτελεσματικά από τη διείσδυση των υδρατμών του εσωτερικού χώρου. Κατά την περίπτωση αυτή ο χώρος εξαερισμού εμπλουτίζεται προοδευτικά με υδρατμούς. Όσο μικρότερη είναι η κίνηση του αέρα, τόσο επιτυγχάνεται η διαδικασία συγκέντρωσης υδρατμών με κίνδυνο συμπύκνωσης τους στην κάτω επιφάνεια του ψυχρού εξωτερικού κελύφους. Στα ίδια φαινόμενα μπορεί να οδηγήσει η αύξηση της απόστασης ανάμεσα στα ανοίγματα εισαγωγής-απαγωγής. [63]

Τα παραπάνω προβλήματα είναι εντονότερα σε περιοχές με δυσμενείς κλιματικές συνθήκες (χαμηλές θερμοκρασίες, αυξημένη υγρασία), στις οποίες η συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό πάγου και απόφραξη του χώρου εξαερισμού ή των ανοιγμάτων εισαγωγής. Με άνοδο της θερμοκρασίας μετατρέπεται μέρος του πάγου σε νερό, που μπορεί να εισχωρήσει και να προκαλέσει βλάβες στις υπόλοιπες στρώσεις της στέγης ή σε γειτονικά δομικά στοιχεία ή ακόμη και στο εσωτερικό του κτιρίου. [63]

Σε περιοχές που επιβαρύνονται από ισχυρούς ανέμους, υπάρχει κίνδυνος να εισχωρήσουν στη διατομή βροχή, χιόνι ή σκόνη από τα ανοίγματα εισαγωγής-απαγωγής. Ιδιαίτερη σημασία αποκτά στις περιπτώσεις αυτές και η αεροδυναμική συμπεριφορά του κτιρίου γενικά και της στέγης ειδικότερα. Απαραίτητο είναι να αποφεύγεται η τοποθέτηση των ανοιγμάτων στις περιοχές συγκέντρωσης των ανεμοπιέσεων, ενώ ανάλογη προσοχή απαιτεί και η κατασκευαστική διαμόρφωση των ειδικών στοιχείων-κεραμιδιών απαγωγής. [63]

Η ταχύτητα του αέρα στη στρώση εξαερισμού είναι ανάλογη του ύψους της στέγης και αντιστρόφως ανάλογη του πλάτους του αντίστοιχου κεκλιμένου επιπέδου. Η κατάλληλη μορφή των ανοιγμάτων εισαγωγής-απαγωγής και η εξασφάλιση ενός ελάχιστου ύψους της στρώσης εξαερισμού είναι σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την ανεμπόδιστη διέλευση του αέρα, με όσο γίνεται μεγαλύτερη ταχύτητα. Η συνολική διατομή των ανοιγμάτων απαγωγής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από εκείνη των ανοιγμάτων εισαγωγής. [63]

Συγκρίνοντας μια αεριζόμενη με μία μη αεριζόμενη διατομή καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα: [63]

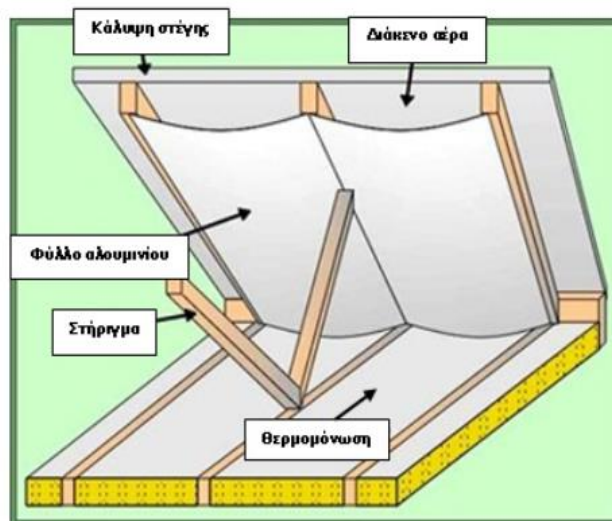
- Οι αεριζόμενες διατομές πλεονεκτούν ως προς τη μετάδοση των εξωτερικών θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό.
- Οι αεριζόμενες διατομές με δύο ζώνες αερισμού πλεονεκτούν ως προς την απομάκρυνση της υγρασίας, που μπορεί να δημιουργηθεί στο εσωτερικό τους, με την προϋπόθεση της μόνιμης και επαρκούς λειτουργίας του εξαερισμού. Εφόσον αυτό δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστεί, υπάρχουν σοβαροί κίνδυνοι βλάβης.
- Στις μη αεριζόμενες διατομές η απομάκρυνση της υγρασίας από το εσωτερικό της διατομής είναι πρακτικά αδύνατη. Η προστασία συνεπώς από παρόμοιο ενδεχόμενο αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποφυγή βλάβης ή καταστροφής των ευαίσθητων στρώσεων.
- Σε κάθε κατασκευαστική λύση η εφαρμογή φράγματος υδρατμών προστατεύει τη διατομή από τους κίνδυνους της διύγρανσης.
- Σε κάθε κατασκευαστική λύση είναι απαραίτητη η ενιαία αντιμετώπιση της θερμοπροστατευτικής και της υγρασιοπροστατευτικής λειτουργίας και η ανάλογη επιλογή των υλικών. Ιδιαίτερη σημασία έχει η αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας της διατομής από μέσα προς τα έξω και η αντίστοιχη μείωση της υδρατμοπερατότητας των στρώσεων. [63]

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η αεριζόμενη διατομή μπορεί να επιλέγεται όταν οι κλίσεις είναι σχετικά μεγάλες, όταν το πλάτος κεκλιμένων επιπέδων είναι σχετικά μικρό (10-12m) και η κάτοψη είναι σχετικά απλή καθώς και όταν εξασφαλίζεται ο μόνιμος επαρκής εξαερισμός της διατομής. Η μη αεριζόμενη διατομή επιλέγεται όταν οι κλίσεις είναι μικρές, οι κατόψεις είναι μεγάλες και πολύπλοκες, όταν δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστεί απρόσκοπτη λειτουργία του εξαερισμού της διατομής καθώς και όταν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες για την κίνηση αέρα γύρω από τη στέγη. [63]

6.3.7 Το φράγμα ακτινοβολίας

Η τοποθέτηση φράγματος ακτινοβολίας (radiant barrier) αποσκοπεί στη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία διαπερνά τις εξωτερικές στρώσεις της στέγης και μεταφέρει θερμική ενέργεια στο εσωτερικό της διατομής επιβαρύνοντας το θερμικό φορτίο των χώρων του κτιρίου που καλύπτονται από τη στέγη. [63] Τα φράγματα ακτινοβολίας αποτελούνται από λεπτά φύλλα αλουμινίου τα οποία τοποθετούνται κάτω από τη στέγη. Τα φύλλα αυτά έχουν υψηλούς συντελεστές εκπομπής και ανακλαστικότητας, ώστε να λειτουργούν ως ανακλαστήρες (καθρέπτες) της θερμικής ακτινοβολίας προς τα έξω. Έτσι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο. [7,63]

Συνεπώς, για κλιματικές συνθήκες, λοιπόν, για τις οποίες ο δροσισμός του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι σημαντικότερος από τη θέρμανση του κατά τους χειμερινούς, το φράγμα ακτινοβολίας στη στέγη μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στη θερμοπροστατευτική της λειτουργία. Η αποτελεσματικότητα του φράγματος ακτινοβολίας αυξάνεται εφόσον συνδυαστεί με στρώση αερισμού, η οποία δημιουργείται ανάμεσα στην επάνω επιφάνεια του και στην επικάλυψη και αποφορτίζει το φύλλο αλουμινίου, απομακρύνοντας την πλεονάζουσα θερμότητα προς το εξωτερικό περιβάλλον. [63]



Σχήμα 6.8: Φράγμα ακτινοβολίας σε στέγη [7]

6.3.8 Η θερμομονωτική στρώση στις στέγες

Η θερμοπροστατευτική λειτουργία της στέγης που καλύπτει κατοικήσιμους είναι αναγκαία για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής διαμονής και άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, για την προστασία του συνολικού δομικού στοιχείου και των επιμέρους στρώσεων που τη συνθέτουν από βλάβες που μπορεί να προκαλέσουν οι θερμοκρασιακές μεταβολές καθώς και για την εξοικονόμηση ενέργειας, κυρίως με περιορισμό του μεγέθους και του κόστους λειτουργίας των εγκαταστάσεων θέρμανσης. Συνεπώς, η θερμομονωτική στρώση είναι απαραίτητη για τις θερμοπροστατευτικές ιδιότητες της στέγης. [63]

Η θερμομονωτική στρώση σε στέγες κατασκευασμένες από φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να τοποθετείται είτε πάνω από την πλάκα (εξωτερική θερμομόνωση) είτε κάτω από αυτήν (εσωτερική). Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης δεν επηρεάζει θεωρητικά τη θερμομονωτική αξία του υλικού, επηρεάζει όμως την παρεχόμενη μορφή θερμότητας. Η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού πάνω από τη φέρουσα πλάκα επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της πλάκα. [50] Αναλυτικότερα η επίδραση της θέσης της θερμομονωτικής στρώσης στην οροφή και τα κριτήρια επιλογής της περιγράφονται στην ενότητα 9.5.3.

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης, πάνω από το μονωτικό υλικό μπορεί να βρίσκεται η στεγανοποιητική στρώση (συμβατικού τύπου στέγη) η οποία προστατεύει τόσο το μονωτικό υλικό όσο και την υποκείμενη κατασκευή από τα νερά της βροχής. Εναλλακτικά, η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να βρίσκεται

κάτω από τη θερμομονωτική (αντεστραμμένου τύπου στέγη). [50] Αντίστοιχα, συμβατικές και αντεστραμμένες στέγες με εξωτερική θερμομόνωση μπορούν να κατασκευάζονται με μία στρώση αεριζόμενου διακένου ή και χωρίς διάκενο αερισμού. Όταν η στέγη είναι αεριζόμενη με δύο ζώνες αερισμού δεν τοποθετείται κάποια στεγανοποιητική μεμβράνη με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Η χρήση όμως του διαφράγματος στις στέγες αυτές, πέρα από τις άλλες λειτουργίες του, προστατεύει και την υποκείμενη κατασκευή από τα νερά της βροχής. [70] Ανάλογα με τις απαιτήσεις, φράγμα υδρατμών μπορεί να προστίθεται κάτω από τη θερμομονωτική στρώση από τη θερμή της πλευρά, τόσο στις συμβατικές (αεριζόμενες ή μη), όσο και στις αεριζόμενες στέγες δύο ζωνών καθώς και στις στέγες με εσωτερική θερμομόνωση. [50,70]

Οι ξύλινες στέγες παρουσιάζουν τέσσερις διαφορετικές πιθανές θέσεις για την τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού. Το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται εξωτερικά του φέροντα οργανισμού, δηλαδή να τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες, είτε εσωτερικά του φέροντα οργανισμού δηλαδή να τοποθετείται ανάμεσα από τους αμείβοντες ή ανάμεσα και κάτω από αυτούς ή και μόνο κάτω από αυτούς. [50,63] Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες τότε αυτή προστατεύει τη φέρουσα κατασκευή από τις εξωτερικές θερμικές επιβαρύνσεις ή διακυμάνσεις και την αφήνει ορατή στον εσωτερικό χώρο. Όταν η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται ανάμεσα στους αμείβοντες, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη διατήρηση της μόνιμης επαφής ανάμεσα στο θερμομονωτικό υλικό και στους αμείβοντες ώστε να μειώνεται η επιφάνεια που λειτουργεί ως θερμογέφυρα. Στην περίπτωση, που το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα και κάτω από τους αμείβοντες, η διατομή έχει βελτιωμένη θερμομονωτική και ηχομονωτική συμπεριφορά ενώ μειώνεται η λειτουργία των αμειβόντων ως θερμογεφύρων. Επιπλέον, η τοποθέτηση μέρους μόνο του μονωτικού υλικού ανάμεσα στους αμείβοντες, αφήνει μεγαλύτερο διαθέσιμο ύψος για τη στρώση εξαερισμού και επιτρέπει ταχύτερη απομάκρυνση των υδρατμών. Τέλος, όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται κάτω από τους αμείβοντες δεν εμφανίζονται θερμογέφυρες στις περιοχές των αμειβόντων καθώς το μονωτικό υλικό αποτελεί ενιαία στρώση στη διατομή της στέγης. Επιπλέον, ενώ μειώνεται το ελεύθερο ύψος του θερμαινόμενου χώρου, από την άλλη μένει ελεύθερο όλο το ύψος των αμειβόντων για τη δημιουργία της στρώσης εξαερισμού. [63]

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης, πάνω από το μονωτικό υλικό μπορεί να βρίσκεται η στεγανοποιητική στρώση (συμβατικού τύπου στέγη) η οποία προστατεύει τόσο το μονωτικό υλικό όσο και την υποκείμενη κατασκευή από τα νερά της βροχής. Εναλλακτικά, η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να βρίσκεται κάτω από τη θερμομονωτική (αντεστραμμένου τύπου στέγη). [50] Στην περίπτωση της αεριζόμενης στέγης με δύο ζώνες αερισμού δεν τοποθετείται κάποια στεγανοποιητική μεμβράνη με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Η χρήση όμως του διαφράγματος στις στέγες αυτές, πέρα από τις άλλες λειτουργίες του, προστατεύει και την υποκείμενη κατασκευή από τα νερά της βροχής. [70] Επιπλέον, μπορούν να κατασκευάζονται αεριζόμενες στέγες με μία ζώνη αερισμού όπου το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω ή ανάμεσα από τους αμείβοντες και προστατεύεται από την υπερκείμενη στεγανοποιητική στρώση (συμβατικού τύπου στέγη). [70] Αντίστοιχα, μπορεί να κατασκευάζονται αεριζόμενες στέγες με μία ζώνη αερισμού όπου το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες και η στεγανοποιητική στρώση κάτω από αυτό (αντεστραμμένου τύπου στέγη). [28] Ανάλογα με τις απαιτήσεις φράγμα υδρατμών μπορεί να προστίθεται κάτω από τη θερμομονωτική στρώση από τη θερμή της πλευρά, τόσο στις συμβατικές (αεριζόμενες ή μη), όσο και στις αεριζόμενες στέγες δύο ζωνών καθώς και στις στέγες με εσωτερική θερμομόνωση. [50,70]

Η επιλογή του κατάλληλου θερμομονωτικού υλικού μπορεί να γίνει βάσει της θερμομονωτικής του ικανότητας, που εξαρτάται από το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού, σε συνδυασμό με άλλα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει το κάθε υλικό όπως η συμπεριφορά του στην υγρασία, η αντοχή του στη φωτιά, η προσβολή του από οργανικούς και άλλους διαλύτες, η μηχανική του αντοχή, η ευκολία εφαρμογής του, η προσβολή του από έντομα, πτηνά, τρωκτικά καθώς και από το κόστος αγοράς και τοποθέτησης του. [50] Η επιλογή του κατάλληλου υλικού επιπλέον εξαρτάται και από τον τύπο της στέγης που πρόκειται να κατασκευαστεί δηλαδή από το αν πρόκειται για ξύλινη ή μεπετονένια, με εσωτερική ή εξωτερική θερμομόνωση και από το αν είναι συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου.

Όσον αφορά τις στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, ως μονωτικά υλικά, τόσο σε συμβατικές στέγες (αεριζόμενες ή μη) με εξωτερική θερμομόνωση όσο και σε αεριζόμενες στέγες με εξωτερική θερμομόνωση, μπορούν να χρησιμοποιούνται υλικά όπως ινώδη ανόργανα (υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας υπό μορφή πλακών ή παπλωμάτων), πλάκες διογκωμένου φελλού, διογκωμένου γυαλιού,

πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης καθώς και θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα. [16,28,39,60,61,66,70,74] Αντίθετα, ως μονωτικά υλικά σε αντεστραμμένες στέγες με εξωτερική θερμομόνωση, μπορούν να χρησιμοποιούνται υλικά που δεν προσβάλλονται από την υγρασία όπως αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη κ.α. [39,50,60] Στην περίπτωση, της εσωτερικής θερμομόνωσης προτιμώνται συνήθως ινώδη οργανικά ή ανόργανα υλικά (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, πλάκες φυτικών ινών, ξυλόμαλλο, σαντουιτς ξυλόμαλλου-διογκωμένης πολυστερίνης, κτλ.) ή αφρώδη υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη κτλ.). [50]

Όσον αφορά τις ξύλινες στέγες, ως μονωτικά υλικά, τόσο σε συμβατικές στέγες (αεριζόμενες ή μη) με εξωτερική θερμομόνωση όσο και σε αεριζόμενες στέγες με θερμομόνωση πάνω ή ανάμεσα από τους αμείβοντες, μπορούν να χρησιμοποιούνται υλικά όπως ινώδη ανόργανα (υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας υπό μορφή πλακών ή παπλωμάτων), πλάκες διογκωμένου φελλού, διογκωμένου γυαλιού, πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, καθώς και διογκωμένης πολυστερίνης. [39,60,61,70,74] Αντίθετα, ως μονωτικά υλικά σε αντεστραμμένες στέγες με εξωτερική θερμομόνωση, μπορούν να χρησιμοποιούνται υλικά που δεν προσβάλλονται από την υγρασία όπως αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη κ.α. [39,50,60] Στην περίπτωση, της εσωτερικής θερμομόνωσης προτιμώνται υλικά όπως και στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης στέγης με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Ειδικότερα, όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες είτε σε αεριζόμενες είτε σε μη αεριζόμενες στέγες, υλικά μορφής παπλωμάτων (όπως υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας κτλ.) είναι περισσότερο κατάλληλα από σκληρές θερμομονωτικές πλάκες διότι μπορούν να διατηρούν την επαφή με τους αμείβοντες, ακόμη και στην περίπτωση μικρομεταβολών στις διαστάσεις των ξύλινων στοιχείων (π.χ. λόγω στεγνώματος). [63]

Τόσο στην περίπτωση ξύλινης στέγης όπου η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται επάνω από τους αμείβοντες όσο και στην περίπτωση μπετονιένας στέγης όπου το θερμομονωτικό υλικό βρίσκεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα, η τοποθέτηση σκληρών θερμομονωτικών πλακών, με διαμορφωμένες σε τόρμους ή αγκυρώσεις επιφάνειες επαφής πλεονεκτεί από τα υλικά τύπου υαλοβάμβακα, διότι δεν απαιτείται πρόσθετη υποκατασκευή στήριξης. [63]

Το πάχος του θερμομονωτικού υλικού και ο συντελεστής θερμικής του αγωγιμότητας αποτελούν σημαντικές παράμετροι για τον προσδιορισμό της θερμικής συμπεριφοράς του δομικού στοιχείου, καθώς μεταβολές των δύο αυτών χαρακτηριστικών του μονωτικού υλικού μπορεί να μεταβάλλει σημαντικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, ο οποίος αποτελεί ένδειξη για τις δυνατότητες του στοιχείου να λειτουργήσει θερμοπροστατευτικά σε χρονικά σταθερές συνθήκες (στάσιμη κατάσταση). [63] Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, λοιπόν, της θερμομονωτικής στρώσης μπορούν να επιλέγονται βάσει της επιδιωκόμενης θερμομονωτικής προστασίας του δομικού στοιχείου. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να καθορίζονται και από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο ΚΕνΑΚ για τις οροφές. Σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U μιας στέγης για τις κλιματικές ζώνες Α, Β, Γ και Δ ορίζεται στις τιμές 0,5, 0,45, 0,4, 0,35W/m²K αντίστοιχα. [10] Συνεπώς, για παράδειγμα, το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού μπορεί να καθορίζεται από υπολογισμό για την ικανοποίηση των παραπάνω ορίων που θέτει ο ΚΕνΑΚ. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι για σταθερά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης παρατηρούνται, όπως αναμενόταν, διαφορές στον συντελεστή θερμοπερατότητας διαφορετικών κεκλιμένων στεγών, λόγω της διαφορετικής τους σύνθεσης.

Όσον αφορά στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, με διαφορετική σύνθεση διατομής αλλά με ίδια χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους παρουσιάζει διαφορετικές τιμές λόγω της διαφορετικότητας των υπολοίπων στρώσεων, δηλαδή λόγω του πλήθους και του είδους των στρώσεων, του πάχους της κάθε στρώσης, του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της στρώσης καθώς και λόγω του τρόπου στήριξης της θερμομονωτικής στρώσης και του τύπου της στέγης (αεριζόμενη ή μη). Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι στις στέγες αυτές το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια ή και απευθείας πάνω στην πλάκα. Γενικά, οι στέγες δύνανται να παρουσιάζουν διατομές με διαφορετική σύνθεση και συνεπώς με διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Ιδιαίτερα όμως, στο επίπεδο της θερμομονωτικής στρώσης, η αναλογία του μονωτικού υλικού προς την συνολική επιφάνεια παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης.

Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3 αναφέρονται ενδεικτικά οι κλιματικές ζώνες που μπορεί να γίνουν δεκτές, στέγες για διάφορα πάχη θερμομόνωσης και για 2 διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας, στις οποίες το κάθε στρώμα υλικού είναι ενιαίο και ομοιόμορφο, ενώ ως μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται σκληρές πλάκες που τοποθετούνται απευθείας πάνω στην φέρουσα πλάκα:

- Στέγες συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου με εξωτερική θερμομόνωση ή και στέγες συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου με εξωτερική θερμομόνωση με μία ζώνη αερισμού, οι οποίες αποτελούνται από θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,034W/mK, μπορεί να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις για την κλιματική ζώνη Α.
- Στέγη συμβατικού τύπου με εξωτερική θερμομόνωση η οποία αποτελείται από θερμομονωτικό υλικό πάχους 7cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,034W/mK, μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για την κλιματική ζώνη Β.
- Στέγη με εξωτερική θερμομόνωση όπου ως θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 16cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,067W/mK, μπορεί να γίνει δεκτή στην κλιματική ζώνη Γ. Στέγες με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 14cm ή 16cm με συντελεστή λ 0,065W/mK μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις θερμομόνωσης για τις κλιματικές ζώνες Β και Γ αντίστοιχα.

Όσον αφορά τις ξύλινες στέγες, αυτές ανήκουν στα σύνθετα δομικά [11] στοιχεία, καθώς ο φέρων οργανισμός τους κατασκευάζεται από αμείβοντες και η θερμομονωτική στρώση δύναται να τοποθετηθεί όπως έχει ήδη αναφερθεί πάνω από αυτούς, ανάμεσα από αυτούς, ανάμεσα και κάτω από αυτούς ή μόνο κάτω από αυτούς. Επομένως, η στέγη αποτελείται από διατομές με διαφορετική σύνθεση και έτσι με διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, οι απαιτήσεις για επαρκή θερμομόνωση της στέγης για την κλιματική ζώνη Α ικανοποιούνται εφόσον ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου δεν υπερβαίνει την τιμή 0,50W/m²K. [10] Για ξύλινη αεριζόμενη στέγη με θερμομονωτική στρώση ανάμεσα στους αμείβοντες, η απαίτηση αυτή καλύπτεται με την τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού πάχους 9cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,04$ W/mK και με αναλογία επιφάνειας των αμειβόντων προς τη συνολική ίση με 20%. Με μείωση του ποσοστού επιφάνειας των αμειβόντων, που αποτελούν ουσιαστικά θερμογέφυρες, σε 10%, η απαίτηση του κανονισμού καλύπτεται με πάχος μόνωσης 8cm και για τον ίδιο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού. [63]

6.3.9 Η τελική επικάλυψη της στέγης

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στην τελική στρώση της στέγης, έχουν σχεδόν αποκλειστικά λειτουργίες απλής απορροής. Σε κάθε περίπτωση όμως, τα υλικά αυτά είναι απαραίτητο να αντέχουν σε έντονες υγρασιακές επιβαρύνσεις και θερμοκρασιακές μεταβολές και διακυμάνσεις, χωρίς να υφίστανται μηχανικές φθορές και αισθητικές αλλοιώσεις. [63]

Τα κριτήρια, με τα οποία θα πρέπει να γίνεται η επιλογή των υλικών της επικάλυψης της στέγης, είναι κυρίως:[63]

✓ Κλιματικά και περιβαλλοντικά

Οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και ιδιαίτερα τα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων και των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή καθώς και ο βαθμός έκθεσης του κτιρίου στις διάφορες καιρικές και περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, αποτελούν ουσιαστικά κριτήρια επιλογής του υλικού επιστέγασης. Σε αστικό ή βιομηχανικό περιβάλλον με έντονη ρύπανση της ατμόσφαιρας χρειάζεται επιπλέον να ληφθεί υπόψη η πιθανή αισθητική αλλοίωση και η υποβάθμιση του υλικού που προκαλείται στη διάρκεια του χρόνου από τις δυσμενείς επιδράσεις.

✓ Αισθητικά

Τα υλικά επικάλυψης της στέγης πρέπει να προσαρμόζονται στην αρχιτεκτονική του κτιρίου και να εναρμονίζονται τόσο με τα χαρακτηριστικά των γειτονικών κτιρίων, όσο και με τα ιδιαίτερα γνωρίσματα του περιβάλλοντος.

✓ Οικονομικά

Στο συνολικό κόστος της στέγης θα πρέπει, σύμφωνα με τη σύγχρονη θεώρηση του κόστους των κατασκευών (θεώρηση κύκλου ζωής) να συνυπολογίζονται οι αρχικές δαπάνες για τα υλικά, το κόστος εργασίας και συντήρησης της κατασκευής καθώς και το κόστος αντικατάστασης υλικών μετά το πέρας της διάρκειας ζωής τους.

✓ Λειτουργικά και τεχνικά

Η κλίση της στέγης καθορίζει και τα υλικά επιστέγασης, και το αντίστροφο. Τα μεγάλα στοιχεία επικάλυψης επιλέγονται για μικρότερες κλίσεις σε σύγκριση με τα μικρά στοιχεία, τα οποία με τον κατάλληλο τρόπο εφαρμογής προσφέρουν δυνατότητες προσαρμογής σε κάθε κλίση. Γενικά, η κλίση των επιπέδων της στέγης πρέπει κατά κανόνα να είναι σταθερή σε όλη της την επιφάνεια. Σημαντικός, επίσης παράγοντας για τον καθορισμό της κλίσης της στέγης είναι και οι τοπικές κλιματικές συνθήκες. Αυτό επιβάλλει να δίνεται μεγαλύτερη κλίση σε περιοχές που παρατηρείται συχνή χιονόπτωση, ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση χιονιού, που θα μπορούσε να προκαλέσει υπερφόρτωση της στέγης. Για τις συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας οι στέγες κατασκευάζονται με κλίση 15-50%. Άλλα τεχνικά κριτήρια για την επιλογή της τελικής επικάλυψης είναι τα υλικά και η κατασκευαστική δομή του φέροντα οργανισμού, τα ευαίσθητα σημεία της κατασκευής, οι τεχνικές και ο εξοπλισμός που απαιτείται και οι δυνατότητες εκ των υστέρων βελτιωτικών ή επισκευαστικών επεμβάσεων. [63]

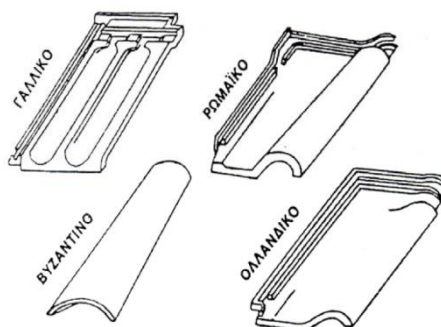
Για την τελική επικάλυψη της στέγης μπορούν να χρησιμοποιηθούν κεραμίδια διαφόρων τύπων όπως αργιλικά, ασφαλτικά, πλαστικά και διαφανή, σχιστόπλακες, μεταλλικά φύλλα καθώς και στεγανοποιητικά υλικά. Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα κυριότερα χαρακτηριστικά των υλικών αυτών.

• Η στεγανοποιητική στρώση

Η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να αποτελέσει την τελική επικάλυψη της κατασκευής στην περίπτωση στεγών με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Η στεγανοποιητική στρώση θα πρέπει να αποτελείται από υλικά που αντέχουν στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. [50] Μπορεί να εφαρμόζεται σε στέγες με κλίση 4°-50°, συνηθέστερα όμως συναντάται σε στέγες με κλίση 6°-12°. [63] Η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να βρίσκεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση είτε πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης. [16,66]

• Αργιλικά κεραμίδια

Τα αργιλικά κεραμίδια αποτελούν ένα παραδοσιακό και καλαίσθητο υλικό επικάλυψης στεγών. Είναι αδιαπέραστα από το νερό, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν δυνατότητα διαπνοής, είναι άκαυστα και παρουσιάζουν ικανοποιητική θερμοχωρητικότητα. Τα αργιλικά κεραμίδια διακρίνονται σε τέσσερις κυρίως τύπους, ανάλογα με το σχήμα τους, στα πτυχωτά και κυματοειδή (γαλλικά, ολλανδικά) κεραμίδια, στα κοίλα (βυζαντινά) κεραμίδια, στα ρωμαϊκά και στα επίπεδα κεραμίδια. [63] Για την παρασκευή τους ο πηλός απλώνεται σε φύλλα με πάχος 1cm, τα οποία τοποθετούνται στα κατάλληλα καλούπια. Ακολουθεί η ξήρανση και μετά υποβάλλονται σε όπτηση. [45] Ωστόσο, κεραμίδια συναντούνται και σε πάχη 1,5cm και 2cm ανάλογα με τον τύπο τους και τους κατασκευαστές. [16,23,31,39]



Σχήμα 6.9: Βασικοί τύποι κεραμιδιών [45]

Η εφαρμογή κεραμιδιών απαιτεί κλίσεις μεγαλύτερες των 18°. Εφόσον, για την επικάλυψη χρησιμοποιηθούν κοίλα κεραμίδια, η κλίση πρέπει να μην υπερβαίνει το 35%, διότι η μεγαλύτερη δημιουργεί κίνδυνο ολίσθησης των κεραμιδιών. Για γαλλικά η κλίση μπορεί να είναι μεγαλύτερη, λόγω της δυνατότητας τους να προσδένονται στις τεγίδες. Πιο συγκεκριμένα, τα γαλλικά κεραμίδια μπορούν να εφαρμόζονται σε στέγες με κλίση 18°-50°, ενώ συνηθέστερα συναντώνται σε στέγες με κλίσεις 22°-45°. Βυζαντινά, ρωμαϊκά και πλακοειδή

κεραμίδια μπορούν να εφαρμόζονται σε στέγες με κλίση 35°-60°, ενώ συνηθέστερα συναντώνται σε στέγες με κλίση 45°. [63]

Τα κεραμίδια ανάλογα με τον τύπο και τη μορφή τους μπορούν να τοποθετούνται πάνω στην κατασκευή με διάφορους τρόπους. Μπορούν να στερεώνονται πάνω σε οριζόντιους ή κατακόρυφους ξύλινους πήχεις, μπορούν επίσης να στερεώνονται πάνω σε ένα συνεχές ξύλινο υπόβαθρο το οποίο μπορεί να αποτελείται παράλληλες σανίδες είτε από μεγάλα φύλλα (πλάκες, πετάσματα). [50,63] Όταν ο τύπος του κεραμιδιού και τα υπόλοιπα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά το επιτρέπουν, τότε τα κεραμίδια μπορούν να τοποθετούνται απευθείας πάνω στη θερμομονωτική στρώση (αντεστραμμένη στέγη) ή και πάνω στη στεγανοποιητική στρώση η οποία βρίσκεται πάνω από το μονωτικό υλικό (συμβατική στέγη). [16,23,31,39] Ένας άλλος τρόπος τοποθέτησης των κεραμιδιών επιτυγχάνεται με τη χρήση συνδετικού κονιάματος. Ως συνδετικό κονίαμα επιλέγεται το τσιμεντοκονίαμα ή και το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα και χρησιμεύει ως καλή έδραση των κεραμιδιών. Το κονίαμα μπορεί να διαστρώνεται πάνω στο μονωτικό υλικό (αντεστραμμένη στέγη) είτε και πάνω από ένα ξύλινο υπόστρωμα (πέτωμα) το οποίο βρίσκεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση. [29,39,63] Επίσης, η χρήση τσιμεντοκονιάματος για την τοποθέτηση των κεραμιδιών βρίσκει εφαρμογή και σε στέγες σκυροδέματος όπου πάνω από την πλάκα διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα και στη συνέχεια εφαρμόζεται το τσιμεντοκονίαμα. [16] Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης είναι απαραίτητη η τοποθέτηση των κεραμιδιών πάνω σε ξύλινους πήχεις για τη δημιουργία και την κατασκευή του απαραίτητου διακένου αερισμού. [28,39,63]

- Ασφαλτικά κεραμίδια

Πρόκειται για ελαφρά, ανθεκτικά, σύνθετα στοιχεία μικρού πάχους, με στεγανοποιητικές ιδιότητες, που η εφαρμογή τους έχει αρχίσει να διαδίδεται τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Στην σύνθεση τους συμμετέχουν ασφαλτικά και ανόργανα αδρανή υλικά, συνήθως ασβεστολιθικά και πυριτικά αδρανή που ενισχύονται με οπλισμό από λεπτό πλέγμα υαλοϊνών. Καλύπτονται στην άνω επιφάνεια τους με στρώση προστασίας από λεπτά ανόργανα αδρανή ή φυλλίδια φυσικής πέτρας, έτσι ώστε να προστατεύεται η άνω επιφάνεια από την υγρασία, τις υπεριώδεις ακτίνες και τις μηχανικές καταπονήσεις. Η ασφαλτική μάζα τα καθιστά αδιαπέραστα από στο νερό και δεν κινδυνεύουν να παραμορφωθούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνηθισμένη επιλογή αποτελούν οι κεραμικοί κόκκοι σε διάφορα χρώματα, που έχουν υποστεί επεξεργασία εφυάλωσης με όπτηση σε φούρνο. Η κάτω επιφάνεια τους επενδύεται και αυτή με προστατευτική στρώση. Η εφαρμογή τους γίνεται σε στέγες κλίσης μεγαλύτερης από 20%, με κάρφωμα και επικόλληση σε συνεχές υπόβαθρο από σανίδωμα (πέτωμα) ή πέτασμα. Σε επιφάνειες με κλίσεις από 30% έως και κατακόρυφες, τα ασφαλτικά κεραμίδια συρράπτονται στο πέτωμα και στερεώνονται με ειδικούς χαλύβδινους δεσμούς. Κατασκευάζονται σε ποικιλία διαστάσεων με μέσο πάχος συνήθως 3,5cm. [63]

- Τα πλαστικά κεραμίδια

Τα πλαστικά (πολυμερικά) κεραμίδια αποτελούν την πλέον σύγχρονη λύση για την κατασκευή παραδοσιακών κεραμοσκεπών σε κτίρια. Κατασκευάζονται από συμπολυμερές πολυπροπυλένιο. Το πολυπροπυλένιο είναι ένα θερμοπλαστικό υλικό που έχει απεριόριστη αντοχή σε κρούση (πρακτικά άθραυστο) και διατηρεί την πλαστικότητα και την συνοχή του σε ακραίες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (-40°C έως 80°C). Παράγονται σε μορφή διπλού ρωμαϊκού τεμαχίου προσφέρουν επομένως διπλάσια επικαλυπτικότητα σε σύγκριση με τα κλασικά πήλινα κεραμίδια, ενώ έχουν μόνο το 1/10 του βάρους των ισοδύναμων πήλινων κεραμιδιών ρωμαϊκού τύπου, με αποτέλεσμα την εξαιρετικά εύκολη και χωρίς βαριά μηχανήματα μεταφορά και ανέλκυσή τους, την δυνατότητα τοποθέτησης σε στέγες μεγάλης κλίσης και την μεγάλη δομοστατική ελάφρυνση της οικοδομής για καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά. Δεν αποφλοιώνονται και προσφέρουν απόλυτη αντοχή σε ηλιακή ακτινοβολία, σε παγετό και σε θραύση από κρούση καθώς και σε εναλλασσόμενες ακραίες θερμοκρασιακές διαστολές και συστολές που προκαλούνται από γρήγορες εναλλαγές θερμοκρασίας περιβάλλοντος (ιδίως κατά τον χειμώνα). Είναι ανακυκλώσιμα και το αντιαναφλεκτικό υλικό κατασκευής των πολυμερικών κεραμιδιών δεν συντηρεί την φλόγα. Τα πλαστικά κεραμίδια έχουν καλή θερμομονωτική ικανότητα έως και 6 φορές καλύτερη από εκείνη των πήλινων κεραμιδιών, προσφέρουν υγραμόνωση και στεγανότητα, συμβάλλουν στην ηχομόνωση της κατασκευής και παρουσιάζουν αντοχή στη χημική διάβρωση, όταν έρθουν σε επαφή για παράδειγμα με φαινόμενα όξινης βροχής και με αέριους ρύπους σε χαμηλά ατμοσφαιρικά στρώματα, που συναντώνται σε πυκνό αστικό ή βιομηχανικό περιβάλλον. Τα πολυμερικά κεραμίδια και τα σχετικά ειδικά τεμάχια, συναρμολογούνται ταχύτατα

μεταξύ τους και στερεώνονται ακλόνητα, με κοινές νοβοπανόβιδες, πάνω σε μικρού πάχους ξύλινες δοκούς, ενώ δεν απαιτούν βαριές εσωτερικές επιστρώσεις συνδετικής τσιμεντοκονίας, ούτε θερμουγραμόνωσης (π.χ. ασφαλτόπανα, πολυουρεθάνες κ.λ.π). [75]

- Διαφανή κεραμίδια

Διαφανή κεραμίδια από γυαλί διατίθενται στην αγορά ως ειδικά τεμάχια ορισμένων 'συστημάτων' επικαλύψεων μεγάλων εταιριών του κλάδου των συμβατικών κεραμιδιών, με τα χαρακτηριστικά των τυπικών αργιλικών κεραμιδιών. Τοποθετούνται με τρόπο ανάλογο με τα συμβατικά κεραμίδια σε σχετικά περιορισμένες επιφάνειες της επικάλυψης. Επίσης, παράγονται και διαφανή συνθετικά κεραμίδια που χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος, αντοχή στην υπερθέρμανση και στον παγετό, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και εξαιρετική συναρμογή. Τα περισσότερο συνηθισμένα συνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις επιστεγάσεις είναι πολυεστερικά, μεθακρυλικά, πολυμεθακρυλικά και πολυκαρβονικά επίπεδα ή αυλακωτά φύλλα, με πλήρη ή κυσλωτή διατομή. Τα διαφανή και ημιδιαφανή υλικά επικάλυψης επιτρέπουν τον φυσικό φωτισμό των καλυπτόμενων από τη στέγη χώρων και εκφράζουν μια σύγχρονη φιλοσοφία αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Η κατασκευή μιας διαφανής επιστέγασης, ολικής ή μερικής, για ένα κτίριο είναι γενικά σημαντικά ακριβότερη από μία συμβατική στέγη, θεωρείται όμως ότι ως στοιχείου του παθητικού σχεδιασμού μπορεί να προσφέρει σημαντικά ενεργειακά πλεονεκτήματα. Σημαντικά βελτιωμένες ιδιότητες προσφέρουν τα διαφανή συνθετικά υλικά προηγμένης τεχνολογίας, τα οποία είναι πρακτικά άθραυστα, ηχομονωτικά, θερμομονωτικά, δεν επιτρέπουν την εξάπλωση της φωτιάς και ειδική επίστρωση τους δεν επιτρέπει την επικάθιση σκόνης στις επιφάνειες τους. Ανάλογες είναι και οι βελτιώσεις με ειδικές επιστρώσεις ή κατάλληλη επεξεργασία, που προσφέρουν και τα στοιχεία από γυαλί προηγμένης τεχνολογίας που εφαρμόζονται στις επικαλύψεις στεγών. [63]

- Πλάκες από σχιστόλιθο (σχιστόπλακες)

Οι σχιστόπλακες αποτελούσαν στο παρελθόν το πιο συνηθισμένο υλικό επιστέγασης στα ορεινά χωριά της Ελλάδας. Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως στο Πήλιο και σε μερικά χωριά της Ηπείρου, της Μακεδονίας και της Θράκης, με διάφορα μεγέθη, πάχη υλικών και τρόπους τοποθέτησης των πλακών που δίνουν στις στέγες την ιδιαίτερη μορφολογία και αισθητική της κάθε περιοχής. Η επιδίωξη μεγάλων κλίσεων για τη γρήγορη απομάκρυνση των νερών της βροχής και του χιονιού από τις στέγες επέβαλαν τη βαριά επικάλυψη με πλάκες από σχιστόλιθο, που εφαρμόστηκαν σε πλήθος κατασκευών ως φυσικό υλικό, μετά από περιορισμένη επεξεργασία με απλά εργαλεία και με το χέρι του τεχνίτη.

Οι διαστάσεις των πλακών ποικίλλουν, συνήθως από 50cm*40cm έως 20cm*15cm και συσχετίζονται με το μέγεθος της επιφάνειας και την κλίση της στέγης. Συνήθως τοποθετούνται μεγαλύτερες πλάκες στην περίμετρο της στέγης και πλάκες ισιωμένου πλάτους προς την κορυφή. Το ύψος των πλακών της ίδιας στέγης πρέπει να είναι περίπου σταθερό, ενώ η ποικιλία του πλάτους δίνει στη στέγη μια ακαλαίσθητη φυσική εμφάνιση. Οι πλάκες πρέπει να είναι γενικά λεπτές και με επίπεδη κάτω επιφάνεια για καλή έδραση. Τοποθετούνται με την παρεμβολή πετσώματος ή χωρίς αυτό και μπορεί να στηρίζονται σε τεγίδες. Εφαρμόζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε κάθε σημείο το πάχος της επικάλυψης να ισούται με τρία πάχη πλακών. [63]

- Μεταλλικά φύλλα

Τα επίπεδα και αυλακωτά μεταλλικά φύλλα εφαρμόζονται σε ελαφρές επικαλύψεις για στέγες με κλίση μεγαλύτερη από 5%. Γενικά καθοριστικό ρόλο σε όλες τις επιστεγάσεις με μεταλλικά φύλλα παίζει η εξασφάλιση της υδατοστεγανότητας που πραγματοποιείται με αλληλοεπικάλυψη των στοιχείων και εφαρμογή στεγανοποιητικών ταινιών, καθώς και η αποφυγή επαφής μεταξύ ασύμβατων μετάλλων. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται συνήθως χαλυβδολαμαρίνες και η εφαρμογή τους περιορίζεται στην επιστέγαση βιομηχανικών κτιρίων και σε αγροτικές ορεινές κατοικίες. Οι χαλυβδολαμαρίνες μπορεί να έχουν τη μορφή απλών επιπέδων ή καμπύλων πλακών ή αυλακωτών, πτυχωτών ή ειδικών ανάγλυφων φύλλων. Στερεώνονται με μηχανικούς συνδέσμους σε σκελετό από σκυρόδεμα, χάλυβα ή ξύλο, άμεσα ή με την παρεμβολή σανιδώματος καθώς και πάνω από τη θερμομονωτική στρώση. [63]

- Ηλιακά κεραμίδια

Τα ηλιακά κεραμίδια αποτελούν ένα καινοτόμο υλικό το οποίο παράγεται με την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών κυψελών σε κεραμίδια και προορίζεται για χρήση σε στέγες. Πρόκειται για μια τρισδιάστατη ηλιακή τεχνολογία κυψελών η οποία μεγιστοποιεί τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μέγιστη απόδοση που εξασφαλίζουν οι τρισδιάστατες ηλιακές κυψέλες είναι ιδανική για τον περιορισμένο χώρο της τάρτας. Επιπλέον, επειδή το κεραμίδι τοποθετείται σε σταθερό προσανατολισμό και η γωνία του φωτός που απορροφάται μεταβάλλεται συνεχώς, μειώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της μετατροπής του ηλιακού φωτός από τις συμβατικές ηλιακές κυψέλες. Έτσι, νέες μελέτες που αφορούν τις γωνίες των κυψελών στοχεύουν στο να μειώσουν δραστικά την απώλεια της αποδοτικότητας που προκύπτει από την αλλαγή γωνίας του ηλιακού φωτός. [76] Γίνονται, επίσης, μελέτες σχετικά με τα οικονομικά οφέλη της ενσωμάτωσης κυψελών σε κεραμίδια για στέγες καθώς και σχετικά με τον τρόπο που η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οικιακή χρήση. [77] Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια καθώς έχουν την ίδια μορφή με τα συμβατικά κεραμίδια μπορούν να τοποθετούνται χωρίς να χαλάνε την ομοιομορφία της κεραμοσκεπής. Το μόνο πρόβλημα είναι το χρώμα τους καθώς περιορίζονται σε αποχρώσεις του μαύρου και του μπλε για καλύτερη απόδοση. Η εγκατάστασή τους είναι μια πολύ απλή διαδικασία και δεν διαφέρει ιδιαίτερα από μια εγκατάσταση απλών κεραμιδιών. Μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε στέγη συνδυάζοντας την παραγωγή ενέργειας με ένα πολύ ενδιαφέρον αισθητικό αποτέλεσμα, που μπορεί να εφαρμοστεί σε παραδοσιακά κτίρια. [78]



Σχήμα 4.10: Ενσωμάτωση ηλιακών κεραμιδιών σε στέγη [77]

6.4 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μεταλλικής οροφής

Οι μεταλλικές οροφές κατασκευάζονται με βάση ένα μεταλλικό σκελετό (μεταλλικές δοκούς) πάνω στον οποίο μπορεί να στερεώνεται μια τραπεζοειδής, κυματοειδής ή επίπεδη χαλυβδολαμαρίνα και θεωρούνται ελαφρές κατασκευές. [16,79] Συναντώνται, τουλάχιστον στη χώρα μας, σε πολύ περιορισμένη έκταση και προτιμώνται σε βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες, υπόστεγα, αγροτικές ορεινές κατοικίες, σε λυόμενες κατασκευές και γενικώς σε κτίρια ειδικών χρήσεων. [50]

Οι οροφές αυτές μπορούν να κατασκευάζονται τόσο οριζόντιες (μεταλλικά δώματα) όσο και κεκλιμένες (μεταλλικές στέγες) με την κατάλληλη διαμόρφωση του σκελετού. [79] Στην περίπτωση των μεταλλικών δωμάτων η απαραίτητη διαμόρφωση των κλίσεων μπορεί να επιτυγχάνεται με μια ελαφριά κλίση της μεταλλικής βάσης κατά την τοποθέτηση της έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η απορροή των νερών προς τις υδρορροές. [50]

Στις οροφές με φέρον υπόστρωμα από τραπεζοειδή λαμαρίνα απαιτείται η λαμαρίνα να έχει ελάχιστο πάχος 1mm. Το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από αυτή και στη συνέχεια ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση. [79] Ως μονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλάκες υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα με τις μεγαλύτερες δυνατές πυκνότητες καθώς και πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, διογκωμένης πολυστερίνης και πολυουρεθάνης. [63,79] Η μονωτική επίστρωση πρέπει να παρουσιάζει την απαραίτητη μηχανική αντοχή, ανάλογα με τη βατότητα της κατασκευής. Η απόσταση μεταξύ των δοκών του σκελετού της οροφής, καθώς και η ελαστικότητα της μεταλλικής επικάλυψης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όσον αφορά

στο ελάχιστο πάχος που είναι απαραίτητο να έχουν τα μονωτικά υλικά. Επιπλέον, η στερέωση της μονωτικής επιστρώσεως στη μεταλλική επικάλυψη γίνεται με μηχανικό τρόπο, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος αποκόλλησης από την επίδραση του ανέμου. [63] Πάνω από τη θερμομονωτική στρώση είναι απαραίτητο να ακολουθεί μια συμβατή στεγανοποιητική στρώση, διότι αλλιώς είναι άμεσα εκτεθειμένη στην υγρασία. Σε ορισμένες περιπτώσεις μεταξύ της θερμομονωτικής και της στεγανοποιητικής στρώσης μπορεί να παρεμβάλλεται ένα φύλλο γεφυρώσεως για την καλή συνεργασία των δύο στρώσεων. Επίσης, μεταξύ του μονωτικού υλικού και της τραπεζοειδούς λαμαρίνας μπορεί να τοποθετείται φράγμα υδρατμών όταν ο εσωτερικός κάτω χώρος παρουσιάζει έντονη ή πολύ έντονη υγρασία. Όταν η κλίση της οροφής είναι μικρότερη του 5% τότε πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση μπορεί να διαστρώνεται χαλίκι σε πάχος 3cm ή και άσπλο, χυτό σκυρόδεμα. [79]

Εναλλακτικά, για τη θερμομόνωση μιας μεταλλικής οροφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. Δύναται να εφαρμοσθεί πάνω από επίπεδα ή κυματοειδή φύλλα χαλυβδολαμαρίνας τα οποία στερεώνονται πάνω σε μεταλλικό σκελετό. Το πάχος του μπορεί να καθοριστεί αναλόγως των απαιτήσεων που θέτει ο ΚΕΝΑΚ για τον συντελεστή θερμοπερατότητας των οροφών για τις 4 κλιματικές ζώνες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μεταλλική οροφή με βάση μια επίπεδη χαλυβδολαμαρίνα, πάνω στην οποία διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πάχους 18cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $0,065\text{W/m}^2\text{K}$ μπορεί να ικανοποιεί τις απαιτήσεις που θέτει ο ΚΕΝΑΚ για τον συντελεστή θερμοπερατότητας των οροφών για την κλιματική ζώνη Γ. Πάνω από τη στρώση του ελαφροσκυροδέματος είναι απαραίτητη η τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης. Στην περίπτωση, το οριζόντιων μεταλλικών οροφών, το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα μπορεί να διαστρώνεται έτσι ώστε να διαμορφώνει και την απαραίτητη στρώση των κλίσεων για τα δώματα. [16]

Τέλος, μεταλλικές οροφές μπορούν να κατασκευάζονται και από σύνθετα πετάσματα τύπου σάντουιτς, τα οποία μπορούν να στερεώνονται απευθείας στον μεταλλικό σκελετό. Τα πετάσματα αυτά αποτελούνται από δυο φύλλα μορφοποιημένης ανοξειδωτής λαμαρίνας με ενδιάμεση στρώση αφρού πολυουρεθάνης. Με κατάλληλη προστασία των αρμών μεταξύ των γειτονικών πετασμάτων το εξωτερικό φύλλο της λαμαρίνας λειτουργεί προστατευτικά έναντι της βροχής. [50]

Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο η θερμομονωτική στρώση να εξασφαλίζει στην οροφή την απαραίτητη θερμική προστασία και τη θερμική άνεση στους εσωτερικούς χώρους. Ακόμη, το θερμομονωτικό υλικό δε θα πρέπει να ευνοεί τη μετάδοση της φλόγας και των θερμών ατμών ούτε να παράγει μεγάλη ποσότητα τοξικών αερίων κατά την καύση. Τέλος, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τη στάθμη των θορύβων του εξωτερικού περιβάλλοντος, η θερμομόνωση θα πρέπει να ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις ακουστικής άνεσης για τον εσωτερικό χώρο. [63]

7. Τα δάπεδα

Το δάπεδο, η βάση κάθε χρήσης και δραστηριότητας, αποτελεί το μόνο δομικό στοιχείο σε διαρκή επαφή με τους χρήστες. Οι άλλες επιφάνειες ή κατασκευές αποτελούν όρια του χώρου που υπάρχουν πάντοτε σε σχέση με το δάπεδο. Κατά συνέπεια, το δάπεδο υφίσταται στο μέγιστο όλες τις καταπονήσεις εξαιτίας της χρήσης και της λειτουργίας του χώρου (κινητά και μόνιμα φορτία, τριβή, κύλιση, πτώσεις αντικειμένων-κρούση, ρύπανση, χημικές-διαβρωτικές ουσίες, καθαρισμός), ενώ παράλληλα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της χρήσης (αντοχή στις καταπονήσεις, υγιεινή, αντιολισθητικότητα, διάρκεια, συντήρηση) και των αισθήσεων των χρηστών (αισθητική, αίσθηση ασφάλειας, άνεση, ακουστική, θερμότητα). Διασαφηνίζει τα φυσικά και τα λειτουργικά όρια του χώρου, τη χρήση τους αλλά και τις υποκειμενικές προτιμήσεις ή απαιτήσεις του χρήστη. Με κατάλληλους χειρισμούς μπορεί να επιβάλει συγκεκριμένη συμπεριφορά στους χρήστες. [80]

7.1 Τα είδη των δαπέδων και η σύνθεση της διατομής τους

Το δάπεδο ανάλογα με τη θέση του στο κτίριο σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου διακρίνεται σε τέσσερις βασικούς τύπους. Ένας άλλος παράγοντας που συμβάλλει στην κατηγοριοποίηση και διαχωρισμό των δαπέδων είναι και οι απαιτήσεις θερμομόνωσης αυτών των δομικών στοιχείων. Διακρίνονται, λοιπόν, τα παρακάτω είδη δαπέδων: [28]

- Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)
- Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους
- Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος
- Δάπεδα επί θερμαινόμενου χώρου [28]

Για ποικίλους λογούς (τεχνικούς, οικονομικούς, λειτουργικούς, αισθητικούς) το δάπεδο αποτελεί μια πλήρη ολοκληρωμένη κατασκευή από επάλληλες στρώσεις υλικών με διαφορετικές ιδιότητες καθεμία, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις ως ενιαίο δομικό στοιχείο. [80] Η καθεμία από αυτές λειτουργεί με συγκεκριμένο σκοπό και η σειρά με την οποία αλληλοδιαδέχονται η μια την άλλη, είναι καθοριστική για τον τύπο της κατασκευής και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. [50] Η κύρια στρώση κάθε δαπέδου που συναντάται σε κάθε δάπεδο είναι η φέρουσα κατασκευή.

Οι βασικές στρώσεις που συνθέτουν τη διατομή ενός δαπέδου που βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές) ή πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο (δάπεδα πάνω υπόγειους χώρους), είναι οι εξής: [16,23,29,31,38,50]

- Η στρώση του φέροντα οργανισμού, για την παραλαβή φορτίων που εφαρμόζονται στην επιφάνεια χρήσης.
- Η θερμομονωτική στρώση που προσφέρει θερμική προστασία στη κατασκευή και μπορεί να τοποθετείται πάνω από το φέροντα οργανισμό ή κάτω από αυτόν
- Ένα προστατευτικό φύλλο της θερμομονωτικής στρώσης όταν πάνω από αυτή τοποθετείται η εξισωτική στρώση
- Η εξισωτική στρώση για την διαμόρφωση ενιαίου επιπέδου στον εσωτερικό χώρο που τοποθετείται πάνω από τον φέρουσα πλάκα ή πάνω από τη θερμομονωτική στρώση
- Συνδετικό κονίαμα της τελικής επικάλυψης
- Ξύλινα καδρόνια για την τοποθέτηση ξύλινης τελικής επικάλυψης
- Τελική επικάλυψη
- Το επίχρισμα που εφαρμόζεται στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας
- Ξύλινες ή μεταλλικές δοκοί που στερεώνονται κάτω από τη φέρουσα πλάκα για τη στερέωση του μονωτικού υλικού (ψευδοροφή)
- Γυψοσανίδες,τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών, βέργες από πλαστικό, μέταλλο κτλ. για την προστασία του θερμομονωτικού υλικού όταν αυτό βρίσκεται από την κάτω πλευρά του φέροντα οργανισμού [16,23,29,31,38,50]

Η σύνθεση της διατομής δαπέδου που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος συμπεριλαμβάνει κάποιες βασικές στρώσεις οι οποίες παρουσιάζονται και στα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο καθώς και στρώσεις οι οποίες αποσκοπούν στη διαμόρφωση του

κατάλληλου υπόβαθρου επάνω στο έδαφος καθώς και στην εξασφάλιση της καλής και ασφαλούς λειτουργίας του δαπέδου. Έτσι, οι στρώσεις αυτής της κατηγορίας δαπέδων είναι οι εξής: [16,30,31,38,39,50,81,82]

- Στρώση από αμμοχάλικο ή χαλίκι επί εδάφους
- Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου που διαστρώνεται πάνω από την λιθορριπή
- Στρώση εξυγίανσης που βρίσκεται είτε σε επαφή με το έδαφος είτε πάνω από τη στρώση με αμμοχάλικο ή χαλίκι
- Η στεγανοποιητική στρώση για την παρεμπόδιση διείσδυσης πιθανής υγρασίας εδάφους η οποία τοποθετείται πάνω από τη στρώση εξυγίανσης ή και πάνω από τη φέρουσα κατασκευή
- Στρώση γεωυφάσματος η οποία τοποθετείται πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση με σκοπό να την προστατέψει από τις υπερκείμενες στρώσεις
- Η θερμομονωτική στρώση που προσφέρει θερμική προστασία στη κατασκευή και μπορεί να τοποθετείται κάτω από τη φέρουσα κατασκευή ή πάνω από αυτή
- Ένα προστατευτικό φύλλο της θερμομονωτικής στρώσης όταν πάνω από αυτή τοποθετείται η εξισωτική στρώση
- Η στρώση του φέροντα οργανισμού, για την παραλαβή φορτίων που εφαρμόζονται στην επιφάνεια χρήσης ανάλογα με τα θέση της κατασκευής του δαπέδου
- Η εξισωτική στρώση για την διαμόρφωση ενιαίου επιπέδου στον εσωτερικό χώρο.
- Συνδετικό κονίαμα της τελικής επικάλυψης
- Ξύλινα καδρόνια για την εφαρμογή ξύλινης τελικής επικάλυψης
- Τελική επικάλυψη [16,30,31,38,39,50,81,82]

Σε κάθε περίπτωση δαπέδου η παρουσία όλων αυτών των στρώσεων δεν είναι πάντοτε απαραίτητη. Η αναγκαιότητα της καθεμίας εξ'αυτών εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής, τα επιλεγέντα υλικά, τη θέση των παραπάνω στρώσεων δηλαδή τη σειρά των στρώσεων στη διατομή του δαπέδου καθώς και τις απαιτήσεις θερμικής προστασίας της κατασκευής.

7.2 Η φέρουσα κατασκευή των δαπέδων

Το δάπεδο εφαρμόζεται πάνω σε φέρουσα κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία αποτελεί τμήμα της φέρουσας κατασκευής του κτιρίου. Το δάπεδο με την έννοια των υπολοίπων στρωμάτων, πέραν της φέρουσας κατασκευής, δεν αποτελεί φέρον δομικό στοιχείο. Μεταβιβάζει και διανέμει στη φέρουσα κατασκευή τα φορτία που εφαρμόζονται στην επιφάνεια χρήσης. Πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικό ώστε να μην αποδιοργανώνεται από τις καταπονήσεις, να τις παραλαμβάνει με ασφάλεια αλλά και να προστατεύει την υποκατασκευή από ορισμένες εξ αυτών (υγρασία και διάβρωση), προσθέτοντας όσο το δυνατό μικρότερο νεκρό φορτίο. [80]

Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος των δαπέδων κατασκευάζεται από τον συνδυασμό δύο συστατικών στοιχείων, του σκυροδέματος και του χάλυβα, ο οποίος αποτελεί τον οπλισμό της πλάκας, τα χαρακτηριστικά των οποίων έχουν ήδη αναφερθεί στην ενότητα 5.13.1. [62]

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει για τα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος. Κατά κύριο λόγο η βασική δομική στρώση τους κατασκευάζεται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, κατάλληλης κατηγορίας, η οποία αποτελεί μέρος του φέροντα οργανισμού του κτιρίου. [16,30,31,38,39,50,62,81,82] Σε ορισμένες περιπτώσεις, η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος κατασκευάζεται από σκυρόδεμα χαμηλότερης κατηγορίας δηλαδή από σκυρόδεμα κατηγορίας μικρότερης ή ίσης της C12/15, το οποίο γενικά δε συνίσταται. [31] Επιπλέον, η βασική στρώση δαπέδων επί εδάφους τα οποία αποτελούν δάπεδα υπόγειων χώρων μπορεί να κατασκευαστεί και από γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1700 kg/m^3 το οποίο διαστρώνεται πάνω στο έδαφος. [31]

Όσον αφορά δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, η φέρουσα πλάκα μπορεί να κατασκευάζεται από ολόσωμη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. [16,23,29,31,38] Οι δοκιδωτές πλάκες (Zoellner, ή σάντουιτς) αποτελούν πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος του φέροντα οργανισμού οι οποίες όμως κατασκευάζονται με κενά. Τα κενά μεταξύ των διαδοκίδων, συνήθως καλύπτονται από μονωτικά υλικά όπως πολυστερίνη. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό

αυτών των πλακών είναι το μικρότερο βάρος που παρουσιάζουν σε σχέση με τις ολόσωμες πλάκες, έτσι ώστε να προτιμώνται σε περιπτώσεις μεγάλων ανοιγμάτων, όπου απαιτείται μεγαλύτερο πάχος πλακών. [62]

Το αναγκαίο πάχος πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος όπως αναφέρθηκε ήδη στην ενότητα 6.2.3.1 μπορεί να προκύψει από τον συνδυασμό τριών κριτηρίων, δηλαδή από την ανάγκη αντοχής της πλάκας σε κάμψη και διάτμηση, από την ανάγκη περιορισμένων βελών κάμψης καθώς και από τις διαστάσεις της πλάκας. [62]

Όσον αφορά δάπεδα επί εδάφους, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να κατασκευαστούν πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος σε μεγαλύτερα πάχη προκειμένου να επιτευχθεί κατασκευή υπερυψωμένη από το έδαφος. [39]

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3 παρουσιάζουμε ενδεικτικές τιμές του πάχους της φέρουσας πλάκας για καθεμία από τις τρεις περιπτώσεις δαπέδων που εξετάζουμε:

- Ολόσωμες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος δαπέδων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχη 15, 18 και 20cm. Στην περίπτωση που ως φέρουσα πλάκα επιλέγεται η δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος αυτή μπορεί να κατασκευαστεί υπό μορφή σάντουιτς με πάχος πλάκας στην άνω και στην κάτω επιφάνεια 9 και 7cm αντίστοιχα, με πάχος κενού 14cm, το οποίο καλύπτεται από μονωτικό υλικό, και συνεπώς με συνολικό πάχος 30cm ή ακόμη και με πάχος πλάκας στην άνω επιφάνεια 8cm, με πάχος κενού 17cm, το οποίο και πάλι πληρώνεται με μονωτικό υλικό, και επομένως με συνολικό πάχος 25cm. [16,23,29,31,38]
- Ολόσωμες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος δαπέδων που βρίσκονται πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχη 14, 15, 16 και 20cm. [16,23,29,31]
- Ολόσωμες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχη 8, 10, 15, 20 και 25cm. [16,30,31,38,39] Στην περίπτωση που για την κατασκευή του δαπέδου επιλέγουν πλάκες σκυροδέματος κατηγορίας μικρότερης ή ίσης της C12/15, αυτές μπορούν να κατασκευασθούν σε πάχος 10cm. [31] Ενώ, όταν ως βασική δομική στρώση των δαπέδων επιλέγεται γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1700 kg/m^3 , αυτό μπορεί να διαστρωθεί σε πάχος 10cm. [31]

7.3 Πιθανές στρώσεις δομικών υλικών κάτω από τη φέρουσα πλάκα των δαπέδων

Η διαμόρφωση της κάτω πλευράς της φέρουσας πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος δαπέδων που βρίσκονται είτε σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο εξαρτάται από τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή του δαπέδου, δηλαδή από το αν το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω ή κάτω από τη φέρουσα πλάκα.

Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού, τότε η κάτω επιφάνεια της πλάκας επιχρίεται με επίχρισμα σε πάχος ίσο με 2cm ή και 2,5cm. Ως επίχρισματα επιλέγονται συνήθως υλικά όπως ασβεστοσιμεντοκονιάματα ή ασβεστοκονιάματα. [16,23,29,31,38] Ο ρόλος του επίχρισματος και τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έχουν παρουσιασθεί ήδη στην ενότητα 5.4.

Στην περίπτωση δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, στην κάτω πλευράς της φέρουσας πλάκας δαπέδων μπορεί να διαστρωθεί θερμομονωτικού επίχρισματος. Το θερμομονωτικό επίχρισμα χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό θερμομονωτικό υλικό σε περιπτώσεις δαπέδων που η κύρια θερμομονωτική στρώση βρίσκεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα. Το επίχρισμα αυτό βρίσκει εφαρμογή ιδιαίτερα σε δάπεδα όπου πάνω από τη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα. Ωστόσο, μπορεί να συνδυαστεί και με οποιοδήποτε άλλο ελαφρύ μονωτικό υλικό. Το πάχος του καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης, ενώ εφαρμόζεται με ελάχιστο πάχος 2cm. Πάνω από το επίχρισμα αυτό εφαρμόζεται κοινό επίχρισμα σε πάχος 0,5cm το οποίο λειτουργεί ως φινίρισμα της επιφάνειας. [16]

Όταν το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού, τότε η στερέωση του και η τελική επικάλυψη του μπορεί να γίνει με δύο κυρίως τρόπους. Το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να στερεωθεί απευθείας πάνω στη φέρουσα πλάκα με την προϋπόθεση της καλής στερέωσης σε αυτήν. Στη συνέχεια, το μονωτικό υλικό επικαλύπτεται με κάποιο επίχρισμα, συνήθως ασβεστοσιμεντοκονίαμα, [50] σε πάχος ίσο 2cm ή και 2,5cm. [16,23,29,31,38]

Εναλλακτικά, κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να διαμορφώνεται ένα είδος ψευδοροφής με σκοπό τη στερέωση και την προστασία του μονωτικού υλικού. Πιο συγκεκριμένα κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να στερεώνεται ένας ξύλινος ή μεταλλικός σκελετός. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται στα διάκενα που

σχηματίζονται μεταξύ των δοκών του σκελετού. Η όλη κατασκευή μπορεί να επενδυθεί με τσιμεντοσανίδες, γυψοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών, μοριοσανίδες, αντικολλητές πλάκες ξύλου που στερεώνονται πάνω στον σκελετό. [50] Όσον αφορά δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, κάτω από τη φέρουσα πλάκα στερεώνονται σε άμεση επαφή με αυτήν ξύλινες δοκοί μέσω άμεσων αναρτήσεων. [23,44] Μπορούν, ακόμη, να χρησιμοποιούνται μεταλλικές δοκοί με κοίλη ορθογωνική διατομή η οποία τοποθετείται σε άμεση επαφή με την πλάκα. Το πλεονέκτημα αυτής της δοκού είναι ότι μπορούν να τοποθετούνται κομμάτια μονωτικού υλικού στο εσωτερικό της διατομής της [50,66] έτσι ώστε η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου που υπολογίζεται στη διατομή που βρίσκεται μόνο η θερμομονωτική στρώση να μην παρουσιάζει μεγάλη διαφορά σε σχέση με τη τιμή που υπολογίζεται στη διατομή όπου βρίσκεται ο μεταλλικός σκελετός. Επιπλέον, σε αυτή τη κατηγορία δαπέδων, σανίδες από ξύλο ή μοριοσανίδες συνήθως αποφεύγονται λόγω της σύντομης σχετικά γήρανσης τους από την υγρασία της ατμόσφαιρας. Αν όμως προστατευτούν καλά ή εξασφαλιστεί η συντήρησή τους, μπορούν ακίνδυνα να χρησιμοποιηθούν. [50] Όσον αφορά δάπεδα πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους, η ψευδοροφή μπορεί να κατασκευαστεί με τους ίδιους τρόπους που μπορεί να κατασκευηθεί η ψευδοροφή στην περίπτωση των δωματίων, η οποία έχει περιγραφεί στην ενότητα 6.2.5.

7.4 Η δαπεδόστρωση στην περίπτωση δαπέδου επί εδάφους

Όταν το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος είναι πιθανό να απαιτείται ένα υπόστρωμα, το οποίο μπορεί να οριστεί ως δαπεδόστρωση και το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ του εδάφους και της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος. Το υπόστρωμα μπορεί να αποτελείται από μία ή περισσότερες στρώσεις. Κάθε στρώση εξυπηρετεί μία συγκεκριμένη λειτουργία και στο σύνολο τους αποσκοπούν στη δημιουργία του κατάλληλου υποστρώματος για την διάστρωση των υπολοίπων βασικών στρώσεων του δαπέδου, αλλά και να εξασφαλίσουν την ασφαλή λειτουργία αυτών. Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις όπου η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να τοποθετείται απευθείας πάνω στο έδαφος και δεν απαιτείται κάποια επιπλέον στρώση.

Η διαμόρφωση του υποστρώματος δηλαδή τα στρώματα των δομικών υλικών καθώς και το είδος των υλικών που απαιτούνται, εξαρτάται από τη μορφή και το είδος του εδάφους και από τη θέση του δαπέδου σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους. Παρατίθενται στη συνέχεια, η σύνθεση της διατομής διαφόρων υποστρωμάτων καθώς και η σειρά των υλικών τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη κατασκευή αυτών.

- Μία στρώση από χαλίκι ή αμμοχάλικο μπορεί να διαστρωθεί πάνω στην επιφάνεια του σκαμμένου εδάφους έτσι ώστε να διακόπτεται η συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος. [50] Το χαλίκι με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,81 \text{ W/mK}$ και το αμμοχάλικο με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=2 \text{ W/mK}$ διαστρώνονται σε πάχη από 10 έως 20cm. [11,31,39,50] Ακολουθεί μια πλάκα από ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα καθαριότητας το οποίο μπορεί να κατασκευάζεται από σκυρόδεμα κατώτερης κατηγορίας ($\leq \text{C}12/15$) και να διαστρώνεται σε πάχος 10cm. Η στρώση αυτή λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης του εδάφους. [31,39,50] Σε περίπτωση διάστρωσης λιθορριπής, μεταξύ αυτής και της πλάκας σκυροδέματος είναι απαραίτητη η τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου, το οποίο θα αποτρέψει τη διείσδυση του σκυροδέματος στα διάκενα της λιθορριπής. Πάνω από τη στρώση εξυγίανσης ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση, με σκοπό την προστασία της κατασκευής από την υγρασία του εδάφους. Στη συνέχεια τοποθετείται γεωύφασμα για την προστασία της στεγανοποιητικής στρώσης από τις υπερκείμενες της. Στόχος είναι να μην συγκολληθούν με αυτή και την υποχρεώσουν να παρακολουθεί τις τυχόν μικρομετακινήσεις τους λόγω συστολοδιαστολών. Ακολουθεί η θερμομονωτική στρώση και στη συνέχεια η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Εναλλακτικά, η θερμομονωτική στρώση μπορεί να βρίσκεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα. [50]
- Μία στρώση από χαλίκι μπορεί να διαστρωθεί πάνω στην επιφάνεια του σκαμμένου εδάφους έτσι ώστε να διακόπτεται η συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος. [50] Το χαλίκι με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,81 \text{ W/mK}$ μπορεί να διαστρώνεται σε πάχος 10cm. Πάνω από τη χαλικόστρωση τοποθετείται ένα φύλλο πολυαιθυλενίου, το οποίο λειτουργεί και ως στεγανοποιητικό υλικό. Ακολουθεί η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού και στη συνέχεια η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. [31]
- Μία στρώση από χαλίκι μπορεί να διαστρωθεί πάνω στην επιφάνεια του σκαμμένου εδάφους έτσι ώστε να διακόπτεται η συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος. [50] Το χαλίκι με συντελεστή θερμικής

αγωγιμότητας $\lambda=0,81 \text{ W/mK}$ μπορεί να διαστρώνεται σε πάχος 15cm. [31,39] Ακολουθεί η τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου, το οποίο θα αποτρέψει τη διείσδυση του σκυροδέματος στα διάκενα λιθορριπής. Τέλος, τοποθετείται η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. [39]

- Μια στρώση από ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα καθαριότητας κατώτερης κατηγορίας ($\leq C12/15$) διαστρώνεται απευθείας πάνω στο έδαφος. Η στρώση αυτή λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης του εδάφους και μπορεί να διαστρώνεται σε πάχος 10cm. [38,39] Μπορεί, ακόμη, να διαστρωθεί και σε μεγαλύτερα πάχη όπως 30cm στην περίπτωση που το δάπεδο κατασκευάζεται ως υπερυψωμένο από την επιφάνεια του εδάφους. [39] Πάνω από τη στρώση εξυγίανσης τοποθετείται η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Αναλόγως των απαιτήσεων πάνω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να ακολουθεί στεγανοποιητική στρώση. [38,39]
- Μια στρώση από γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m^3 μπορεί να διαστρωθεί απευθείας πάνω στο έδαφος και λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Το γαρμπιλόδεμα αυτής της πυκνότητας παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,64\text{W/mK}$ και μπορεί να διαστρώνεται σε πάχος 8cm. Ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση, πάνω από την οποία τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Στη συνέχεια, κατασκευάζεται η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. [30]
- Μια στρώση από τσιμεντοκονίαμα μπορεί να διαστρωθεί απευθείας πάνω στο έδαφος και λειτουργεί ως στρώση εξυγίανσης. Το τσιμεντοκονίαμα παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=1,4\text{W/mK}$ διαστρώνεται σε πάχος 2cm. και βρίσκει εφαρμογή όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται κάτω από τον φέροντα οργανισμό. Πάνω από τη στρώση αυτή ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση και έπειτα η θερμομονωτική στρώση. Στη συνέχεια, κατασκευάζεται η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Μεταξύ του μονωτικού υλικού και της φέρουσας πλάκας τοποθετείται ένα φύλλο πολυαιθυλενίου για την προστασία του μονωτικού υλικού. [30]

7.5 Η εξισωτική στρώση

Η τελική επίστρωση ενός δαπέδου εφαρμόζεται σε επιφάνεια σταθερή, επίπεδη, λεία και ομαλή. Όλες αυτές οι βασικές ιδιότητες είναι πιθανό να μην μπορούν να εξασφαλιστούν ταυτόχρονα από το φέρον υπόβαθρο που είναι συνήθως η πλάκα σκυροδέματος. Ένα υπόστρωμα με τη μορφή ενδιάμεσης εξισωτικής στρώσης είναι απαραίτητο. Σκοπός του υποστρώματος είναι η εξασφάλιση επιφάνειας οριζόντιας, επίπεδης, ενιαίας, συνεχούς και ισχυρής για την ασφαλή και επιτυχή τοποθέτηση της επίστρωσης. [80]

Ως συμπαγή υποστρώματα χρησιμοποιούνται άσπλα ή ελαφρά οπλισμένα σκυροδέματα καθώς και ελαφροσκυροδέματα (τσιμεντοκονιάματα ή σκυροδέματα με πυκνότητα αλλά και αντοχή σαφώς μικρότερη από την αντίστοιχη των κανονικών σκυροδεμάτων). [80] Η επιλογή του κατάλληλου υλικού και το πάχος διάστρωσης αυτού γίνεται βάσει διαφόρων κριτηρίων τα οποία παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η εξισωτική στρώση είναι δυνατό να παραληφθεί όταν ως τελική επικάλυψη του δαπέδου χρησιμοποιούνται ξύλινες σανίδες που καρφώνονται σε ξύλινα καδρόνια τοποθετημένα στην φέρουσα πλάκα του δαπέδου. [31,83]

7.5.1 Κριτήρια επιλογής της εξισωτικής στρώσης [80]

Η επιλογή του τύπου και των χαρακτηριστικών της εξισωτικής στρώσης (υποστρώματος) ενός δαπέδου εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, οι οποίες ομαδοποιούνται ως εξής:

➤ Χαρακτηριστικά της επίστρωσης

Τα υλικά της επίστρωσης με τις ιδιότητες τους καθώς και ο τρόπος τοποθέτησης τους θέτουν ορισμένους περιορισμούς και απαιτήσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του υποστρώματος. Γενικά, σε κάθε δάπεδο, ανεξάρτητα από τη θέση και τη χρήση του, το υπόστρωμα δεν επιτρέπεται να είναι ασθενέστερο από την επίστρωση. Επίσης, η επιφάνεια του οφείλει να είναι συμβατή με τα υλικά εφαρμογής της επίστρωσης (κόλλες, κονιάματα).

➤ Χαρακτηριστικά της φέρουσας επιφάνειας

Η στατική επάρκεια της φέρουσας κατασκευής θεωρείται δεδομένη. Οι ανωμαλίες της επιφάνειας διάστρωσης του υποστρώματος καθώς και η ύπαρξη σωληνώσεων πάνω σε αυτήν επιβάλλουν αυξημένο πάχος στρώσης, ώστε να καλυφθούν ικανοποιητικά οι εξάρσεις που ανάλογα με τον τύπο του κονιάματος, είναι πιθανό να δυσχεράνουν τη διάστρωση του ή να επηρεάσουν αρνητικά την ομοιόμορφη ξήρανση του.

➤ Απαιτούμενο πάχος στρώσης

Η εφαρμογή υποστρώματος σε μεγάλο πάχος είναι πιθανό να απαιτεί περισσότερες επάλληλες στρώσεις για αποφυγή ανομοιογενούς δομής και αντοχής του υποστρώματος, ενώ η διάστρωση με μικρό πάχος μπορεί να απαιτεί οπλισμό (μεταλλικές ή συνθετικές ίνες).

➤ Χρήση του χώρου και του δαπέδου

Οριζόντιες δυνάμεις, συχνές πτώσεις αντικειμένων, υγρασία, κραδασμοί, μετακινήσεις αντικειμένων ή φορτίων, μεγάλη συσσώρευση πλήθους σε κανονικές συνθήκες καθώς και σε συνθήκες πανικού είναι ορισμένοι από τους παράγοντες που σχετίζονται με τη χρήση του χώρου και του δαπέδου και μπορεί να επηρεάσουν την επιλογή του τύπου ή της πυκνότητας του υλικού του υποστρώματος. Σε κάθε περίπτωση ελέγχεται, λοιπόν, η αντοχή σε στατικές και σε δυναμικές καταπονήσεις που προέρχονται από τη χρήση του χώρου και του δαπέδου, όπως συγκεντρωμένα φορτία (αποθήκευση προσωρινή ή μόνιμη), διάτρηση (σημειακή στήριξη εξοπλισμού και αντικειμένων στο δάπεδο), κίνηση τροχοφόρων και ολίσθηση αντικειμένων (πιθανότητα απότομης αλλαγής κατεύθυνσης ή ταχύτητας με συνέπεια την απότριψη ή αποκόλληση του δαπέδου λόγω πλημμελούς πρόσφυσης) κτλ. Αν απαιτείται βελτίωση του υπόβαθρου, θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με μελέτη που θα εκπονηθεί για το σκοπό αυτό.

➤ Ελάχιστες απαιτήσεις από το δάπεδο

Σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται να παρουσιάζει το δάπεδο συγκεκριμένη θερμομονωτική ή ηχομονωτική ικανότητα καθώς και αντίσταση σε ανιούσα υγρασία. Η ηχομείωση και η θερμική αγωγιμότητα των ελαφροσκυροδεμάτων αυξάνονται με την αύξηση της πυκνότητάς τους. Η διακύμανση δεν είναι γραμμική, για αυτό πρέπει τα προϊόντα αυτά (ελαφρά αδρανή, αφροποιητικά κτλ.) να παρέχουν σχετικές πληροφορίες. Γενικά, αύξηση της πυκνότητας σημαίνει μικρότερη θερμομόνωση, αλλά μεγαλύτερη ηχομείωση.

7.5.2 Τα υλικά και τα πάχη της εξισωτικής στρώσης

Γενικά, στα δάπεδα για τη διαμόρφωση των εξισωτικών στρώσεων επιλέγονται υλικά όπως άοπλο ή ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας, γαρμπιλόδεμα, κισηρόδεμα, κυψελωτό σκυρόδεμα, περλιτόδεμα, τιμμεντοκονίαμα ή και ασβεστοσιμμεντοκονίαμα καθώς και θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. [16,23,29,30,31,38,80,81,82] Δεν θα γίνει εκτενέστερη περιγραφή των υλικών αυτών καθώς τα υλικά αυτά έχουν περιγραφεί στην ενότητα 6.2.4.2 στην οποία έχουν παρουσιαστεί και οι θερμοφυσικές τους ιδιότητες.

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού γίνεται βάσει των κριτηρίων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Αξίζει να αναφερθεί, ακόμη, ότι όταν η εξισωτική στρώση εφαρμόζεται πάνω σε συμπαγές υπόστρωμα, η χρησιμοποίηση σκυροδέματος άοπλο ή οπλισμένου αποφεύγεται. Προτιμούνται υλικά μικρότερης πυκνότητας, όπως κισηρόδεμα, περλιτόδεμα, κυψελωτό σκυρόδεμα, θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα, ώστε η επιβάρυνση της φέρουσας κατασκευής με νέκρα φορτία να είναι η μικρότερη δυνατή. Τα υλικά αυτά αποτελούν τη βέλτιστη επιλογή σε ανακαινίσεις κτιρίων, όπου η φέρουσα ικανότητα της κατασκευής είναι περιορισμένη και η αύξηση της δεν είναι εφικτή. Επιπλέον, τα ελαφροσκυροδέματα προτιμώνται σε δάπεδα χώρων με μέτρια ή ελαφρύ χρήση, όπως κατοικίες, γραφεία, εμπορικά κέντρα, χώροι αναψυχής, όπου η μείωση των νεκρών φορτίων, η θερμομόνωση, η ηχομείωση ή η ταχύτητα κατασκευής αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες. [80]

Ακόμη, όπως προαναφέρθηκε, η επιλογή του κατάλληλου υλικού γίνεται και βάσει των θερμικών ιδιοτήτων του και από τις απαιτήσεις του δαπέδου σε θερμική προστασία. Έτσι, σε δάπεδα που η εξισωτική στρώση αποσκοπεί και στο να συμβάλει στη θερμική προστασία του δαπέδου επιλέγονται υλικά όπως κισηρόδεμα, περλιτόδεμα, κυψελωτό σκυρόδεμα. Σε περιπτώσεις δαπέδων που η εξισωτική στρώση πρόκειται να ικανοποιήσει και τις απαιτήσεις θερμομόνωσης του δαπέδου επιλέγονται θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. [16]

Η θέση της εξισωτικής στρώσης στη διατομή του δαπέδου εξαρτάται κατά κύριο από την θέση της θερμομονωτικής στρώσης. Έτσι, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή δεν υφίσταται θερμομονωτική στρώση, οι εξισωτικές στρώσεις διαστρώνονται πάνω από την πλάκα και κάτω από τις τελικές επικαλύψεις είτε κάτω από τα συνδετικά κονιάματα ή και τις κόλλες που διαστρώνονται για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων των δαπέδων. Όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, τότε η εξισωτική στρώση διαστρώνεται πάνω από αυτό και κάτω από τις τελικές επικαλύψεις ή τα συνδετικά κονιάματα. Στην περίπτωση δαπέδων επί εδάφους η εξισωτική στρώση που κατασκευάζεται από γαρμπιλόδεμα μπορεί να διαστρώνεται πάνω από τη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από το μονωτικό υλικό. Μεταξύ της εξισωτικής και της θερμομονωτικής στρώσης μπορεί να παρεμβάλλεται η στεγανοποιητική στρώση. Τότε, για την τοποθέτηση της τελικής επικάλυψης είναι αναγκαία η διάστρωση μιας δεύτερης εξισωτικής στρώσης πάνω από την μόνωση η οποία θα λειτουργεί και ως συνδετικό κονίαμα. Όταν ως υλικό για τη διαμόρφωση της εξισωτικής στρώσης επιλέγονται θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης αυτά διαστρώνονται πάντα πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από τις τελικές επιστρώσεις. Όταν αυτά εφαρμόζονται σε δάπεδα επί εδάφους, μεταξύ αυτών και της φέρουσας πλάκας παρεμβάλλεται μια στεγανοποιητική στρώση. [16,23,29,30,31,38,39,81,82]

Το πάχος της εξισωτικής στρώσης καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες, από απαιτήσεις αντοχής του δαπέδου σε καταπονήσεις, από το είδος των υλικών και από την ανάγκη ή όχι η εξισωτική στρώση να συμβάλλει στη θερμική προστασία του δαπέδου. Βάσει, λοιπόν, των δύο τελευταίων κριτηρίων μπορούμε να πούμε ότι οι εξισωτικές στρώσεις από κισηρόδεμα, περλιτόδεμα και κυψελωτό σκυρόδεμα μπορούν να διαστρώνονται σε μεγαλύτερα πάχη με σκοπό να συμβάλλουν στη θερμική προστασία του δαπέδου, ειδικά όταν δεν προβλέπεται κύρια θερμομονωτική στρώση όπως σε δάπεδα πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους. [31] Επίσης, σε μεγαλύτερα πάχη διαστρώνονται εξισωτικές στρώσεις από θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα από κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης, ο κύριος ρόλος των οποίων περά από τη δημιουργία του κατάλληλου υπόβαθρου είναι η θερμική προστασία του δαπέδου. [16]

Σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν στην ενότητα 4.4, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια υλικά που χρησιμοποιούνται ως εξισωτικές στρώσεις, καθώς και τα κατασκευαστικά και θερμικά τους χαρακτηριστικά, ανάλογα με το είδος του δαπέδου:

- Η εξισωτική στρώση δαπέδων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα κατασκευάζεται από: [16,23,29,31,38]
 - Άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 2000kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=1,35\text{ W/mK}$ και σε πάχος 5cm.
 - Κισηρόδεμα πυκνότητας 500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,2\text{W/mK}$ και σε πάχος 10cm.
 - Γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,64\text{W/mK}$, σε πάχη 4 και 6cm.
 - Κυψελωτό σκυρόδεμα πυκνότητας 500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,19\text{W/mK}$ και σε πάχος 10cm.
 - Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πυκνότητας 300kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,08\text{W/mK}$ και σε πάχος από 6 έως 12cm. Γενικά, τα πάχη του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος κυμαίνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Η εξισωτική στρώση δαπέδων σε επαφή με κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους κατασκευάζεται από: [16,23,29,31]
 - Άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας 2000kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=1,35\text{ W/mK}$ και σε πάχος 10cm.
 - Κισηρόδεμα πυκνότητας 500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,2\text{W/mK}$ και σε πάχος 10cm.
 - Περλιτόδεμα πυκνότητας 500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,16\text{W/mK}$ και σε πάχος 10cm.
 - Γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1900kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=1,1\text{W/mK}$ και σε πάχος 3cm ή και γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,64\text{W/mK}$ και σε πάχος 6cm.

- Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πυκνότητας 300kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,08\text{W/mK}$ και σε πάχος από 6 έως 9cm. Γενικά, τα πάχη του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος κυμαίνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Η εξισωτική στρώση δαπέδων σε επαφή με το έδαφος κατασκευάζεται από: [16,30,31,38,39,81,82]
 - Γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,64\text{W/mK}$ και σε πάχη από 3 έως 6cm. Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1900kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=1,1\text{W/mK}$ και σε πάχος 4cm.
 - Τσιμεντοκονίαμα πυκνότητας 2000kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=1,4\text{W/mK}$ και σε πάχος 6cm.
 - Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πυκνότητας 1800kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,87\text{W/mK}$ και σε πάχος 3,5cm.
 - Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πυκνότητας 300kg/m^3 με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,08\text{W/mK}$ και σε πάχος από 6 έως 10cm. Γενικά, τα πάχη του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος κυμαίνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης.

7.6 Οι συνδετικές στρώσεις

Το συνδετικό κονίαμα διαστρώνεται σε δάπεδα με σκοπό τη διαμόρφωση του κατάλληλου υπόβαθρου για την επικόλληση της τελικής επίστρωσης, ανάλογα βέβαια με το είδος της τελικής επικάλυψης. Χρησιμοποιείται σε δάπεδα όταν ως τελικές επικαλύψεις χρησιμοποιούνται φυσικές πέτρες και πλάκες καθώς και τεχνητές πλάκες και κεραμικά πλακίδια και διαστρώνεται πάνω από τις εξισωτικές στρώσεις. Σε κάθε περίπτωση η επιφάνεια του υποστρώματος πρέπει να είναι επίπεδη, ομαλή, λεία, στεγνή και καθαρή από οτιδήποτε είναι πιθανό να βλάψει την πρόσφυση του συγκολλητικού μείγματος. Ως συνδετικά κονιάματα χρησιμοποιούνται συνήθως τσιμεντοκονιάματα σε πάχος εφαρμογής που κυμαίνεται από 2cm έως 3cm. [80] Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιούνται και ασβεστοτσιμεντοκονιάματα επίσης σε πάχος εφαρμογής που κυμαίνεται από 2cm έως 3cm. [16,29,31]

Υπάρχουν, επίσης, περιπτώσεις, όπως συναντήσαμε σε δάπεδα επί εδάφους στην ενότητα 4.4, όπου ως συνδετικό κονίαμα χρησιμοποιείται τσιμεντοκονίαμα σε μεγαλύτερο πάχος όπως 4cm και διαστρώνεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση. Στην περίπτωση αυτή, η στρώση του τσιμεντοκονιάματος επιτελεί διπλό ρόλο στην κατασκευή του δαπέδου, καθώς χρησιμοποιείται τόσο ως μια δεύτερη εξισωτική στρώση αλλά και ως συνδετικό κονίαμα για την τελική επικάλυψη. [39,81,82]

Σε ορισμένες περιπτώσεις, το συνδετικό κονίαμα παραλείπεται. Το ρόλο του συνδετικού κονιάματος παίζει η εξισωτική στρώση και έτσι οι διάφορες πλάκες που αποτελούν την επικάλυψη του δαπέδου όπως πλάκες από μάρμαρο, γρανίτη, κεραμικά πλακίδια, τοποθετούνται απευθείας πάνω στην εξισωτική στρώση. [23]

Εναλλακτικά, για τη συγκόλληση της τελικής επίστρωσης στο δάπεδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κόλλα σε πάχος 0,3-0,6cm, η οποία εφαρμόζεται πάνω από την εξισωτική στρώση και κάτω από τις τελικές επικαλύψεις. [16,38,80,81,82] Οι κόλλες είναι βιομηχανικά προϊόντα παρασκευασμένα με βάση το τσιμέντο και επιλεγμένα λεπτόκοκκα αδρανή και με κατάλληλα χημικά πρόσμεικτα. Αν και η ποικιλία των προϊόντων αυτών είναι μεγάλη και καλύπτει πρακτικά κάθε πιθανή απαίτηση τοποθέτησης, η χρησιμοποίησή τους δεν είναι απλή. [80]

7.7 Η θερμομονωτική στρώση στα δάπεδα

Η θερμομονωτική στρώση στα δάπεδα όπως και στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία προσφέρει την απαραίτητη θερμική προστασία, συμβάλλοντας συνεπώς στη θερμική προστασία του κελύφους και προφυλάσσοντας τους εσωτερικούς χώρους από τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. [50] Ο ρόλος της θερμομονωτικής στρώσης παρουσιάζεται σημαντικότερος σε δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα σε σχέση με τα δάπεδα που βρίσκονται πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους ή σε επαφή με το έδαφος, καθώς σύμφωνα με τους κανονισμούς που θέτει ο ΚΕΝΑΚ, οι απαιτήσεις θερμομόνωσης στις τέσσερις κλιματικές ζώνες είναι υψηλότερες για τα πρώτα. [10] Επιπλέον, η θερμομονωτική στρώση είναι απαραίτητη στην οροφή του υπόστουλου χώρου (πιλοτή) καθώς όταν αυτή δεν θερμομονώνεται, τότε ο πρώτος όροφος είναι αυτός που καταπονείται ιδιαίτερα λόγω των μεγάλων θερμικών απωλειών από το δάπεδο. [50]

7.7.1 Το είδος του θερμομονωτικού υλικού και η θέση του στα δάπεδα

Το είδος του θερμομονωτικού υλικού που θα επιλεγεί για τη θερμική προστασία των δαπέδων, εξαρτάται από τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή των δαπέδων, από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αυτών και από το είδος των δαπέδων δηλαδή από το αν πρόκειται για δάπεδα-πιλοτές, για δάπεδα πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους ή για δάπεδα επί εδάφους. Επιπλέον, για συγκεκριμένο πάχος της θερμομονωτικής στρώσης η επιλογή του κατάλληλου υλικού μπορεί να γίνει και βάσει του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού για την ικανοποίηση των απαιτήσεων θερμικής προστασίας της κατασκευής, ή και αντιστρόφως.

Αναλύονται στη συνέχεια τα είδη του μονωτικού υλικού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τη θέση του στη διατομή του δαπέδου, για καθεμία από τις 3 περιπτώσεις δαπέδων που εξετάζονται.

➤ Η θερμομονωτική στρώση σε δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Το θερμομονωτικό υλικό σε δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να τοποθετείται είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του δαπέδου, δηλαδή κάτω ή πάνω από τη φέρουσα πλάκα αντίστοιχα. [50]

Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται εξωτερικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, επειδή δεν κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. [80] Τα μονωτικά υλικά μπορούν να στερεώνονται απευθείας πάνω στη φέρουσα πλάκα και να επιχρίονται εξωτερικά ή κάτω από την πλάκα να κατασκευάζεται μια ψευδοροφή και τα μονωτικά υλικά να τοποθετούνται ανάμεσα στις δοκούς του σκελετού. [50] Στο εμπόριο από τους διάφορους κατασκευαστές προτείνονται μονωτικά υλικά όπως πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης, πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης καθώς και σκληρές πλάκες πετροβάμβακα. [28,39,60,61,74] Στην περίπτωση της αναρτημένης ψευδοροφής, μπορούν να χρησιμοποιούνται τα ίδια μονωτικά υλικά με τη διαφορά ότι προτιμώνται μαλακές πλάκες πετροβάμβακα για την καλύτερη πρόσφυση του υλικού ανάμεσα στις δοκούς. [61]

Επιπλέον, η θερμομονωτική στρώση κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να αποτελείται από κάποιο θερμομονωτικό επίχρισμα. Ωστόσο, το θερμομονωτικό επίχρισμα χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό θερμομονωτικό υλικό σε περιπτώσεις δαπέδων που η κύρια θερμομονωτική στρώση βρίσκεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα. [16]

Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται εσωτερικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να μην παραμορφώνονται όταν δέχονται ισχυρά φορτία. Για το λόγο αυτό η επιλογή του υλικού εξαρτάται από τον τύπο του δαπέδου και την χρήση του. [80]

- Όταν ως τελικές επικαλύψεις χρησιμοποιούνται μωσαϊκά, μαρμάρια ή πέτρινα δάπεδα προτιμώνται τα σκληρά μονωτικά υλικά και ιδιαίτερα τα αφρώδη όπως η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη. [80] Η θερμομονωτική στρώση τότε τοποθετείται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από την εξισωτική στρώση. [29,31] Από τους διάφορους κατασκευαστές προτείνονται και πάλι μονωτικά υλικά όπως πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης, πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης καθώς και σκληρές πλάκες πετροβάμβακα οι οποίες θα πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στα φορτία. [28,39,60,61,74]
- Στις περιπτώσεις των ξύλινων δαπέδων όπου τα θερμομονωτικά υλικά τοποθετούνται ανάμεσα στις δοκούς κάτω από το ψευδοδάπεδο προτιμώνται τα ινώδη θερμομονωτικά υλικά σε μαλακές πλάκες ή παπλώματα. [80] Σε αυτή τη περίπτωση, λοιπόν, μπορούν να επιλεγούν υλικά όπως παπλώματα υαλοβάμβακα, παπλώματα ορυκτοβάμβακα και μαλακές πλάκες πετροβάμβακα. [61,83] Επιπλέον, τα διάκενα μεταξύ των ξύλινων δοκών μπορούν να πληρωθούν και με κόκκους διογκωμένου περλίτη. [29]

Ακόμη, στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικά υλικά και θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. Αυτό το υλικό διαστρώνεται πάνω στη φέρουσα πλάκα και λειτουργεί τόσο ως εξισωτική στρώση όσο και ως μονωτικό υλικό. Ανάλογα με το πάχος εφαρμογής του μπορεί να ικανοποιούνται ή όχι οι απαιτήσεις θερμομόνωσης. Έτσι, σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη θερμική προστασία τα υλικά αυτά μπορούν να συνδυάζονται με επιπλέον στρώση μονωτικού υλικού η οποία τοποθετείται εξωτερικά του δαπέδου, κάτω από τη φέρουσα πλάκα και μπορεί να αποτελείται από τα ίδια υλικά που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης όπως ελαφρά μονωτικά υλικά ή και θερμομονωτικά επιχρίσματα. [16]

Τέλος, αναφέρεται η περίπτωση όπου η φέρουσα πλάκα του δαπέδου αυτού κατασκευάζεται από δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Όπως προαναφέρθηκε, τα κενά μεταξύ των διαδοκίδων πληρώνονται με μονωτικό υλικό. Ως μονωτικό υλικό στη θέση αυτή χρησιμοποιείται διογκωμένη πολυστερίνη. [31,60,62] Το μονωτικό αυτό υλικό μπορεί να αποτελέσει τη μοναδική θερμομονωτική στρώση στο δάπεδο ή σε άλλες περιπτώσεις να συνδυαστεί με μία επιπλέον στρώση θερμομονωτικού υλικού η οποία μπορεί να τοποθετείται είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του δαπέδου. Ο τρόπος τοποθέτησης του επιπλέον μονωτικού υλικού και η επιλογή του υλικού ακολουθεί την ίδια ακριβώς λογική που περιγράφηκε παραπάνω. [29,31]

➤ Η θερμομονωτική στρώση σε δάπεδα πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο

Στο δάπεδο που βρίσκεται πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο η θερμομονωτική στρώση μπορεί να βρίσκεται είτε πάνω από τη φέρουσα πλάκα είτε κάτω από αυτήν. Ο τρόπος τοποθέτησης του μονωτικού υλικού καθώς και η επιλογή του κατάλληλου μονωτικού υλικού ακολουθεί την ίδια λογική και γίνεται με ίδια κριτήρια που γίνεται και στα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. [50] Η διαφορά που παρουσιάζεται εδώ είναι ότι τα δάπεδα αυτά έχουν μικρότερες απαιτήσεις θερμομόνωσης σε σχέση με τα δάπεδα-πilotές σύμφωνα με όσα ορίζει ο ΚΕνΑΚ για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες. [10] Έτσι, η χρήση θερμομονωτικού επιχρίσματος ως συμπληρωματικό μονωτικό υλικό που παρατηρείται στα δάπεδα-πilotές, εδώ δεν είναι αναγκαία, όπως επίσης και η χρήση επιπλέον θερμομονωτικού υλικού κάτω από τη φέρουσα πλάκα όταν πάνω από αυτήν χρησιμοποιείται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα

➤ Η θερμομονωτική στρώση σε δάπεδα επί εδάφους

Η θερμομονωτική στρώση δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος μπορεί να τοποθετηθεί είτε πάνω από την φέρουσα πλάκα είτε κάτω από αυτήν. Όταν η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται κάτω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, τότε το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω σε ένα υπόστρωμα-δαπεδόστρωση, όπως ήδη περιγράφηκε. Στην περίπτωση αυτή, αν και το μονωτικό υλικό σε πολλές περιπτώσεις τοποθετείται σε θέση υπερκείμενη της στεγανοποιητικής στρώσης, η οποία προστατεύει την κατασκευή από την υγρασία του εδάφους, προτιμώνται υλικά τα οποία δεν προσβάλλονται από την υγρασία. [50] Έτσι, από τους διάφορους κατασκευαστές στο εμπόριο προτιμώνται υλικά όπως πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης και πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης. [39,60]

Όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από την φέρουσα πλάκα η επιλογή του κατάλληλου μονωτικού υλικού ακολουθεί την ίδια λογική και γίνεται με ίδια κριτήρια που γίνεται και στα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Δεν αναφέρονται πάλι αναλυτικά εδώ για να μην επαναλαμβανόμαστε. Η διαφορά που παρατηρείται εδώ σε σχέση με την εσωτερική θερμομόνωση στην περίπτωση του δαπέδου-πilotής είναι ότι η θερμομονωτική στρώση μπορεί να είτε πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από την εξισωτική στρώση, είτε πάνω σε από την εξισωτική στρώση και κάτω από τη στρώση συνδετικού κονιάματος αυξημένου πάχους. Επιπλέον, κάτω από τη θερμομονωτική στρώση και πάνω από την υποκείμενη της στρώση μπορεί να παρεμβάλλεται μια στεγανοποιητική στρώση αναλόγως των απαιτήσεων. [31,38,39,50,82] Προφανώς στην περίπτωση των δαπέδων αυτών δεν χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά επιχρίσματα. Επίσης, καθώς τα δάπεδα αυτά έχουν μικρότερες απαιτήσεις θερμομόνωσης σε σχέση με τα δάπεδα-πilotές σύμφωνα με όσα ορίζει ο ΚΕνΑΚ [10] για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες, όταν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, δεν είναι αναγκαία, η χρήση επιπλέον θερμομονωτικού υλικού. Αξίζει να αναφερθεί ακόμη ότι στα δάπεδα επί εδάφους, μεταξύ του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος και της φέρουσας πλάκας παρεμβάλλεται η στεγανοποιητική στρώση. [16]

7.7.2 Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης στα δάπεδα σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, δηλαδή το πάχος αυτής και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού μπορούν να επιλεγούν βάσει της επιδιωκόμενης θερμομονωτικής προστασίας του δομικού στοιχείου. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δαπέδων όπως και των λοιπών δομικών στοιχείων, καθορίζεται σημαντικά από τα δύο αυτά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης. Μεταβολή του πάχους της μόνωσης ή/και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτής μπορεί να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στην τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών

στοιχείων. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτά της θερμομονωτικής στρώσης μπορούν να καθορίζονται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο ΚΕΝΑΚ για τα δάπεδα. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U ενός δαπέδου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για τις κλιματικές ζώνες Α, Β, Γ και Δ ορίζεται στις τιμές 0,5, 0,45, 0,4, 0,35W/m²K αντίστοιχα, ενώ ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U δαπέδων σε επαφή με κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους και δαπέδων σε επαφή με το έδαφος για τις κλιματικές ζώνες Α, Β, Γ και Δ ορίζεται στις τιμές 1,20, 0,90, 0,75 και 0,70W/m²K αντίστοιχα. [10] Συνεπώς, για παράδειγμα, το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού μπορεί να καθορίζεται από υπολογισμό για την ικανοποίηση των παραπάνω ορίων που θέτει ο ΚΕΝΑΚ.

Από τους τρεις τύπους δαπέδων που εξετάζουμε σημαντικότερη είναι η θερμομονωτική προστασία των δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Η ελλιπής θερμομόνωση των δαπέδων αυτών κατά τη χειμερινή περίοδο, λόγω της χαμηλής εξωτερικής θερμοκρασίας, οδηγεί σε χαμηλές θερμοκρασίες στο πάτωμα το οποίο με τη σειρά του οδηγεί σε πολύ χαμηλή θερμική άνεση επειδή τα κάτω άκρα του σώματος έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία από το υπόλοιπο σώμα. [28]

Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι για σταθερά χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, όπως είναι αναμενόμενο, παρατηρούνται διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των δαπέδων τα οποία διαφέρουν ως προς τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων στρώσεων. Αυτό οφείλεται στη διαφορετικότητα της διατομής των δαπέδων ως προς το πλήθος και το είδος των στρώσεων, στο συντελεστή λ και στο πάχος των στρώσεων αυτών. Για δάπεδα παρόμοιας σύνθεσης με τα ίδια χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, παρατηρήθηκε σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.4 ότι στις μεταβολές της τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας μεταξύ των δαπέδων αυτών, από τις υπόλοιπες στρώσεις μεγαλύτερη επίδραση έχει η εξισωτική στρώση καθώς για την κατασκευή της μπορούν να επιλεγούν υλικά με μεγάλο ή με αρκετά μικρότερο συντελεστή λ , τα οποία μπορούν να εφαρμόζονται σε μικρά ή μεγαλύτερα πάχη ικανοποιώντας πάντα τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

Επιπλέον, καθώς οι απαιτήσεις θερμομόνωσης δαπέδων που βρίσκονται πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για τις αντίστοιχες κλιματικές ζώνες, τα δάπεδα αυτά σε ορισμένες περιπτώσεις κατασκευάζονται χωρίς τη χρήση μονωτικού υλικού. Τότε, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δαπέδων αυτών άλλοτε καλύπτει και άλλοτε όχι τα όρια που θέτονται από τον ΚΕΝΑΚ για τις κλιματικές ζώνες. Αυτό οφείλεται στο υλικό που επιλέγεται για τη διαμόρφωση της εξισωτικής στρώσης με τα χαρακτηριστικά του δηλαδή την πυκνότητα του, τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του και το πάχος εφαρμογής του.

Ακόμη, όσον αφορά, δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, παρόμοιας σύνθεσης, με τα ίδια χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης, στη διαφορετικότητα που παρουσιάζεται στο συντελεστή θερμοπερατότητας μεταξύ αυτών, εκτός της επίδραση της εξισωτικής στρώσης, σημαντική κρίνεται και η επίδραση της δαπεδόστρωσης (υποστρώματος επί εδάφους), καθώς σε άλλα δάπεδα υπάρχει ενώ σε άλλα όχι, ενώ παρουσιάζει και διαφορετικότητα ως προς το πλήθος των στρώσεων, το είδος των υλικών και το πάχος αυτών.

Βάσει των όσων παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.4 αναφέρονται στη συνέχεια, για κάθε κατηγορία δαπέδου, ενδεικτικά οι κλιματικές ζώνες που μπορεί να γίνουν δεκτά δάπεδα για διάφορα πάχη θερμομόνωσης και για 4 διαφορετικούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης:

➤ Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035 ή και 0,036W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Β.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035 ή και 0,036W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α, ενώ για το ίδιο πάχος μονωτικού υλικού και για συντελεστή λ 0,039W/mK δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις που ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ για καμία κλιματική ζώνη.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορούν να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Β, ενώ για το ίδιο πάχος μονωτικού υλικού και για συντελεστή λ 0,035 ή και 0,036W/mK μπορούν να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α και τέλος, δάπεδα

με το ίδιο πάχος μονωτικού υλικού και για συντελεστή λ 0,039W/mK δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις που ορίζονται από τον κενακ για καμία κλιματική ζώνη.

- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 9cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035 ή 0,036W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Δ.
- Δάπεδο με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 12cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,080W/mK, σε συνδυασμό με την εφαρμογή θερμομονωτικού επιχρίσματος στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας με πάχος 3cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,056W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β.
- Δάπεδο με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,080W/mK, σε συνδυασμό με επιπλέον θερμομονωτικό υλικό στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας με πάχος 5cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Γ, ενώ για θερμομονωτικό υλικό στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας ίδιου πάχους και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,036W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β.
- Δάπεδο με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 15cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,080W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β

➤ Δάπεδα σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο

- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Δ, ενώ για το ίδιο πάχος μονωτικού υλικού και για συντελεστές λ 0,035 ή 0,036W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά άλλοτε στη ζώνη Γ και άλλοτε στη ζώνη Δ.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,039W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Β.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 4cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035 ή 0,039W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Δ,
- Δάπεδο με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,080W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Β, ενώ για τον ίδιο συντελεστή λ και με πάχος θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος 9cm μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Δ.
- Δάπεδο με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,080W/mK, σε συνδυασμό με επιπλέον θερμομονωτικό υλικό στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας με πάχος 3cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035 ή 0,036W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Γ.
- Δάπεδα χωρίς στρώση θερμομονωτικού υλικού αλλά με εξισωτική στρώση από κισηρόδεμα πάχους 10cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,02W/mK ή από περλιτόδεμα πάχους 10cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,016W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Α.

➤ Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος

- Δάπεδο με θερμομονωτικό υλικό πάχους 2cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Α.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,033W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά άλλοτε στην κλιματική ζώνη Δ, άλλοτε στην Γ και άλλοτε στην Β. Αντίστοιχα, δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,035W/mK μπορεί επίσης να γίνουν δεκτά άλλοτε στην κλιματική ζώνη Δ, άλλοτε στην Γ και άλλοτε στην Β.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 3cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,039W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά άλλοτε στην κλιματική ζώνη Β και άλλοτε στην Γ.
- Δάπεδα με θερμομονωτικό υλικό πάχους 4cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά στην κλιματική ζώνη Δ, ενώ για το ίδιο πάχος μονωτικού υλικού και για συντελεστή λ 0,039W/mK μπορεί να γίνουν δεκτά άλλοτε στην κλιματική ζώνη Γ και άλλοτε στην Δ.
- Δάπεδο με θερμομονωτικό υλικό πάχους 5cm και με συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,033 ή 0,035W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Δ.

- Δάπεδα με θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 6cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,080W/mK μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Α, ενώ για τον ίδιο συντελεστή λ και με πάχος θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος 10cm μπορεί να γίνει δεκτό στην κλιματική ζώνη Δ.

Αναφέρουμε και πάλι, ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν παραπάνω είναι ενδεικτικά και προέκυψαν βάσει των στοιχείων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.4. Επίσης, στα παραπάνω αποτελέσματα δεν έχουν συμπεριληφθεί δάπεδα που παρουσιάζουν ανομοιογένεια στις στρώσεις τους όπως δάπεδα με φέρουσα δοκιδωτή πλάκα οπλισμένου, δάπεδα με αναρτημένη ψευδοροφή καθώς και δάπεδα με ξύλινη τελική επίστρωση όπου το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στις δοκούς, καθώς ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών των δαπέδων γίνεται ξεχωριστά σε κάθε διαφορετική διατομή, ενώ ο υπολογισμός του συνολικού συντελεστή θερμοπερατότητας απαιτεί την ακριβή αναλογία των επιφανειών των διαφορετικών στρώσεων στο δάπεδο.

7.8 Η τελική επίστρωση των δαπέδων [80]

Σε επιστρώσεις δαπέδων εσωτερικών χώρων είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διάφορα υλικά, φυσικά, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό κατεργασμένα ή τεχνητά, χωρίς να αποκλείονται συνδυασμοί υλικών. Με βάση το υλικό κατασκευής οι συνηθέστερες επιστρώσεις δαπέδων εσωτερικών χώρων ομαδοποιούνται σε επιστρώσεις με:

- φυσικά ή τεχνητά προϊόντα ξύλου
- φυσικές πέτρες και πλάκες
- τεχνητές πλάκες, κεραμικά πλακίδια
- χυτά υλικά
- ελαφρές επιστρώσεις
- μαλακές επιστρώσεις

7.8.1 Κριτήρια επιλογής του υλικού της τελικής επίστρωσης [80]

Κάθε ομάδα υλικών επίστρωσης του δαπέδου περιλαμβάνει υλικά με κοινές τις βασικές φυσικές και χημικές ιδιότητες, οι οποίες καθορίζουν την επιλογή του υλικού επίστρωσης σε σχέση με ορισμένες παραμέτρους. Ως βασικές παράμετροι επιλογής επίστρωσης είναι δυνατό να αναφερθούν γενικά:

- Η χρήση του χώρου και ό,τι σχετίζεται άμεσα με αυτή (υγιεινή, ασφάλεια, ηλεκτρική συμπεριφορά, αντοχές) προσδιορίζει μια ομάδα απαιτήσεων και τις αντίστοιχες τιμές στις οποίες πρέπει να ανταποκρίνεται η επίστρωση. Οι μηχανικές αντοχές (τριβή, κρούση, κάμψη, θλίψη), οι φυσικές (απορροφητικότητα, διαπερατότητα) και οι χημικές ιδιότητες πλαισιώνονται από την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την υγιεινή και την ευκολία καθαρισμού, την ολισθηρότητα και τη συμπεριφορά στη φωτιά. Οι απαιτήσεις εξαιτίας της χρήσης διαφοροποιούνται σε στενή συνάφεια με τη χρήση. Ακόμη και στον ίδιο χώρο η διάκριση σε ζώνες με ελαφρύ διαφορά χρήσεων και δραστηριοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε επιλογή επιστρώσεων με διαφορετικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, σε ένα κατάστημα ενδυμάτων οι δραστηριότητες έκθεσης, πώλησης και δοκιμών επιβάλλουν στο δάπεδο των αντίστοιχων ζωνών, χώρων διαφορετικής φύσης και έντασης στις καταπονήσεις, με αποτέλεσμα η διαφοροποίηση του δαπέδου να μην έχει μόνο αισθητικό χαρακτήρα. Επιπλέον, ορισμένες επιστρώσεις παρουσιάζουν χαρακτηριστικές ακουστικές ιδιότητες και συχνά προκρίνεται η επιλογή τους όπου προέχει η ακουστική του χώρου. Τέλος, η ανακαίνιση του δαπέδου αποτελεί ιδιόζουσα περίπτωση καθώς, όταν περιορίζεται στην επίστρωση, το πάχος της νέας στρώσης αποτελεί συχνά καθοριστική παράμετρο επιλογής, ανεξάρτητα από τη χρήση του χώρου.
- Το κόστος της επίστρωσης προσδιορίζεται από τρεις βασικές συνιστώσες, το κόστος κατασκευής και εφαρμογής (υλικά, εργασία, χρόνος), τη δαπάνη συντήρησης (καθαρισμός, επισκευή) και τη διάρκεια ζωής (επιθυμητός, απαιτούμενος, προβλεπόμενος ή προδιαγραφόμενος ωφέλιμος χρόνος χρήσης). Οποσδήποτε, στις περισσότερες περιπτώσεις ενδιαφέρει ή κατευθύνει την επιλογή η συμπίεση του κόστους της επίστρωσης. Σε ορισμένους χώρους, όπου η ανάγκη συντήρησης του δαπέδου είναι γενικά αυξημένη, η επιλογή οδηγείται σε δάπεδα με μικρή δαπάνη συντήρησης, ενώ σε άλλους, όπου ο απαιτούμενος χρόνος χρήσης

είναι σχετικά περιορισμένος (συχνή αλλαγή χρήσης, χρήστη, αισθητικών προτιμήσεων), προτιμούνται επιστρώσεις με χαμηλό κόστος εφαρμογής.

- Η αισθητική αποτελεί την υποκειμενική παράμετρο, αν και υπεισέρχεται λίγο ή πολύ καθοριστικά στην ασφάλεια χρήσης του δαπέδου, στη σήμανση του χώρου, στην προώθηση πωλήσεων, στην ψυχική διάθεση των χρηστών (εργαζόμενοι, πελάτες, ένοικοι, μαθητές, ασθενείς) και οπωσδήποτε στο κόστος της επίστρωσης.

7.8.2 Τα υλικά της τελικής επίστρωσης

Τα κυριότερα υλικά επίστρωσης των δαπέδων που χρησιμοποιούνται στον ελληνικό χώρο είναι οι ξύλινες επιστρώσεις, τα κεραμικά πλακίδια, τα μάρμαρα, ο γρανίτης και το μωσαϊκό. [16,23,29,30,31,38,81,82] Ωστόσο, παρουσιάζονται στην συνέχεια τα διάφορα πιθανά υλικά επικάλυψης κάθε κατηγορίας και περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

✓ Ξύλινα δάπεδα

Η εμφάνιση του ξύλου και η κατασκευή της επίστρωσης με παράθεση τεμαχίων, που μπορεί να έχουν διαφορετική απόχρωση ή προέλευση, επιτρέπουν την ικανοποίηση ποικίλων αισθητικών απαιτήσεων με τη δυνατότητα δημιουργίας ποικίλων συνδυασμών. Για την επιλογή του ξύλινου δαπέδου βασικούς παράγοντες αποτελούν η χρήση του χώρου, ο τρόπος θέρμανσης του χώρου, η δυνατότητα ή απαίτηση χρησιμοποίησης συμπαγούς υποστρώματος, η ανάγκη απορρόφησης κραδασμών και εξασφάλισης δαπέδου κατάλληλου για πολύωρη ορθοστασία, οι ηχομονωτικές και ακουστικές απαιτήσεις καθώς και η ευκολία συντήρησης, επισκευής ή αντικατάστασης. Γενικά, δε συνίσταται η χρήση του ξύλου σε συνθήκες υγρασίας ή βαριάς κυκλοφορίας καθώς έτσι περιορίζεται τη διάρκεια ζωής του.

Τα κύρια είδη του ξύλου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ξύλινες επιστρώσεις είναι η δρύς, η καστανιά, η οξιά, η πεύκη, η ελάτη, τα τροπικά ξύλα, το σφενδάμι και η μελιά. Όλα τα είδη δεν είναι το ίδιο ανθεκτικά στη χρήση. Περισσότερο ανθεκτική είναι η δρύς η οποία συνίσταται για χώρους διημέρευσης, υπνοδωμάτια, εισόδους κατοικιών, αίθουσες θεαμάτων και εκθέσεων, πολυδύναμους χώρους, μουσεία, καταστήματα. Λιγότερο ανθεκτική είναι η καστανιά, όπως και η οξιά. Σε χώρους έντονης χρήσης (αίθουσες χορού, άθλησης, πολυκαταστήματα κτλ.), συνιστώνται για την αντοχή τους τα εξωτικά είδη. Τέλος, τα κωνοφόρα ενδείκνυνται για υπνοδωμάτια, όπου οι κίνδυνοι από τη χρήση είναι μειωμένοι.

Τα τεμάχια που συνθέτουν την επίστρωση του δαπέδου, (σανίδες, πλάκες, τάβλες), ανάλογα με τη δομή τους διακρίνονται στα ολόσωμα και στα σύνθετα (αντικολλητά). Οι ολόσωμες επιστρώσεις αποτελούνται από το ίδιο ξύλο σε όλο τους το πάχος και έχουν πάχος συνήθως 23mm, αυτό όμως διαφοροποιείται από κατασκευαστή σε κατασκευαστή και αναλόγως της χρήσης. Σε δημόσιους χώρους ή χώρους με έντονη χρήση μπορούν να τοποθετηθούν τα 22-20mm καρφωτά ή 10mm κολλητά, ενώ σε κατοικίες τα 8mm είναι αρκετά. Η περισσότερο συνήθης αντικολλητή σανίδα κατασκευάζεται από τρεις επάλληλες στρώσεις (φύλλα) συγκολλημένες, την εμφανή, την ενδιάμεση και την κατώτερη και παράγεται σε πάχη 7, 10, 14, 16, 20 ή 23mm. [80]

Οι συνήθεις τρόποι τοποθέτησης της ξύλινης επίστρωσης είναι: [80]

- με κάρφωμα (καρφωτά), όπου η επίστρωση στερεώνεται με κάρφωμα πάνω σε κατασκευή από ξύλινες δοκίδες (καδρόνια) ή σε ψευδοπάτωμα από σανίδες είτε σε πλάκες ή φύλλα προϊόντων ξύλου
- με επικόλληση των τεμαχίων της επίστρωσης σε συμπαγές, λείο, οριζόντιο και επίπεδο υπόστρωμα (όπως απότσιμεντοκονίαμα και γαρμπιλόδεμα)
- πλωτά, χωρίς στερέωση των τεμαχίων σε υπόστρωμα ή υπόβαση, αλλά μόνο με συγκόλληση μεταξύ τους και τοποθέτηση πάνω σε επίπεδο, ομαλό και συμπαγές υπόστρωμα με παρεμβολή εύκαμπτου μονωτικού φύλλου [80]

Η συνήθεστη περίπτωση τοποθέτησης με κάρφωμα είναι πάνω σε κατασκευή από ξύλινα καδρόνια και ψευδοπάτωμα. Η κατασκευή αυτή εδράζεται σε σταθερό υπόβαθρο, το οποίο συνήθως είναι πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή στρώση γαρμπιλοσκυροδέματος. [80,83] Εναλλακτικά, η τελική ξύλινη επίστρωση μπορεί να τοποθετείται απευθείας επί του ξύλινου σκελετού. [83] Το συνήθες πάχος αυτής είναι τα 23mm μπορεί όμως να τοποθετηθεί και σε πάχος 16mm ή και 20mm. [80,83] Στην περίπτωση, τοποθέτησης ψευδοδαπέδου αυτό μπορεί να κατασκευάζεται από ελάτη πάχους 20mm, από μοριοσανίδα πάχους

μεγαλύτερου ή ίσου των 16mm ή και από κόντρα πλακέ πάχους μεγαλύτερου ή ίσου των 12mm. [80,83] Τα καθρόνια, από ξυλεία πεύκου ή έλατου, στην περίπτωση του καρφωτού δαπέδου πρέπει να είναι ευθύγραμμα, χωρίς ρόζους, σκασίματα, σκεβρώματα και επιλέγονται στις κατάλληλες για κάθε περίπτωση διαστάσεις (γεωμετρία του δαπέδου κάθε χώρου, απαιτούμενο τελικό ύψος του δαπέδου, διελεύσεις σωληνώσεων κτλ.). [80] Το ελάχιστο πάχος τους εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων τους, ενώ ενδεικτικά πάχη είναι τα 20, 25, 32 και 50mm. [83] Ειδικά καρφωτά δάπεδα αποτελούν τα δάπεδα κλειστών γυμναστηρίων τα οποία αποτελούνται από λωρίδες κόντρα πλακέ θαλάσσης πάχους 23mm και οι οποίες τοποθετούνται καρφωτές πάνω σε υπόστρωμα από στρώση άμμου αφού παρεμβληθεί μεμβράνη πολυαιθυλενίου ή ασφαλική μεμβράνη στην περίπτωση δαπέδου επί εδάφους ή σε υπόστρωμα από πλωτό οπλισμένο γαρμπιλοσκυρόδεμα. Την ίδια μορφή παρουσιάζουν και δάπεδα αιθουσών judo με τη διαφορά ότι εδώ χρησιμοποιούνται λωρίδες μοριοσανίδας πάχους 22mm. Τέλος, δάπεδα σκηνών θεάτρου κατασκευάζονται από ρητινώδη ξύλα πάχους 34mm ή από κόντρα πλακέ σκληρής ξυλείας οξειάς πάχους 22mm. [83]

Τα κολλητά και τα πλωτά δάπεδα εφαρμόζονται πάνω σε υπόβαθρο συνήθως από τσιμεντοκονίαμα, ελαφροσκυρόδεμα, γαρμπιλομωσαικό, ξύλινο ψευτοπάτωμα ή και πάνω στη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος. [80,83] Σε κάθε περίπτωση η επιφάνεια πρέπει να είναι λεία. Το ξύλινο ψευτοπάτωμα μπορεί να κατασκευάζεται από μοριοσανίδες πάχους μεγαλύτερου ή ίσου των 16mm και με ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 10% καθώς και από κόντρα πλακέ πάχους μεγαλύτερου ή ίσου 12mm. Το ξύλινο δάπεδο μπορεί να κατασκευάζεται από ολόσωμο ξύλο σε πάχη 6, 8, 10 ή 11mm, από λωρίδες μοριοσανίδας από 14 έως 27mm καθώς από λωρίδες δρύ, καστανιάς ή τροπικών ξύλων πάχους 10mm όταν εφαρμόζονται σε σκληρό υπόστρωμα. [83]

✓ Επιστρώσεις με φυσικές πλάκες

Οι πλάκες που χρησιμοποιούνται σε επιστρώσεις δαπέδων, προέρχονται κυρίως από πετρώματα (φυσικούς λίθους). Συνήθως προτιμούνται πλάκες με κανονικά γεωμετρικά σχήματα από μάρμαρο, γρανίτη, σχιστόλιθο, τραβερτίνη ή πωρόλιθο (διακοσμητικά πετρώματα). Για την επιλογή του κατάλληλου τύπου πετρώματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι φυσικομηχανικές ιδιότητες αυτών, δηλαδή σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συνυπολογίζεται η αντοχή σε θλίψη, κάμψη, τριβή και κρούση, η σταθερότητα χρώματος και η ικανότητα υδατοαπορρόφησης αυτών. Το πάχος της κάθε πλάκας εξαρτάται από την σκληρότητα και τις αντοχές του υλικού και από την προβλεπόμενη χρήση. [80]

• Μάρμαρα

Ως μάρμαρο επιστημονικά χαρακτηρίζεται το μεταμορφωμένο πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκο μέχρι χονδροκόκκο ασβεστίτη και/ ή δολομίτη με ισομεγέθεις κόκκους, ενώ τεχνικά, κάθε πέτρωμα κοκκώδες ή σιφρό. Κύριο χαρακτηριστικό των πετρωμάτων αυτών είναι ότι μπορούν να κοπούν, να λειανθούν, να στιλβωθούν και να δώσουν πλάκες κατάλληλες για επενδύσεις δαπέδων και κατακόρυφων επιφανειών. [80]

Μέσα στο μάρμαρο είναι δυνατό να υπάρχουν και άλλα ορυκτά συστατικά σε διάφορες ποσότητες. Η παρουσία των ορυκτών αυτών, όταν βρίσκονται σε ικανή ποσότητα, επηρεάζει τις ιδιότητες και το χρώμα του μαρμάρου. Τα φυλλώδη ορυκτολογικά συστατικά αυξάνουν τη σχιστότητα του, ενώ ο χαλαζίας αυξάνει την σκληρότητα και την αντοχή του μαρμάρου, αλλά περιορίζει τη δυνατότητα καλής στίλβωσης. Τα έγχρωμα συστατικά προσδίδουν χαρακτηριστικές αποχρώσεις. Το χρώμα των γνήσιων μαρμάρων είναι συνήθως λευκό ή λευκότεφρο. Γενικά, το μάρμαρο χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πυκνότερα, βαρύτερα και ανθεκτικότερα πετρώματα. [80] Οι διαστάσεις τους μπορούν να καθορίζονται από τους κατασκευαστές. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος τους για εφαρμογή σε δάπεδα μπορεί να ισούται με 2 ή και 3cm. [16,23,29,31,81,82]

• Σχιστόλιθοι

Οι σχιστόλιθοι ανήκουν στα μεταμορφωσιγενή ασβεστολιθικά πετρώματα και συναντώνται συνήθως σε χρωματικούς τόνους του γκρι. Παρουσιάζουν συστασιακή ή μηχανική ανομοιογένεια, με αποτέλεσμα να σχίζονται εύκολα σε πλάκες. Η κατεργασία των σχιστόλιθων είναι γενικά δυσκολότερη από την κατεργασία των μαρμάρων, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις η λείανση της επιφάνειας χρήσης είναι μη εφικτή ή αποτελεσματική εξαιτίας της ανομοιογένειας του υλικού. [80]

- Γρανίτης

Ως γρανίτης χαρακτηρίζεται κάθε φυσικό συμπαγές πέτρωμα, το οποίο επιδέχεται λείανση, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό ή ως υλικό διακόσμησης και αποτελείται από ορυκτά με σκληρότητα από 5 μέχρι 7 βαθμούς της κλίμακας Mohs, όπως και ο χαλαζίας και ο άστριος. Ο ορισμός αυτός καλύπτει όλα τα πυριγενή πετρώματα. [80] Πρόκειται για πέτρωμα πολύ σκληρό, αδιαπέραστο από την υγρασία, δύσκολο στην κατεργασία και με μεγάλη διάρκεια ζωής. [45] Σε σύγκριση με τα μάρμαρα, οι γρανίτες παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη και σε τριβή. Με τη λείανση αποκτούν εξαιρετική λάμψη εξαιτίας των πυριτικών συστατικών τους. [80] Οι διαστάσεις τους μπορούν να καθορίζονται από τους κατασκευαστές. Ενδεικτικό πάχος για εφαρμογή σε δάπεδα είναι αυτό των 3cm. [23]

- ✓ Κεραμικά πλακίδια

Η κατασκευή δαπέδων με τεχνητές πλάκες από πηλό είναι αρκετά παλιά. Σήμερα, παράγονται κεραμικά πλακίδια σε μεγάλη ποικιλία διαστάσεων, σχημάτων, μορφής και εμφάνισης της τελικής επιφάνειας και προδιαγραφών ώστε να ικανοποιούνται όλες οι πιθανές απαιτήσεις επίστρωσης δαπέδων. Τα κεραμικά πλακίδια αποτελούν δομικά υλικά υψηλής ποιότητας από ορυκτές πρώτες ύλες. [80] Είναι πλακίδια κεραμικά με λεπτόκοκκο ιστό, τα οποία υποβάλλονται σε όπτηση μέχρι να επέλθει επίτευξη. Παρουσιάζουν μεγάλη σκληρότητα, αντοχή στην τριβή, στον παγετό και στα οξέα, μικρή υδροαπορρόφηση και καλή στεγανότητα. [45] Τα κεραμικά πλακίδια είναι μη αναφλέξιμα και ανθεκτικά στη φωτιά, ενώ σε περιπτώσεις πυρκαγιάς δεν εκλύουν τοξικές ουσίες. [80]

Παρουσιάζουν υδατοαπορροφητικότητα η οποία εξαρτάται από το πορώδες και από το βαθμό υαλοποίησης της μάζας τους. Η επιλογή των κατάλληλων πλακιδίων για κάθε επίστρωση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την απορροφητικότητα τους. Πλακίδια μεγάλης απορροφητικότητας είναι ακατάλληλα για υγρούς και για εξωτερικούς χώρους. Ανάλογα με το βαθμό υαλοποίησης της μάζας τους διακρίνονται σε: [80]

- μη υαλοποιημένα, τα οποία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα, άνω του 6% κατά βάρος, για αυτό είναι κατάλληλα μόνο για εσωτερικούς χώρους χωρίς αυξημένη υγρασία.
- μερικά υαλοποιημένα, τα οποία χαρακτηρίζονται από μικρότερη απορροφητικότητα, μεταξύ του 3% και 6%,
- υαλοποιημένα, τα οποία αποτελούν τη βέλτιστη επιλογή για τις περισσότερες περιπτώσεις δαπέδων καθώς παρουσιάζουν αυξημένη σκληρότητα, βελτιωμένες αντοχές και μειωμένη απορροφητικότητα (0,5%-3%).
- αδιαπέραστα, τα οποία απορροφούν νερό λιγότερο από 0,5% του βάρους τους και για αυτό είναι ιδανικά για εγκαταστάσεις νοσηλείας και χώρους υγιεινής. [80]

Οι χαρακτηριστικές ονομαστικές διαστάσεις εκφρασμένες σε cm είναι οι εξής: 10×10, 15×15, 20×10, 20×15, 20×20 και 30×30. Το πάχος τους είναι επιλογή του κατασκευαστή. [45] Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος τους μπορεί να ισούται με 1cm ή και 2cm. [16]

- ✓ Χυτές επιστρώσεις

Στην κατηγορία αυτή διακρίνονται δύο ομάδες επιστρώσεων, τα βιομηχανικά δάπεδα και τα μωσαϊκά.

- Μωσαϊκά

Από άποψη μηχανικών ιδιοτήτων, χημικής συμπεριφοράς και αισθητικής τα μωσαϊκά δάπεδα προσφέρουν εξαιρετικές δυνατότητες, ενώ αποτελούν τα μοναδικά συμπαγή ολόσωμα δάπεδα. [80] Το μωσαϊκό αποτελεί ένα σύνολο ψηφίδων ανακατεμένων μέσα σε μια συνδετική πάστα μαρμαρόσκονης, τσιμέντου και νερού. Όταν οι πέτρες αναμειγνύονται ακανόνιστα στο μείγμα τότε προκύπτουν τα χυτά μωσαϊκά. Η ομορφιά της πολυχρωμίας και των διαφόρων σχημάτων επιτυγχάνεται με το τρίψιμο, τη λείανση και το γυάλισμα της επιφάνειας του μείγματος το οποίο αποτελεί ουσιαστικά ένα είδος σκυροδέματος (μπετόν) ενισχυμένο με πολύ ανώτερα χαρακτηριστικά. Τα μωσαϊκά παρουσιάζουν απόλυτη συμβατότητα με το σκελετό του κτιρίου καθώς έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με την πλάκα την οποία εδράζονται. Εντοπίζεται επομένως κοινή συμπεριφορά σε θερμικές μεταβολές όπου κτίριο και υλικό επένδυσης αντιδρούν σαν ένα σώμα. Η έλλειψη ύπαρξης αρμών τα καθιστά ως ένα ενιαίο τύπο δαπέδου απαλλαγμένο από κάθε είδους υψομετρική διαφορά. Παράγεται δε σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, σχημάτων, μεγεθών και διάταξη ψηφίδας ώστε να αποτελεί ιδανική λύση για κάθε χρήση. Στον τομέα της ανθεκτικότητας κατακτούν τη δεύτερη θέση του βάθρου, καθώς μετά το φυσικό γρανίτη έχουν τη μεγαλύτερη διάρκεια σε βάθος χρόνου. Γεγονός που τα καθιστά κατάλληλο υλικό σε

πολυσύχναστους χώρους όπως αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, δημόσιους χώρους αλλά και σε κατοικίες. [85] Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μωσαϊκό μπορεί να διαστρώνεται σε πάχος όπως 2,5cm και 3cm. [31,85]

- Βιομηχανικά δάπεδα [80]

Ο όρος βιομηχανικά δάπεδα αναφέρεται σε επιστρώσεις που προορίζονται για εφαρμογή σε δάπεδα βιομηχανικών χώρων, χωρίς να αποκλείεται η εφαρμογή τους σε δάπεδα άλλων χρήσεων. Η βελτιωμένη μηχανική και χημική συμπεριφορά δεν αντιστρατεύεται την αισθητική. Μια θεμελιώδης ομαδοποίηση των βιομηχανικών δαπέδων προκύπτει με βάση το συνδετικό υλικό. Έτσι, διακρίνονται στα οργανικά (ρητινικά, ρητινούχα ή ρητινοκονιάματα) και στα ορυκτά (τσιμεντούχα, ανυδριτικά κτλ.).

Οι ρητίνες αποτελούν τα βασικά συστατικά των χυτών οργανικών επιστρώσεων, πρόκειται για θερμοσκληρυνόμενα συστατικά και παρουσιάζουν καθεμία ιδιαιτερότητες ως προς την σκλήρυνση καθώς και τις τελικές μηχανικές και χημικές αντοχές. Τα ρητινικά δάπεδα κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες με βάση το τελικό πάχος της επίστρωσης, που είναι οι εξής:

- λεπτές μεμβράνες (0-1mm)
- επιστρώσεις μέσου πάχους (1-3mm)
- επιστρώσεις μεγάλου πάχους (3-10mm)
- βαριές επιστρώσεις (άνω των 10mm)

Οι ορυκτές επιστρώσεις πρόκειται για αυτοεπιπεδούμενα κονιάματα τα οποία συντίθεται από συνδετική ουσία συνοδευόμενη από ένα καταλύτη (που επιτρέπει τη σκλήρυνση, άμμο και οπωσδήποτε ένα ρευστοποιητή, που αυξάνει σημαντικά τη ρευστότητα του μείγματος. Βασικά πλεονεκτήματα των ορυκτών επιστρώσεων είναι η εξαιρετική επιπεδότητα της τελικής επιφάνειας καθώς και η ευκολία και η ταχύτητα εφαρμογής.

- ✓ Ελαφρές επιστρώσεις

Οι ελαφρές επιστρώσεις χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρό βάρος και ευκολία εφαρμογής ή αποξήλωσης. Συναντούνται σε δάπεδα χώρων εμπορίου, παραγωγής, κατοικίας, άθλησης, αναψυχής, υγείας, εκπαίδευσης, ακόμη και στα δάπεδα των συγκοινωνιακών μέσων. Οι ελαφρές επιστρώσεις διακρίνονται σε βινυλικές, ελαστικές, υφαντές και λινόλεουμ. [80]

- Βινυλικές και ελαστικές επιστρώσεις

Οι βινυλικές επιστρώσεις αποτελούνται από μείγμα βινυλικών ρητινών, PVC, πλαστικοποιητικών, σταθεροποιητών, αδρανών και χρωστικών ουσιών, ενώ οι ελαστικές από συνθετικό καουτσούκ, αδρανή, σταθεροποιητές, πλαστικοποιητές και χρωστικές. Παράγονται σε φύλλα και σε πλακίδια με ποικιλία διακοσμητικών σχεδίων και αποχρώσεων με τυποποιημένες διαστάσεις και σε πάχη από 2 μέχρι 6mm. Οι τελικές αυτές επιστρώσεις, αποτελούνται από δύο ή περισσότερα φύλλα με διαφορετικές ιδιότητες, συγκολλημένα εν θερμώ, το υπόστρωμα, τα πιθανά ενδιάμεσα φύλλα και την επικάλυψη. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν επιστρώσεις με βελτιωμένες ιδιότητες, όπως ελαστικότητα, ηχοαπορρόφηση, αντίσταση θερμοδιαφυγής και αντοχή σε τριβή. Επιπλέον, παρουσιάζουν περιορισμένη μεταβολή διαστάσεων λόγω θερμοκρασιακών διακυμάνσεων, μηδενική υγραπορροφητικότητα και αναφλέγονται δύσκολα. [80]

- Επιστρώσεις από λινόλεουμ

Μία ομοιογενής μονοστρωματική επίστρωση από λινόλεουμ αποτελείται από μείγμα λινέλαιου και ρητινών, αδρανών από φελλό και ξύλο και χρωστικών. Παράγεται σε φύλλα πλάτους συνήθως 2m, σε πάχη από 2 μέχρι 5mm και σε ποικίλες αποχρώσεις. Έχει το πλεονέκτημα της περιορισμένης περιεκτικότητας σε συνθετικές ουσίες και για αυτό είναι φιλικότερο στο περιβάλλον και στο χρήστη από τις άλλες ελαφρές επιστρώσεις. Η χρήση του ενδείκνυται, εκτός από κατοικίες σε χώρους νοσηλείας, εκπαίδευσης και κοινωνικής πρόνοιας. [80]

- Υφαντές επιστρώσεις

Η χρησιμοποίηση υφαντών επιστρώσεων (μοκέτες) σε δάπεδα αποτελεί σημειακή επένδυση παρά καθολική επίστρωση δαπέδου. Οι μοκέτες που προορίζονται για δάπεδα ειδικών απαιτήσεων κατασκευάζονται κατά κανόνα από συνθετικές πρώτες ύλες και διατίθενται σε φύλλα ή σε πλακίδια με τυποποιημένες διαστάσεις. Το πέλος αποτελείται από ίνες πολυπροπυλενίου, νάυλον, πολυεστερικές, ακρυλικές ή από συνδυασμούς τους σε κυκλική πλέξη ή ακτινική. Ως πρώτο υπόστρωμα που συγκρατεί τις ίνες, χρησιμοποιείται φύλλο πολυπροπυλενίου, το οποίο υποστηρίζεται από ένα δεύτερο υπόστρωμα υφαντό από συνθετικές ίνες ή

αφρώδες, που εξασφαλίζει σταθερότητα διαστάσεων και ελαστικότητα στην επίστρωση. Οι επιστρώσεις της ομάδας αυτής παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων, τεχνικών χαρακτηριστικών και διακοσμητικών παραλλαγών, ώστε να είναι κατάλληλες για εφαρμογή σε χώρους κάθε χρήσης, όπου η αντοχή σε χρήση, οι αισθητικές απαιτήσεις, η περιορισμένη φροντίδα και η έντονη κίνηση ανθρώπων αποτελούν βασικές παραμέτρους επιλογής της επίστρωσης. [80] Επιπλέον, αναφέρεται ότι ανάλογα με τον τύπο της μοκέτας αυτή μπορεί να ικανοποιεί τις απαιτήσεις μείωσης των κτυπογενών θορύβων και συγχρόνως να συμβάλλει στη μείωση των θορύβων περιβάλλοντος. Η τοποθέτηση της μοκέτας μπορεί να γίνει πάνω σε σκληρό υπόστρωμα από γαρμπιλομωσαικό το οποίο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από σκόνες και υγρασίες, να μην υπάρχει κίνδυνος ανόδου της υγρασίας στην επιφάνεια του με τριχοειδή φαινόμενα, ενώ στην περίπτωση όπου υπάρχει κίνδυνος μετακινήσεως υδρατμών από τους κάτω χώρους, θα πρέπει να τοποθετείται κάτω από το σκληρό υπόστρωμα φράγμα υδρατμών. [86]

✓ Μαλακά δάπεδα [80]

Τα μαλακά δάπεδα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτά που διατίθενται με τη μορφή πλακιδίων και φύλλων, όπως ο φελλός, το καουτσούκ και το δέρμα και στους τάπητες από ίνες, όπως φλοιού καρύδας, από καλάμια και από γιούτα. Πάντως και οι δύο κατηγορίες, απευθύνονται κυρίως σε μοντέρνου στυλ κατοικίες και είναι υλικά στην πλειοψηφία τους φυσικά και αρκετά οικονομικά.

- Ο φελλός ως υλικό επίστρωσης των δαπέδων είναι υλικό μαλακό, αθόρυβο στο πάτημα, ιδιαίτερα άνετο και επιδεικνύει μεγάλη ελαστικότητα. Πρόκειται για φυσικό υλικό που προέρχεται από τον φλοιό του κορμού ενός είδους δρυός. Παρουσιάζει αντιστατικές ιδιότητες και είναι αντιολισθητικό ακόμη και υγρό ή υαλισμένο. Διατίθεται σε πλακίδια διάφορων διαστάσεων σε διάφορα πάχη, ενώ όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος τους τόσο πιο ανθεκτικό είναι το δάπεδο.
- Το καουτσούκ είναι ανθεκτικό στη φθορά, στην υγρασία και στη φωτιά, ιδιαίτερα ελαστικό, αθόρυβο στο πάτημα και ζεστό, μπορεί να επενδύσει όλους τους χώρους μιας κατοικίας, αλλά είναι πολύ πρακτικό στην κουζίνα και στο μπάνιο. Διατίθεται σε πλακίδια κανονικών διαστάσεων, σε πολλές αποχρώσεις και σχέδια.
- Τα πλακίδια από δέρμα φτιάχνονται από δέρμα βοδιού, χρησιμοποιώντας το κεντρικό τμήμα του τομαριού, όπου οι ίνες είναι πιο ισχυρές. Η τελική επιφάνεια μπορεί να είναι λεία, σιλιπνή ή πεπαλαιωμένη. Το δέρμα είναι ζεστό, άνετο, ελαστικό, ηχοαπορροφητικό και ανθεκτικό.
- Οι τάπητες από επεξεργασμένες ίνες φλοιού καρύδας είναι πολύ ανθεκτικοί σε έντονη χρήση, προτιμώνται για χρήση στα υπνοδωμάτια και είναι πολύ οικονομικοί.
- Το δάπεδο από γιούτα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στην έντονη χρήση, είναι μαλακό και είναι κατάλληλο για την επένδυση υπνοδωματίων.
- Οι τάπητες από sisal παρουσιάζουν μεγάλες διακοσμητικές δυνατότητες. Είναι πολύ ανθεκτικοί στην έντονη χρήση, είναι όμως οι πιο ακριβοί από τα φυσικά δάπεδα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες, όπως καθορίζονται από ελληνική τεχνική οδηγία [11], των συνηθέστερων υλικών που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση της τελικής επίστρωσης των δαπέδων.

Πίνακας 7.1:Θερμοφυσικές ιδιότητες των συνηθέστερων τελικών επιστρώσεων των δαπέδων [11]

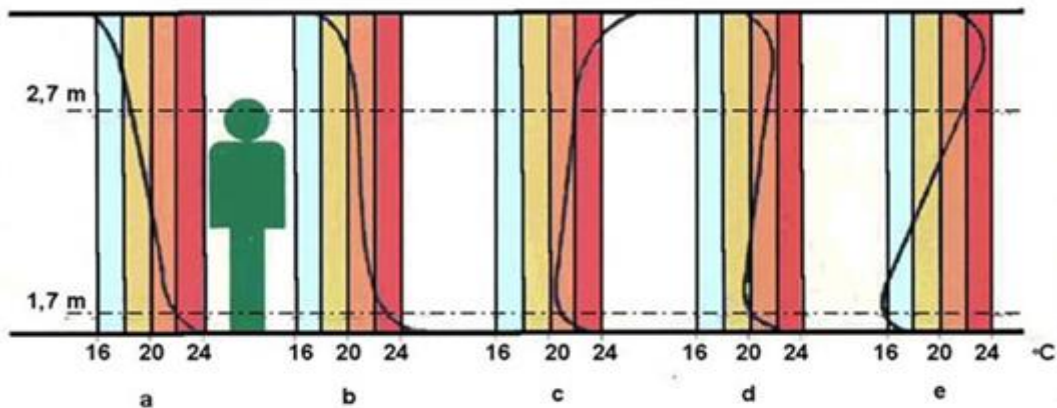
Υλικά	πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	ειδική θερμοχω- ρητικότητα $c_p (\text{J}/(\text{kgK}))$	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
				ξηρό	υγρό
Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1600	50	20
	500	0,130	1600	50	20
	700	0,180	1600	200	50
Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κτλ.)	600	0,140	1600	50	20
Οξιά	800	0,170	1600	200	50
Δρύς (βελανιδιά)	800	0,210	1600	200	50
Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210			
Γρανίτης	2500-2700	2,800	1000	10000	10000
Μάρμαρο	2800	3,500	1000	10000	10000
Σχιστόλιθος	2000-2800	2,200	1000	1000	800
Κεραμικά πλακίδια	2000	1,840	840	250	
Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση	2300	1,300	840	∞	∞
Μωσαϊκό	1900	1,200			
Μοκέτα	800	0,06	1300	5	5
Απλά πλακίδια φελλού	100-150	0,042	1560	10-30	
	>400	0,065	1500	40	20
Πλακίδια φελλού, οπλισμένα με ψαθωτή ύφανση	100-150	0,046	1560	10-30	

7.9 Το θερμαινόμενο δάπεδο [87]

Στη δαπεδοθέρμανση το στοιχείο που αποδίδει τη θερμότητα είναι το δάπεδο του χώρου. Το δάπεδο θερμαίνεται από σωλήνες που έχουν τοποθετηθεί στο εσωτερικό του κατά το στάδιο της κατασκευής. Από τις σωλήνες διέρχεται νερό με θερμοκρασία 45-55°C (η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του νερού που εισέρχεται στους βρόχους είναι 55°C έναντι 90°C των κλασικών συστημάτων με σώματα) με στόχο η θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου να ανέλθει στους 25-29°C. Οι βαθμοί αυτοί θεωρούνται κατάλληλοι για να απάγεται η απαραίτητη θερμότητα από το πόδι και να μη δημιουργεί ενόχληση στα άτομα. Η καθ' ύψος κατανομή των θερμοκρασιών που επιτυγχάνονται με τη δαπεδοθέρμανση πλησιάζει περισσότερο από κάθε άλλο σύστημα στη θεωρητικά ιδανική κατανομή, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 7.1.

Οι τρόποι μετάδοσης της θερμότητας του συστήματος της δαπεδοθέρμανσης είναι η ακτινοβολία και η επαφή με μεταφορά. Τα ποσοστά του κάθε τρόπου εξαρτώνται από τη θερμοκρασία δαπέδου και τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου. Επίσης, υπάρχει πιθανότητα η συνολική θερμική ισχύς που προσφέρεται στο χώρο από το δάπεδο να μην επαρκεί. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει ή να ενισχυθούν οι μονώσεις του κτιρίου, ή να τοποθετηθεί και θερμαντικό σώμα στο χώρο.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου είναι μια πολύ δύσκολη υπόθεση στις δαπεδοθερμάνσεις που λειτουργούν σε περιοχές με συχνές ή και απότομες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Και αυτό γιατί τα συστήματα αυτά έχουν μεγάλη θερμική αδράνεια, που σημαίνει ότι αργούν να φθάσουν σε θερμοκρασία λειτουργίας (να ζεσταθούνε), όπως αργούν και να κρυώσουν.



Σχήμα 7.1: Η καθ' ύψος κατανομή των θερμοκρασιών που επιτυγχάνονται a) με ιδανική θέρμανση, b) με δαπεδοθέρμανση, c) με θέρμανση οροφής με πάνελ ακτινοβολίας d) σώμα σε εξωτερικό τοίχο και e) με θέρμανση με αέρα. [87]

Οι σωλήνες οι οποίοι ενσωματώνονται στο δάπεδο είναι πλαστικές ή χάλκινες. Οι σωλήνες από χαλκό δίνουν μεγαλύτερη ισχύ από ότι οι πλαστικές. Όμως οι χρησιμοποιούμενες είναι οι πλαστικές και αυτό λόγω της χαμηλής τιμής τους και της συνεχούς βελτίωσης στην ποιότητα τους. Οι περισσότερες πλαστικές σωλήνες είναι κατασκευασμένες από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο χωρίς να αποκλείεται το πολυβουτένιο ή το πολυπροπυλένιο. Στα σημεία που οι σωλήνες κάμπτονται, η ακτίνα καμπυλότητας δε πρέπει να είναι μικρότερη από 20cm όταν η θερμοκρασία τους είναι 20°C. Όταν η θερμοκρασία των σωλήνων ανέλθει στους 60°C, η ακτίνα καμπυλότητας μπορεί να κατέβει στα 15cm.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η δαπεδοθέρμανση στο χώρο είναι τα εξής:

- Η πολύ καλή κατανομή θερμοκρασίας και ως εκ τούτου η αίσθηση άνεσης και ευεξίας που προσφέρει
- Η έλλειψη έντονων ρευμάτων αέρα ώστε να μειώνεται το ποσό της σκόνης που αιωρείται
- Η χαμηλή θερμοκρασία του νερού συντελεί στην εξοικονόμηση ενέργειας
- Ο χώρος είναι ελεύθερος από θερμαντικά σώματα και δεν παρουσιάζεται δυσκολία στην τοποθέτηση των επίπλων
- Δεν μαυρίζουν οι τοίχοι όπως συμβαίνει στην περίπτωση θερμαντικών σωμάτων
- Είναι η καταλληλότερη θέρμανση για χώρους με μεγάλο ύψος

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η δαπεδοθέρμανση στο χώρο είναι τα εξής:

- Έχει υψηλότερο κόστος εγκατάστασης, τουλάχιστον 20-25% μεγαλύτερο
- Δε μπορεί να ακολουθήσει επιτυχώς τις απότομες μεταβολές του καιρού
- Θα πρέπει να αποφασίζεται από νωρίς η τελική επίστρωση του δαπέδου καθώς και το χαλί που θα στρωθεί
- Ενδέχεται σε κάποιους χώρους να χρειαστεί και θερμαντικό σώμα
- Δε μπορεί να τρυπηθεί το πάτωμα, αν χρειαστεί
- Η οποιαδήποτε τροποποίηση ή επισκευή είναι πολύ δύσκολη και πολυδάπανη. Εντούτοις είναι πλέον εύκολο να εντοπιστεί με την κατάλληλη συσκευή το σημείο όπου έγινε η ζημιά.

7.9.1 Η σύνθεση της διατομής του θερμαινόμενου δαπέδου

Η εγκατάσταση συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε ένα χώρο επιβάλλει την κατασκευή ενός ειδικών προδιαγραφών υποστρώματος. Πρόκειται ουσιαστικά για πλωτό υπόστρωμα, το οποίο με την ενσωμάτωση του κυκλώματος θέρμανσης μετατρέπεται σε θερμαντικό στρώμα. Αποτελείται από σκληρές θερμομονωτικές πλάκες, πάνω στις οποίες στερεώνεται το κύκλωμα θέρμανσης που περιβάλλεται και υπερκαλύπτεται από στρώση τσιμεντοκονιάματος. Το θερμαινόμενο δάπεδο ως ενιαία κατασκευή υποστρώματος εφαρμόζεται πάνω σε επιφάνεια απόλυτα στεγνή, επίπεδη και ομαλή (φέρουσα κατασκευή ή επιπεδωτική στρώση). Η κατασκευή απομονώνεται από τα κατακόρυφα στοιχεία με την παρεμβολή αφρώδους ταινίας. [80]



Σχήμα 7.2: Διατομή δαπέδου με σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης [87]

Πριν την τοποθέτηση, λοιπόν, των σωλήνων πρέπει να προηγηθεί η θερμομόνωση του δαπέδου για να μην έχουμε απώλεια θερμότητας προς τα κάτω. [87] Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από το σύστημα θέρμανσης. Πάνω από το μονωτικό υλικό και κάτω από το σύστημα θέρμανσης και τη στρώση τσιμεντοκονιάματος παρεμβάλλεται οπωσδήποτε φράγμα υδρατμών. [80] Ως φράγμα υδρατμών προτείνεται από διάφορους κατασκευαστές ένα φύλλο αλουμινίου. [39] Η μόνωση συνήθως γίνεται από διογκωμένη πολυστερίνη. [87] Στο εμπόριο, βέβαια, προτείνεται και ως μονωτικό υλικό η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη. [39] Το πάχος του μονωτικού υλικού καθορίζεται από μελέτη θερμομόνωσης. Συνήθεις τιμές είναι: [87]

- σε δάπεδα μεταξύ θερμαινόμενων χώρων της ίδιας ιδιοκτησίας, πάχος μόνωσης 2cm
- σε δάπεδα μεταξύ θερμαινόμενων χώρων διαφορετικής ιδιοκτησίας, πάχος μόνωσης 4cm
- σε δάπεδα πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους ή σε δάπεδα επί εδάφους, πάχος μόνωσης 6cm
- σε δάπεδα πάνω από πιλοτές, πάχος μόνωσης 8cm [87]

Άλλοι κατασκευαστές προτείνουν μια διαφορετική λύση όσον αφορά την επιλογή του μονωτικού υλικού. Σε αυτή τη περίπτωση, ως μονωτικό υλικό επιλέγεται να διαστρωθεί πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από το σύστημα θέρμανσης και τη στρώση τσιμεντοκονιάματος, θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης. Το ελάχιστο πάχος διάστρωσης του ελαφροσκυροδέματος αυτού είναι τα 5cm ενώ το πάχος εφαρμογής του καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης. Επιπλέον, σε αυτή τη κατασκευαστική λύση δεν απαιτείται η χρήση φράγματος υδρατμών πάνω από τη θερμομονωτική στρώση. [16]

Η στρώση που θα καλύψει το σύστημα θέρμανσης, δηλαδή η στρώση τσιμεντοκονιάματος πρέπει να παρουσιάζει τη μέγιστη δυνατή ομοιογένεια και για αυτό χαρακτηρίζεται από αυστηρά καθορισμένη σύνθεση και τρόπο παρασκευής. Το τσιμεντοκονίαμα, με περιεκτικότητα τσιμέντου 350 kg/m^3 , παρασκευάζεται με χονδρόκοκκη άμμο και πλαστικοποιητή. Το πάχος της στρώσης (από το ψηλότερο σημείο του σωλήνα του κυκλώματος) κυμαίνεται μεταξύ 45 και 80mm, ενώ για πάχος μεγαλύτερο των 50mm απαιτείται οπλισμός (δομικό πλέγμα). Πριν από την εφαρμογή της επίστρωσης το τσιμεντοκονίαμα πρέπει να υποστεί φυσική ξήρανση επί αρκετές ημέρες μετά τη διάστρωση και να ακολουθήσει λειτουργία της εγκατάστασης θέρμανσης

για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ανάλογα με το είδος της επίστρωσης. [80] Κατά τη διάστρωση του τσιμεντοκονιάματος αυτού πρέπει να προσεχθεί για να μην έρχεται σε στενή επαφή με τις σωλήνες ώστε να αποφεύγεται εμφάνιση φυσαλίδων που μειώνουν την αγωγιμότητα. Η στρώση αυτή μας εξασφαλίζει: [87]

- ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας,
- προστασία των σωληνώσεων,
- καλή επαφή με τις σωλήνες,
- ρύθμιση της εκπομπής θερμότητας
- διαμόρφωση της επιφάνειας για την τελική επίστρωση

Όταν η τελική επικάλυψη είναι παρκέ πάνω σε καδρόνια, σε στενή επαφή με το σωλήνα τοποθετούνται ειδικές λάμες αλουμινίου για αύξηση της θερμαινόμενης επιφάνειας και ομοιομορφία στην κατανομή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του ξύλου. Στις κατασκευές αυτές δεν τοποθετείται τσιμεντοκονίαμα. [87]

8. Η θερμομόνωση και τα θερμομονωτικά υλικά

8.1 Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης

Ως γνωστόν, όταν έρθουν σε επαφή δύο αντικείμενα με διαφορετικές θερμοκρασίες, τότε εμφανίζεται ροή θερμικής ενέργειας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί προβλήματα απωλειών ενέργειας. Στην περίπτωση των κτιρίων η θερμότητα ρέει με φυσικό τρόπο από ένα θερμό χώρο σε έναν ψυχρότερο. [8]

Η θέρμανση ενός χώρου κατά τη χειμερινή περίοδο στόχο έχει να εξασφαλίσει θερμικό άνετο εσωκλίμα, καλύπτοντας τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον και εξασφαλίζοντας μια επιθυμητή θερμοκρασία. [50] Κατά τη χειμερινή περίοδο (ή περίοδο θέρμανσης) η ροή θερμότητας κινείται είτε άμεσα από όλους τους θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου προς τους παρακείμενους μη θερμαινόμενους χώρους (σοφίτες, αποθήκες, υπόγεια) και προς το εξωτερικό περιβάλλον, είτε έμμεσα διαμέσου των εσωτερικών οροφών, τοίχων και δαπέδων, οπουδήποτε ή οποτεδήποτε παρουσιάζεται θερμοκρασιακή διαφορά. Για παράδειγμα, σε μια κατοικία, η εσωτερική θερμοκρασία κατά τη χειμερινή περίοδο πρέπει να διατηρείται στους 18-22°C, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλότερη, με αποτέλεσμα να υπάρχει ροή θερμότητας διαμέσου των δομικών στοιχείων, από το εσωτερικό της κατοικίας προς το περιβάλλον. Επομένως, απαιτείται επιπλέον ενέργεια για να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Πέρα από την αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση, η συγκέντρωση επικίνδυνων εκπομπών αυξάνεται, αφού αυξάνεται και η λειτουργία του λέβητα της κατοικίας. [8]

Αντίστοιχα, τη θερινή περίοδο (ή περίοδο δροσισμού) η θερμότητα ρέει από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου. [8] Η ψύξη του χώρου με κλιματισμό έχει στόχο να μειώσει τη θερμοκρασία σε επίπεδα πολλές φορές χαμηλότερα της εξωτερικής θερμοκρασίας. Όμως, με την εσωτερική ψύξη του χώρου η ποσότητα της απορριπτόμενης εξωτερικά θερμότητας ανεβάζει τη εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε υψηλότερα επίπεδα. Απαιτείται τότε ακόμη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των χώρων και δημιουργείται έτσι μια επαναλαμβανόμενη αδιέξοδη κατάσταση, ιδίως στις πυκνοδομημένες μεγαλουπόλεις. [50]

Όπως ήδη παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.6 και επαναλαμβάνεται εδώ για λόγους πληρότητας, η ποσότητα της θερμότητας, η οποία διέρχεται λόγω αγωγής και συναγωγής διαμέσου των δομικών στοιχείων του κελύφους από τον θερμότερο στο ψυχρότερο χώρο, θεωρώντας τη ροή θερμότητας ως μονοδιάστατο μέγεθος και για χρονικά στάσιμη κατάσταση, δίνεται από τη σχέση (3.16): [5]

$$Q = U \cdot A \cdot (t_{Li} - t_{La}) \quad [W]$$

Η μετάδοση της θερμότητας μέσα από τα δομικά στοιχεία και υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα. [8] Έχοντας ήδη ορίσει την έννοια του συντελεστή θερμοπερατότητας U (W/m^2K) γνωρίζουμε την εξάρτηση του από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των υλικών λ (W/mK). Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι για να μειωθούν οι απώλειες λόγω μεταφοράς θερμότητας με αγωγή μέσω των δομικών στοιχείων του κελύφους, επιβάλλεται η χρήση υλικών με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται ως θερμομονωτικά.

Γενικά, ο όρος θερμομόνωση περιλαμβάνει όλα τα κατασκευαστικά μέτρα που λαμβάνονται ώστε να μειωθεί η ταχύτητα μετάδοσης της θερμότητας μέσα από διαχωριστικά πετάσματα, τα οποία χωρίζουν χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες. [5] Η θερμομόνωση σ' ένα κτίριο, μέσω της χρήσης θερμομονωτικών υλικών στα αδιαφανή δομικά στοιχεία αυτού σε συνδυασμό με κατάλληλα θερμομονωμένα κουφώματα ουσιαστικά παρέχει σ' αυτό ένα «προστατευτικό περίβλημα» το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του παρέχοντας μία αποτελεσματική αντίσταση στη ροή της θερμότητας. [23] Πιο συγκεκριμένα, με τη θερμομονωτική προστασία του κτιριακού κελύφους, τον χειμώνα μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο δηλαδή περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας γίνει θερμότερος ενώ παράλληλα περιορίζεται η υπερθέρμανση λόγω θερμικών προσόδων από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. [11,23]

Ταυτόχρονα όμως με τη θερμομονωτική προστασία των κτιρίων ελαχιστοποιείται και ο κίνδυνος εκδήλωσης του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών (δρόσου) και προστατεύονται οι κατασκευές από φαινόμενα υγρασίας του εσωτερικού χώρου. [11]

Συνεπώς, η θερμομόνωση των δομικών στοιχείων έχει ως στόχο να περιορίζει στο ελάχιστο δυνατό τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και να επιτυγχάνει τη δημιουργία ενός άνετου εσωκλίματος στο εσωτερικό των κτιρίων με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς με το μικρότερο δυνατό κόστος. [11]

Η μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης είναι αποτέλεσμα της μείωσης των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται ορθολογικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού διατάγματος που καθορίζει τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους.[11]

Για να είναι αποτελεσματική η θερμική προστασία του κελύφους είναι ανάγκη να θερμομονώνονται όλα τα δομικά στοιχεία που το συνθέτουν και τα οποία είναι ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή. Τα δομικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να προστατεύονται θερμικά είναι τα εξής: [23]

- Η οροφή (επίπεδη ή κεκλιμένη), που παρουσιάζει μεγάλες θερμικές απώλειες, καθώς είναι το μέρος εκείνο του κτιρίου που δέχεται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.
- Τα εξωτερικά τοιχώματα, τα οποία καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη επιφάνεια του κτιριακού κελύφους και τα οποία ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, μπορεί να προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες.
- Τα ανοίγματα, που είναι από τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου.
- Το κατώτερο δάπεδο του κτιρίου το οποίο όμως δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία, εκτός εάν χρησιμοποιείται ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης (δάπεδο ισογείου σε επαφή με το έδαφος). Οπωσδήποτε όμως, απαιτείται θερμική προστασία στις περιπτώσεις δαπέδου εκτεθειμένου προς το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. κτίριο σε πυλωτή).
- Τα μπαλκόνια και οι προεξοχές της πλάκας, όταν δεν προστατεύονται από τη θερμότητα, λειτουργούν σαν θερμογέφυρες, με αποτέλεσμα να μην ελέγχονται απόλυτα οι θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων και να προκαλούνται βλάβες στις κατασκευές λόγω συμπύκνωσης. Όμως η μόνωσή τους είναι συχνά προβληματική γιατί ανεβάζει υπέρμετρα το ολικό κόστος για τη θερμομόνωση του κτιρίου. [23]

Είναι σημαντικό, ακόμη, να αναφερθεί ότι η θερμομονωτική προστασία των δομικών στοιχείων θα πρέπει να εξετάζεται σε κάθε περίπτωση σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις προστασίας της κατασκευής από την υγρασία καθώς η θερμομονωτική ικανότητα των διαφόρων υλικών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας. [23]

Συνοπτικά αναφέρεται ότι μια καλή θερμική μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την αποταμίευση θερμότητας με την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υλικών.
- Την διατήρηση υψηλών εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών και την αποτροπή εμφάνισης δρόσου σ' αυτές
- Την μείωση των πιθανοτήτων σχηματισμού εσωτερικής συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών μέσω των δομικών στοιχείων των κατασκευών
- Την προστασία των δομικών στοιχείων του περιβλήματος του κτιρίου από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις [50]
- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά. [23]
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου. [23] Έχει εκτιμηθεί ότι με τη θερμική προστασία ενός συνηθισμένου κτιρίου μπορεί να εξοικονομηθεί μέχρι και το 45% της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει και το 60%. Από την άλλη, έχει

υπολογιστεί ότι η αγορά και η τοποθέτηση των θερμομονωτικών υλικών σε ένα νεοαναγειρόμενο κτίριο σπανίως υπερβαίνει το 2% με 4% του αρχικού συνολικού κόστους κατασκευής. [50]

- Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού. [23]
- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας ελαττώνεται αντίστοιχα και η κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων καθώς και η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή αέριων ρύπων. [11,23,50]

8.2 Τα θερμομονωτικά υλικά

Θερμομονωτικά υλικά είναι τα υλικά εκείνα, που έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ συνήθως μικρότερο της τιμής 0,1 W/mK. Τα υλικά αυτά καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους από πλευράς δομικής φυσικής και έχουν ως προορισμό τους να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και μείωση της θερμικής προσόδου κατά τη περίοδο δροσισμού. [8]

Αυτό που κατά κάποιο τρόπο είναι κοινό σε όλα, τα κάνει να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα υλικά και τα επιτρέπει να φέρουν τον χαρακτηρισμό 'θερμομονωτικά' είναι η δομή της μάζας τους. Πρόκειται κατά κανόνα για υλικά, τα οποία αποτελούνται από πλήθος ινών, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται αέρας ή από πλέγμα κλειστών ή ανοικτών κυψελίδων, εντός των οποίων περιέχεται αέρας (ή σπανιότερα κάποιο άλλο αέριο), που θεωρείται πρακτικά ακίνητος. [50] Η στερεή φάση των υλικών αυτών, ανάλογα με την πυκνότητα τους, κυμαίνεται συνήθως μεταξύ του 3% και 15% του όγκου τους, για αυτό και στη συντριπτική τους πλειοψηφία τα θερμομονωτικά υλικά είναι πολύ ελαφρά, [50] και συνεπώς έχουν κατά κανόνα μικρό φαινόμενο βάρος. [8]

Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα (θεωρείται «κακός αγωγός» της θερμότητας), επιτρέπει δηλαδή πολύ δύσκολα τη μετάδοση της θερμότητας μέσω αυτού. Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά της θερμότητας με αγωγιμότητα. Στην πράξη, η μικρότερη δυνατή θερμική αγωγιμότητα επιτυγχάνεται όταν υπάρχει ακίνητος, ξηρός αέρας. Τα θερμομονωτικά υλικά λοιπόν οφείλουν την ιδιότητα της θερμικής αντίστασης στον αέρα που περιέχεται μέσα τους. [8]

Η θερμική τους αγωγιμότητα καθορίζεται πρωταρχικά από τον αριθμό και το μέγεθος των κυψελών που υπάρχουν στη μάζα του υλικού τους και που περιέχουν τον ακίνητο, με θερμομονωτικές ιδιότητες, αέρα. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζεται από τη χημική σύσταση του υλικού, τη θερμοκρασία και την υγρασία στην οποία βρίσκονται. [8]

8.2.1 Οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών

Οι ιδιότητες, η συμπεριφορά και τα γενικότερα χαρακτηριστικά κάθε θερμομονωτικού υλικού καθορίζουν το εύρος και τις δυνατότητες εφαρμογής τους στα κτίρια. Η συνεκτίμηση των ιδιοτήτων των θερμομονωτικών υλικών και των απαιτήσεων της κατασκευής αποτελούν και το κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου προϊόντος που θα εξασφαλίζει για μεγάλο χρονικό διάστημα την απαραίτητη θερμική προστασία στο κτίριο, σε συνδυασμό πάντα με τα διάφορα οικονομικά στοιχεία δηλαδή το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης, τη διακίνηση του υλικού στην αγορά, τον χρόνο απόσβεσης της δαπάνης και το ποσοστό προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή. [23]

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:[8]

- στις φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες και
- στις περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού. [8]

8.2.1.1 Οι φυσικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών

Παρουσιάζονται παρακάτω οι φυσικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών:

- Πυκνότητα

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής και την απαίτηση της τελικής χρήσης, κάθε υλικό παράγεται για ένα εύρος πυκνοτήτων. Όπως προαναφέρθηκε, η πυκνότητα του υλικού επηρεάζει την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . [8]

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Όπως, ήδη έγινε γνωστό, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας περιγράφει το ποσό της θερμότητας που περνά ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού και για διαφορά θερμοκρασίας μιας μονάδας μεταξύ των δύο όψεών του. Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής λ , τόσο μικρότερη η θερμοροή και, επομένως, τόσο καλύτερη η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. [8]

- Εύρος χρήσης

Όπως όλα τα υλικά, έτσι και τα θερμομονωτικά έχουν ένα όριο θερμικής αντοχής. Ως εύρος χρήσης ορίζεται το θερμοκρασιακό διάστημα, μέσα στο οποίο η χημική σύσταση, η θερμομονωτική ικανότητα και η μηχανική αντοχή του υλικού είναι σε επιθυμητά επίπεδα, τέτοια ώστε να είναι ομαλή η απόδοση του υλικού. [8]

- Η επίδραση της θερμοκρασίας

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK) αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος για κάθε υλικό. Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ενός υλικού έχει υπολογιστεί στο εργαστήριο σε θερμοκρασία 10°C σε ξηρή κατάσταση και έχει προσαυξηθεί κατά ένα ποσοστό υγρασίας που καλείται 'πρακτική υγρασία'. Η πρακτική υγρασία είναι ουσιαστικά η υγρασία που προσλαμβάνει το υλικό από το περιβάλλον του, υπό κανονικές συνθήκες. Στην πραγματικότητα, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μειώνεται η θερμομονωτική του ικανότητα. Μάλιστα, η επί μακρόν έκθεση ορισμένων θερμομονωτικών υλικών σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 70 °C), όπως αυτές που αναπτύσσονται σε λέβητες, σε δίκτυα θέρμανσης, σε τοιχοποιίες πίσω από θερμαντικά σώματα, προκαλούν αλλοίωση της υφής τους και επιφέρουν θραύση των κυψελών τους ή συρρίκνωση της μάζας τους. Για αυτό συνιστάται να χρησιμοποιούνται ανόργανα ανώδη θερμομονωτικά υλικά. [50]

- Η επίδραση της υγρασίας

Η τιμή του λ επηρεάζεται άμεσα και από την υγρασία. Υλικά που έχουν εμποτιστεί με υγρασία μειώνουν ή ακόμη και χάνουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και αυξάνουν αντίστοιχα τη θερμική τους αγωγιμότητα. [50] Αυτό συμβαίνει καθώς οι πόροι των υλικών γεμίζουν με νερό του οποίου η θερμοαγωγιμότητα είναι 23 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του αέρα. Για το λόγο αυτό η υγρασία θεωρείται και το μεγαλύτερο αίτιο προβλημάτων της θερμομόνωσης σε μια κατασκευή. [8] Ακόμη πιο καταστροφικός είναι ο παγετός. Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του μηδενός το νερό μετατρέπεται σε πάγο, αυξάνοντας παράλληλα τον όγκο του κατά το 1/10 του αρχικού, με αποτέλεσμα στα εμποτισμένα με νερό υλικά να επέρχεται διαρραγή του ιστού τους και σταδιακή αποσάρθρωσή τους. [50]

- Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας

Η αντοχή στην επίδραση της υγρασίας εκφράζεται με δύο μεγέθη, τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών και την ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης.

Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών δηλώνει πόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζει το υλικό από ένα στρώμα αέρα ίδιου πάχους και στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία και την πίεση, είναι η ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του.

Η τιμή της ποσότητας υγρασίας εξομοίωσης εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας. Τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν νερό σε υγρή κατάσταση ή σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα της απορροφούμενης υγρασίας εξαρτάται από το πορώδες του υλικού, την υδρατμοστεγανότητα και την κατανομή των τριχοειδών αγγείων στη μάζα του και όπως αναφέρθηκε παραπάνω προκαλεί αισθητή αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού και κυρίως στον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του. [8]

- Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα αφρώδη οργανικά θερμομονωτικά υλικά και κυρίως τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά κινδυνεύουν άμεσα από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμείνουν επί μακρόν εκτεθειμένα σε αυτήν. Οι ακτίνες του ηλίου αλλοιώνουν σταδιακά το υλικό, μειώνοντας την αντοχή του και καθιστώντας το πιο εύθραυστο. Έτσι, χάνει τις θερμομονωτικές του ιδιότητες και σταδιακά καταστρέφεται. Για το λόγο αυτό, όλα τα υλικά αυτών των κατηγοριών μέχρι τη χρήση τους πρέπει να παραμένουν προφυλαγμένα σε υπόγειους ή σκιασμένους χώρους και μέσα σε κατάλληλη συσκευασία. Μετά την τοποθέτησή τους πρέπει σύντομα να επικαλύπτονται. [50]

- Η μεταβολή των διαστάσεων

Όπως όλα σχεδόν τα υλικά, έτσι και τα θερμομονωτικά, μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους με την άνοδο της θερμοκρασίας. Ορισμένα μάλιστα έχουν μεγάλους συντελεστές θερμοδιαστολής, αυξάνοντας σημαντικά την επιφάνειά τους. Για αυτό κατά την τοποθέτησή τους πρέπει να προβλέπεται η πιθανή επιμήκυνση τους λόγω αύξησης της θερμοκρασίας και να λαμβάνονται μέτρα, ώστε να μην αναπτύσσονται τάσεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν την ανασήκωσή τους. Στα θερμομονωτικά υλικά όμως που παρασκευάζονται με θερμικές διεργασίες, μετά την ψύξη τους παρατηρείται μια μικρή συρρίκνωση των αρχικών τους διαστάσεων και μια ελάττωση του όγκου τους της τάξης του 0,2% ως 0,4%. Αυτό οφείλεται στην απομάκρυνση της υγρασίας που απέκτησαν κατά τη διαδικασία παραγωγής τους και μπορεί να αποφευχθεί με τεχνητή γήρανση του υλικού κατά το στάδιο παραγωγής, ώστε αυτό να αποκτήσει σταθερές διαστάσεις. [50]

- Η χημική συμπεριφορά

Ορισμένα οργανικά θερμομονωτικά υλικά προσβάλλονται από ποικιλία χημικών διαλυτών, όπως είναι οι βενζίνες, το ασετόν, το βενζόλιο κ.α. Επίσης τα περισσότερα αφρώδη οργανικά υλικά επηρεάζονται από την πίεση και τη ρευστή άσφαλτο. Κατά τις κατασκευές των δωματίων, οι ασφαλικές μεμβράνες δεν πρέπει να επικολώνονται επάνω σε πολυστερινικής προέλευσης υλικά, διότι υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους. Ομοίως, ορισμένες κόλλες και χημικοί διαλυτές μπορούν να καταστρέψουν θερμομονωτικά υλικά, που έχουν ως πρώτη ύλη το ξύλο ή διάφορα άλλα είδη φυτών (άχυρα, καλάμια κτλ.). [50]

- Η αντίσταση στη φωτιά

Η συμπεριφορά των υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς, προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής, ανάλογα με το χρονικό διάστημα, μέσα στο οποίο το υλικό διατηρεί τις βασικές του ιδιότητες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη (μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι: A1/A2/A3/B1/B2/B3/C1/C2/C3. Πιο αναλυτικά:

- τα μη εύφλεκτα δομικά υλικά τυποποιούνται ως A1 ή A2,
- τα υλικά που αντιστέκονται στη φωτιά ως B1,
- κανονικά υλικά ως B2 και
- εύφλεκτα υλικά ως B3.

Τα υλικά της κατηγορίας A1 δεν επιτρέπεται να παρουσιάσουν καμιά ανάφλεξη, ενώ τα υλικά της κατηγορίας A2 μπορούν να αναφλεγούν για χρόνο μέχρι 20s. Για τα μη αναφλέξιμα υλικά και τους επιβραδυντές της φωτιάς της κλάσης A, απαιτείται τα αέρια της καύσης να μην είναι τοξικά. [8]

Όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά. Τα περισσότερα από αυτά δεν αναφλέγονται και δεν συντηρούν τη φωτιά. Τέτοια είναι ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, το αφρώδες γυαλί, ο περλίτης κ.α. Αντιθέτως, τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης, φυσικά ή τεχνητά, έχουν κακή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά και κατατάσσονται στην κατηγορία των μη άκαυστων υλικών. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστυρόλη, πολυουρεθάνη κ.α.) και τα παράγωγα από ξύλα και φυτά (ξύλομαλλο, φελλός, καλάμια, γιούτα). [50]

- Η μηχανική αντοχή

Η αντοχή σε εφελκυσμό και το όριο θραύσης πρόκειται για τα όρια αντοχής του υλικού σε τάσεις και εκφράζεται με τα μεγέθη αντοχής σε εφελκυσμό, του ορίου θραύσης και της θλιπτικής τάσης σε βράχυνση. Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι η τάση, μετά την οποία το υλικό παραμορφώνεται πλαστικά. Το όριο θραύσης είναι η τιμή της τάσης, μετά την οποία το υλικό χάνει τη συνοχή του, δηλαδή κόβεται. Όπως είναι αναμενόμενο, τα οργανικά αφρώδη υλικά, έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα ανόργανα ινώδη. [8]

Το θέμα της αντοχής των υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία είναι πολύ σημαντικό, αν η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το θερμομονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα). Κατά ανάλογο τρόπο αξιολογείται η μηχανική αντοχή των θερμομονωτικών υλικών όταν πρόκειται να τοποθετηθούν σε δώμα ή σε δάπεδο και πρόκειται να ασκηθούν σε αυτό ισχυρά φορτία. Επίσης, η γνώση της αντοχής των θερμομονωτικών υλικών σε εφελκυσμό είναι χρήσιμη, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενες κατασκευές ή να τοποθετηθούν σε ψευδοροφές με μεγάλα ανοίγματα. [50]

- Βαθμός απορρόφησης ήχου

Οι ηχομονωτικές ιδιότητες, που ενώ αποτελούν διαφορετική παράμετρο της δομικής φυσικής, σε ό,τι αφορά τα υλικά οφείλουν να συνεξετάζονται με τις θερμομονωτικές ιδιότητες. Με την έννοια ηχομόνωση εννοούμε την προσπάθεια προστασίας των χρηστών ενός χώρου από τους θορύβους, δηλαδή από την επίδραση κάθε ενοχλητικού ή δυσάρεστου ήχου. Οι θόρυβοι μπορεί να προέρχονται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον π.χ. κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανημάτων, είτε από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων. Οι απαιτήσεις για ηχοπροστασία βασίζονται σε προδιαγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων, οι οποίες υπολογίζονται σε μονάδες Decibel. Κάθε μια μονάδα Decibel αντιστοιχεί σε αύξηση της έντασης του θορύβου κατά 26%. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής, τόσο καλύτερη η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού. [8]

- Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης

Πρόκειται για μία πολύ σημαντική ιδιότητα, αφού αφορά άμεσα στους πραγματικούς χρήστες των υλικών, στους τεχνίτες στο εργοτάξιο. Είναι εύλογο, ότι ένα υλικό που είναι ελαφρύ, μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου. Ένα υλικό που είναι μαλακό και όχι εύθρυπτο κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές διαμορφώσεις ενός ξυλότυπου ή μίας τοιχοποιίας. Ένα υλικό που ψεκάζεται με μορφή αφρού, μπορεί να καλύψει μία γεωμετρικά περίπλοκη επιφάνεια, όπως έναν θόλο ή μια μεταλλική κατασκευή. Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των υλικών ως προς την κατεργασία και τοποθέτηση γίνεται ποιοτικά, με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, και ανάλογα με τις ικανότητες του συγκεκριμένου εργατικού δυναμικού. [8]

- Η διάρκεια ζωής σε σχέση με τη φθορά στο χρόνο

Η αντοχή στο χρόνο αποτελεί ακόμη μια παράμετρο των θερμομονωτικών υλικών, που εκφράζεται σε έτη διάρκειας ζωής, όπως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες. [8]

8.2.1.2 Οι περιβαλλοντικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών [8]

Τα θερμομονωτικά υλικά πέρα από τη σημαντική συνεισφορά τους στην προστασία του περιβάλλοντος που επιτυγχάνεται από τη μείωση των απωλειών θερμότητας με συνέπεια τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, η οποία και οδηγεί στην ελάττωση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων, δεν παύουν να επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή έως την τελική απόθεσή τους, όπως άλλωστε και κάθε υλικό γενικότερα. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στην ενσωματωμένη ενέργεια στα θερμομονωτικά υλικά που αποτελείται από το άθροισμα της “εσωτερικής” ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Η ενσωματωμένη ενέργεια των θερμομονωτικών υλικών συνδέεται και εντέλει μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής (διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου αντίστοιχα).

- Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια

Η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας όγκου θερμομονωτικού υλικού, συνήθως σε μονάδες kWh/m³ ή kWh/kg. Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται μία τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, τάση που δεν περιορίζεται ασφαλώς μόνο στα θερμομονωτικά υλικά, αλλά γενικότερα στο σύνολο του πεδίου των κατασκευών. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη ενέργεια.

- Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα

Τα θερμομονωτικά υλικά κινδυνεύουν από έντομα, σκώρο, τρωκτικά και μύκητες. Για το λόγο αυτό, προστίθενται σ' αυτά διάφορες πρόσθετες χημικές ουσίες, που στόχο έχουν την προστασία των θερμομονωτικών υλικών από βιολογικούς παράγοντες. Επειδή οι ουσίες αυτές επιβαρύνουν το περιβάλλον συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση τους και να αναζητούνται άλλοι τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από μικροοργανισμούς. Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα εκφράζεται ποιοτικά, με το αν ένα υλικό είναι ευπρόσβλητο ή όχι, μετά από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

8.2.2 Περιγραφή των κυριότερων μονωτικών υλικών

Για την ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών θα μπορούσε κανείς να επιλέξει πολλά κριτήρια, όπως για παράδειγμα την προέλευση τους (οργανικά ή ανόργανα), την δομή τους (ινώδη, κυψελώδη ή κοκκώδη), την παρασκευή τους (φυσικά ή τεχνητά), τις ιδιότητες τους (προσβαλλόμενα και μη προσβαλλόμενα από την υγρασία, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κτλ.). Ωστόσο η ταξινόμηση αυτή δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για το μηχανικό ή τον κατασκευαστή, παρά μόνο για μια συστηματικότερη γνώση των ιδιοτήτων τους. Επομένως, είναι καλύτερα τα θερμομονωτικά υλικά μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στα ελαφρά και τα βαριά θερμομονωτικά υλικά. [50]

Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στοιχεία σε μια κατασκευή και ο κατ'εξοχήν ρόλος τους είναι η θερμική της προστασία. Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τη σύστασή τους σε: [50]

- ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, ορυκτοβάμβακας)
- οργανικά ινώδη (ξυλόμαλλο, υλικά φυτικών ή ζωικών ινών)
- κυψελώδη (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδες εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη, ουρική φορμαλδεΐδη, φελλός)
- κοκκώδη (κίσηρη ή ελαφρόπετρα, περλίτης, βερμικουλίτης) [50]

Τα βαριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως κύρια δομικά υλικά όπως τα θερμομονωτικά τούβλα και τα θερμομονωτικά τιμεντότουβλα είτε και ως δομικά υλικά που εκτός από τη θερμομονωτική προστασία έχουν και άλλο βασικό ρόλο στην κατασκευή όπως τα θερμομονωτικά ελαφροσκυροδέματα, τα θερμομονωτικά επιχρίσματα και τα θερμομονωτικά πλακίδια ταράτσας. [16,50,67]

Τέλος, αξίζει να αναφερθούμε και σε μονωτικά υλικά τα οποία ανήκουν σε δύο άλλες κατηγορίες, στα εναλλακτικά-οικολογικά μονωτικά υλικά και στα εναλλακτικά μονωτικά υλικά υψηλής τεχνολογίας. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν μονωτικά υλικά που προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, ενώ στη δεύτερη σύγχρονα μονωτικά υλικά με σημαντικά βελτιωμένες ιδιότητες έναντι των συμβατικών. [88]

Η ανάγκη που οδήγησε στην παρασκευή εναλλακτικών μονωτικών υλικών από φυσικές πρώτες ύλες ή από ανακυκλώσιμη ύλη οφείλεται στο ότι τα συμβατικά μονωτικά υλικά παράγονται από τη χημική βιομηχανία και κατά τις διαδικασίες παραγωγής τους καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας (η λεγόμενη ενσωματωμένη ενέργεια ή "γκρίζα ενέργεια"), με επακόλουθες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Εκτός από τη χρήση ενέργειας, αυτά τα υλικά καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες πρωτογενών πόρων και στις περισσότερες περιπτώσεις παρασκευάζονται από συστατικά που δεν είναι ανανεώσιμα. [88]

8.2.2.1 Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά

- Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας είναι ινώδες υλικό ορυκτής προέλευσης με κύρια συστατικά το διοξειδίο του πυριτίου, την ανθρακική σόδα και το δολομίτη. Παρασκευάζεται σε θερμοκρασία τήξης με φυγοκέντριση ρευστής μάζας του υλικού, το οποίο εκσφενδονίζεται υπό μορφή λεπτών ινών γυαλιού πάχους 3 ως 20μm. Οι ίνες συσσωματώνονται παγιδεύοντας αέρα και δημιουργούν το υλικό σε πυκνότητες που κυμαίνονται από 13 ως 110 kg/m³. Όπως σε όλα τα ινώδη ανόργανα υλικά, όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών του υαλοβάμβακα και όσο μεγαλύτερο το μήκος τους, τόσο καλύτερη θερμική προστασία προσφέρει, όμως και τόσο ακριβότερο είναι το υλικό. Ο καθαρός υαλοβάμβακας χωρίς προσμίξεις και με επιμήκεις και μικρής διαμέτρου ίνες, που φέρει την εμπορική ονομασία 'υαλόμαλλο' θεωρείται ως υλικό υψηλών θερμομονωτικών απαιτήσεων [50] και

ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του δύναται να κυμαίνεται από 0,033 έως 0,041W/mK ανάλογα με την πυκνότητα και τη μορφή του. [11]

Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρήση του, όπως ως πάπλωμα σε ρολά, ως πάπλωμα προστατευμένο από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου, ως πάπλωμα ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα, ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες, ως ενισχυμένες πλάκες με υαλούφασμα και ως κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων. [50]

Χρησιμοποιείται τόσο ως θερμομονωτικό όσο και ως ηχομονωτικό υλικό. Επίσης, λόγω της ινώδους μορφής του σε ελεύθερη κατάσταση δε συγκρατεί την υγρασία. Όταν όμως βρίσκεται κλεισμένος μέσα σε αλλά δομικά υλικά επιτρέπει την υγρασία που εγκλωβίζεται στο δομικό στοιχείο να τον προσβάλλει και να εξαπλώνεται σε όλη του την έκταση. [50] Η προσβολή του από την υγρασία έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για αυτό το λόγο, όταν χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό στα κτίρια, κρίνεται απαραίτητη η προστασία του με φράγμα υδρατμών στη θερμή όψη του. [8]

Όσον αφορά στις ιδιότητες πυραντοχής του υαλοβάμβακα, προσοχή απαιτείται στα υλικά που προστίθενται για την βελτίωση της συνοχής (υδρίδιο του πυριτίου), στα συνδετικά υλικά (ρητίνες φαινοφορμαλδεΐδης), καθώς και στα υδατοαπωθητικά έλαια (σιλικονόνες ή ορυκτέλαια), διότι αυτά τα υλικά δύναται να υποβαθμίσουν την αντοχή του υαλοβάμβακα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Γενικότερα, πάντως, ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. [8]

Επίσης, διαθέτει ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από -100 °C έως 500 °C. Η αντοχή στον εφελκυσμό (0,005 N/mm²) και το όριο θραύσης (0,005- 0,015 N/mm²) του κρίνονται ικανοποιητικές. Ωστόσο, εμφανίζει μικρή αντοχή σε συμπίεση και ως εκ τούτου δεν προσφέρεται η χρήση του για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις. Έχει χρώμα κίτρινο ή λευκό, είναι άσμος και παρουσιάζει σταθερότητα όγκου. Δεν προσβάλλεται από έντομα, τρωκτικά και δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις, προσβάλλεται όμως από το υδροχλωρικό οξύ. Τέλος, δεν φθείρεται ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. [50]

- **Πετροβάμβακας**

Ο πετροβάμβακας είναι ινώδους μορφής, καθώς αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών (διάμετρος < 4 ή 5 μm) και παρασκευάζεται από μίγμα ορυκτογενών πετρωμάτων, που αφθονούν στη φύση, όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη. Για την παραγωγή του, το μίγμα των ορυκτογενών πετρωμάτων θερμαίνεται και λιώνει είτε μέσα σε υψικάμινο είτε σε ηλεκτρικό φούρνο (πιο σύγχρονη μέθοδος, καθώς επιτυγχάνει διαστασιακή ομοιομορφία στις παραγόμενες ίνες μέσω της σταθερά ελεγχόμενης θερμοκρασίας του τήγματος, καθώς και μηδαμινή μόλυνση του περιβάλλοντος). Στη συνέχεια και με τη βοήθεια της φυγοκέντρησης διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή. Η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους επιτυγχάνεται με την προσθήκη συνθετικής φαινολικής ρητίνης και σιλικονέλαιου. [8]

Στο εμπόριο κυκλοφορεί υπό μορφή παπλώματος με ή χωρίς ενίσχυση μεταλλικού πλέγματος, σκληρών πλακών, κογχυλιών και χύμα υπό κοκκώδη μορφή, επεξεργασμένος με θερμοσκληρυντικές ρητίνες. [50] Βρίσκει εφαρμογές τόσο στη δόμηση όσο και στη βιομηχανία, λόγω της αντοχής του σε υψηλότερες θερμοκρασίες. [44,50] Η χρήση των διαφόρων μονωτικών υλικών από πετροβάμβακα προσφέρεται για θερμική προστασία σε: [44]

- στέγες
- ψευδοροφές και σοφίτες
- δώματα
- ξηρά δόμηση
- διπλή τοιχοποιία
- συστήματα εξωτερικής και εσωτερικής θερμομόνωσης
- εξωτερικούς, εσωτερικούς και διαχωριστικούς τοίχους,
- ισόγεια πατώματα, ημιορόφους, δάπεδα [44]
- τεχνικές εφαρμογές, τζάκια, σωληνώσεις, αεραγωγούς, αγωγούς εξαερισμού, θερμαντικούς σωλήνες, μπόιλερ, θερμοηλεκτρικές μονάδες και ηλιακούς συλλέκτες, λεβήτες, δεξαμενές, πόρτες πυρασφάλειας, κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία [8,44,50]

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως 0,041 W/(mK) αναλόγως της πυκνότητας και της μορφής του. [11,50] Γενικά, είναι

αδιάβροχο υλικό που αναπνέει (επιτρέπει τη διάχυση υδρατμών), ωστόσο κάτω από κατάλληλες συνθήκες προσβάλλεται από την υγρασία. Η θερμομονωτική ικανότητά του επηρεάζεται σημαντικά στην περίπτωση προσβολής του από την υγρασία, έτσι ώστε να κρίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων προστασίας από αυτήν είτε με την προσθήκη οργανικών ενώσεων του πυριτίου (σιλάνια) είτε με την τοποθέτηση επικάλυψης φύλλων αλουμινίου ή γύψου. Επιπλέον, η θερμομονωτική του ικανότητα επηρεάζεται αρνητικά και από την αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, χρώματος καφέ ή μαύρου, που δημιουργούνται παράλληλα με τις επιθυμητές ίνες στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. [8]

Όπως, προαναφέρθηκε διαθέτει ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που οφείλεται στο γεγονός ότι οι πρώτες ύλες και τα πρόσθετα στον πετροβάμβακα κατά την παραγωγή λιώνουν σε μεγάλες θερμοκρασίες. Η ανώτερη θερμοκρασία εφαρμογής (750 °C) καθορίζει μέχρι ποια θερμοκρασία διατηρεί το μονωτικό υλικό τις ιδιότητές του. [8]

Ακόμη, διαθέτει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Αντίθετα, εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό (0,005 N/mm²) και χαμηλό όριο θραύσης από 0,00012 έως 0,0075 N/mm³. Όσον αφορά στις ακουστικές ιδιότητές του παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες. [8] Έχει χρώμα φαιό-κίτρινο και παρουσιάζει σταθερότητα όγκου. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά και καταστρέφεται από χημικές ενώσεις. Τέλος, δεν φθείρεται και ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. [50]

- **Ορυκτοβάμβακας**

Ο ορυκτοβάμβακας είναι συγγενές υλικό προς τον πετροβάμβακα. Παράγεται από ηφαιστειακά πετρώματα που αναμειγνύονται με άνθρακα και ασβεστόλιθο σε θερμοκρασία περίπου 1500 °C. Έχει ιδιότητες ίδιες σχεδόν με του πετροβάμβακα. [50] Το χρώμα του είναι φυσικό καφέ, έχει απαλή σύνθεση, είναι άοσμο και παρουσιάζει ευκολία στο κόψιμο. [44]

Ο φυσικός ορυκτοβάμβακας προσφέρει θερμομόνωση, ηχομόνωση και αντίσταση στη φωτιά (κατηγορία A1 - άκαυστα υλικά). Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρήση του, υπό μορφή παπλώματος σε ρολά, ως πάπλωμα σε ρολά προστατευμένο από τη μια του όψη με επικάλυψη από φύλλο αλουμινίου και σε πλάκες. Η χρήση των διαφόρων μονωτικών υλικών από ορυκτοβάμβακα προσφέρεται για θερμική προστασία σε: [44]

- διπλή τοιχοποιία
- ξηρά δόμηση
- σκεπές, σοφίτες και ψευδοροφές
- καρφωτά πατώματα και δάπεδα
- αγωγούς ψύξης/κλιματισμού, ηλιακούς συλλέκτες [44]

Όπως και ο πετροβάμβακας έτσι και ο ορυκτοβάμβακας είναι αδιάβροχο υλικό που αναπνέει (επιτρέπει τη διάχυση υδρατμών). Ωστόσο όταν βρίσκεται κλεισμένος μέσα στα άλλα δομικά στοιχεία προσβάλλεται από την υγρασία που εγκλωβίζεται στο δομικό στοιχείο και εξαπλώνεται σε όλη του την έκταση, για αυτό και πρέπει να προστατεύεται από κάθε είδους υγρασίας μέσω φράγματος υδρατμών. Η χρήση παπλώματος ορυκτοβάμβακα που έχει επικολλημένη στη μια του όψη φύλλο αλουμινίου, πρέπει να γίνεται μόνο όταν είναι απαραίτητη (λόγω της λειτουργίας των χώρων) η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών. Επίσης το φύλλο του αλουμινίου πρέπει να βρίσκεται προς τη θερμή πλευρά της στρώσης του ορυκτοβάμβακα, για να μην προκαλείται συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών και προσβολή του υλικού από την υγρασία. [50]

- **Διογκωμένη πολυστερίνη**

Η διογκωμένη πολυστερίνη (διεθνώς είναι γνωστή ως EPS) προέρχεται από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών πλαστικών. Παράγεται με πολυμερισμό από το μονομερές στυρένιο. Μετά την επεξεργασία σε ατμό προκύπτει το προϊόν που αποτελείται από διογκωμένους συγκολλημένους κόκκους στυρολίου. Έχει δομή κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή μόνο το 2% ως 5% του όγκου αποτελεί τη στερεά ύλη, ενώ τον υπόλοιπο όγκο καλύπτει ο αέρας, που αποτελεί και το μέσο διάγκωσης. Το ειδικό της βάρος ποικίλλει από 8 ως 30 kg/m³, ωστόσο επιβάλλεται η χρήση υλικού με ειδικό βάρος ίσο ή μεγαλύτερο των 20 kg/m³. [50] Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της μπορεί να κυμαίνεται από 0,033 έως και 0,038W/mK. [11]

Είναι φθινό, εύκολα παραγόμενο και εύχρηστο υλικό και παράλληλα παρουσιάζει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και για αυτό βρίσκει πολλές εφαρμογές. Ωστόσο, δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, επειδή δεν παρουσιάζει ηχομονωτικές ιδιότητες. Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών διαφόρων παχών και προσφέρεται για τη θερμική προστασία: [50]

- Κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού (δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχείων), με προτιμότερη την τοποθέτηση στην εσωτερική πλευρά
- Τοιχοποιίας πλήρωσης
- Δαπέδων επί εδάφους, που είναι προστατευμένα έναντι της υγρασίας εδάφους
- Δαπέδων επάνω από υπόγειο ή πιλωτών
- Ψευδοροφών
- Δωμάτων (συμβατικού τύπου) και στεγών
- Κεκλιμένων επιφανειών των στεγών και οριζόντιων ορόφων κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες [50]

Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει χρώμα λευκό και είναι άοσμο υλικό. Δεν παρουσιάζει σταθερότητα όγκου, ώστε μπορεί να εμφανιστούν κενά μεταξύ των πλακών με την πάροδο του χρόνου. Αυτό αντιμετωπίζεται είτε με τη χρήση πλακών μετά από μακρόχρονη αποθήκευση (περίπου 2 με 3 μήνες μετά την παραγωγή) είτε με τη χρήση πλακών με αναβαθμίδα (πατούρα) στις άκρες τους, ώστε να υπάρχει πάντοτε επικάλυψη στη θέση αρμών. Προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά όπως και από ποικιλία χημικών διαλυτών, όπως είναι η ακετόνη (ασετόν), ο αιθέρας, το βενζόλιο, οι βενζίνες, οι κετόνες, η ρευστή άσφαλτος και από υλικά που περιέχουν πίσσα. Για αυτό ακόμη και η 'εν ψυχρώ' επίστρωση ασφαλτόπανων επάνω από αυτήν πρέπει να αποφεύγεται. [50] Επιπλέον, φθείρεται όταν μένει επί μακρόν εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς σε εκτεταμένης διάρκειας έκθεση στον ήλιο, μετά την αλλαγή του χρώματός της σε ελαφρώς κιτρινωπό, σκληραίνεται και θρυμματίζεται. Ανήκει στα εύφλεκτα υλικά και παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται βρωμιούχοι αλειφατικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες, σε ποσοστό 5 ως 7%, ως μέσο αύξησης της πυραντοχής κατατάσσεται στις κατηγορίες πυραντοχής B1 και B2. [8]

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της είναι μικρότερο από αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα, καθώς κυμαίνεται από -70°C ως 90°C . [8] Η περιορισμένη αυτή αντοχή της στις υψηλές θερμοκρασίες ενίοτε μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα, ιδίως όταν τοποθετείται ως θερμομονωτικό υλικό σε δώματα, στα οποία η θερμοκρασία των υλικών κατά τη διάρκεια του θέρους μπορεί να αγγίξει τις οριακές τιμές της αντοχής της. [50]

Παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή σε συμπίεση. Μπορεί να παραλάβει τάσεις από 5 N/cm^2 ως 20 N/cm^2 , ανάλογα με την πυκνότητα της. Όταν όμως σε μια επιφάνεια θερμομονωμένη με διογκωμένη πολυστερίνη πρόκειται να ασκηθούν πολύ ισχυρά μοναχικά φορτία, υπάρχει κίνδυνος παραμόρφωσης και θραύσης των υπερκείμενων υλικών. Για αυτό σε ανάλογες περιπτώσεις πρέπει να μεσολαβούν στρώσεις από ισχυρά υλικά, που παραλαμβάνουν τα μοναχικά φορτία και τα μετατρέπουν σε γραμμικά. [50]

Τέλος, λόγω των κλειστών κυρίως κυψελίδων που τη συνθέτουν δε συγκρατεί παρά μικρές μόνο ποσότητες νερού, που εγκλωβίζονται στα κενά μεταξύ των κυψελίδων ή σε κυψελίδες που παρουσιάζουν διακοπές της επιδερμίδας τους. [50] Γενικότερα πάντως η διογκωμένη πολυστερίνη παρουσιάζει καλή αντοχή στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας. [8] Έτσι, κατά την τοποθέτηση της στις τοιχοποιίες δεν απαιτείται η χρήση φράγματος υδρατμών, εκτός αν η τοποθέτηση του κριθεί απαραίτητη.

- **Γραφιτούχο διογκωμένο πολυστερένιο**

Σύμφωνα με μια νέα τεχνολογία, η διογκωμένη πολυστερίνη παράγεται με προσθήκη γραφίτη δίνοντας ένα καινοτόμο θερμομονωτικό προϊόν, το γραφιτούχο αυτοσβενύμενο διογκωμένο πολυστερένιο. Έχει ασημένιο γκρι χρώμα και παρουσιάζει σταθερότητα διαστάσεων. Δεν προσβάλλεται από βακτηρίδια και μύκητες, ενώ παρουσιάζει μηδενική θρεπτική αξία για έντομα και τρωκτικά. Έχει μηδενική τοξικότητα και είναι 100% ανακυκλώσιμο. Παράγεται από αυτοσβενύμενη πρώτη ύλη η οποία περιέχει επιβραδυντικά φλόγας και έχει αυτοσβενύμενη συμπεριφορά στη φωτιά. Όπως και η διογκωμένη πολυστερίνη, έτσι και το γραφιτούχο διογκωμένο πολυστερένιο, λόγω των κλειστών κυρίως κυψελίδων που το συνθέτουν δε συγκρατεί παρά μικρές μόνο ποσότητες νερού, που εγκλωβίζονται στα κενά μεταξύ των κυψελίδων ή σε κυψελίδες που παρουσιάζουν διακοπές της επιδερμίδας τους. Παράλληλα, προσφέρει σημαντικά βελτιωμένη θερμομονωτική

απόδοση σε σχέση με τη συμβατική διογκωμένη πολυστερίνη. [28] Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μπορεί να κυμαίνεται από 0,030 έως και 0,032W/mK. [11]

Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών διαφόρων παχών και προσφέρεται για τη θερμική προστασία:

- στοιχείων από σκυρόδεμα
- τοιχοποιιών
- κεραμοσκεπών
- δαπέδων [28]

Στα υλικά κλειστών κυψελών όπως η διογκωμένη πολυστερίνη, η μετάδοση θερμότητας με αγωγή ελαχιστοποιείται. Επιπλέον, όμως, στην περίπτωση του γραφιτούχου διογκωμένου πολυστυρενίου τα μικροσκοπικά μόρια γραφίτη που περιέχονται κατά 3% στη σύνθεσή του λειτουργούν σαν ανακλαστές που εμποδίζουν τη μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας. Σαν αποτέλεσμα οι θερμομονωτικές πλάκες κατασκευασμένες από γραφιτούχο διογκωμένο πολυστυρένιο έχουν 15% - 20% καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες από τη συμβατική λευκή διογκωμένη πολυστερίνη.

Με εξαίρεση τη βελτιωμένη θερμομονωτική του απόδοση ακόμη και σε χαμηλές πυκνότητες σε σχέση με τη διογκωμένη πολυστερίνη, το γραφιτούχο διογκωμένο πολυστυρένιο διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα των μηχανικών και οικολογικών ιδιοτήτων της. [28]

• **Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη**

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (διεθνώς γνωστή ως XPS) είναι αφρώδες πλαστικό υλικό, συγγενές της διογκωμένης πολυστερίνης, αλλά με πολύ καλύτερες ιδιότητες από αυτήν. Έχει την ίδια χημική σύσταση, αλλά διαφορετική μέθοδο παραγωγής. [50] Για την παραγωγή της χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη η πολυστερίνη, το CO² ως προωθητικό αέριο σε ποσοστό από 3 ως 7%, στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 ως 6% και ως βοηθητικές ύλες το ταλκ και χρωστικές ουσίες, που δίνουν το χαρακτηριστικό για κάθε εταιρία χρώμα στο τελικό προϊόν. [8] Έχει δομή πυκνών μικρών κλειστών πολυεδρικών κυψελίδων και το τελικό προϊόν αποτελείται κατά 3%-4% του όγκου του από στερεά ύλη, που αποτελούν τα τοιχώματα των κυψελίδων και κατά το υπόλοιπο 96%-97% από μίγμα αέρα και αερίων. [50]

Είναι υλικό ακριβότερο της διογκωμένης πολυστερίνης, είναι όμως ευρύτερα διαδεδομένο και έχει πολλές οικοδομικές χρήσεις. Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών με ή χωρίς αναβαθμίδα (πατούρα) σε πλάτη από 1,0 ως 1,2m και σε πάχη από 20 ως 80mm. Οι πλάκες αυτές παράγονται με διαφορετική πυκνότητα ανάλογα με την εφαρμογή και με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος του επιχρίσματος. Στο εμπόριο κυκλοφορούν επίσης πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης με επικολλημένη στη μια τους όψη γυψοσανίδα. [50] Ο τύπος αυτός προσφέρεται για θερμομόνωση όταν πρόκειται να τοποθετηθεί στην εσωτερική πλευρά του τοίχου, ιδίως σε υφιστάμενες κατασκευές που χρήζουν περαιτέρω θερμικής προστασίας. Για την στερέωση τους στην υφιστάμενη τοιχοποιία χρησιμοποιούνται ειδικές κόλλες που έχουν ως βάση τη γύψο ή το τσιμέντο. [8]

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη έχει ευρύτερο πεδίο εφαρμογών ως θερμομονωτικό υλικό στα κτίρια. Ωστόσο, δε χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, καθώς δεν διαθέτει ικανοποιητικές ιδιότητες ηχοαπορρόφησης. [8] Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θερμομόνωση σε: [50]

- τοιχοποιία πλήρωσης
- δοκάρια, τοιχία και υποστυλώματα με τοποθέτηση είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά
- τοιχία υπογείων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος,
- δάπεδα σε ευπρόσβλητες από την υγρασία κατασκευές (δαπέδων επί εδάφους, δαπέδων επάνω από υπόγειο ή πιλοτής)
- δώματα συμβατικού ή ανεστραμμένου τύπου
- ψευδοροφές
- πλάκες οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένες στέγες
- ψυκτικούς θαλάμους [50]

Είναι υλικό άοσμο με διάφορα χρώματα, ανάλογα με την εταιρία που το παράγει. Συνήθως είναι γαλάζιο ή ανοικτό πράσινο. Το ειδικό βάρος του ανάλογα με τη χρήση του είναι 26 ως 40 kg/m³ και παρουσιάζει σταθερότητα όγκου με μικρές συστολές της τάξης του 0,08%. [50] Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μπορεί να κυμαίνεται από 0,031 έως και 0,038W/mK, [11] ωστόσο στο εμπόριο συναντώνται και πλάκες

αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης με μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας όπως 0,028W/mK. [39]

Προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά όπως και η διογκωμένη πολυστερίνη. Η τεχνική λύση για την αποφυγή της προσβολής από τους παράγοντες αυτούς συστήνει τον εγκλωβισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης στο δομικό στοιχείο ή την επικάλυψη με επίχρισμα. [8] Επίσης προσβάλλεται από ποικιλία χημικών διαλυτών. Για αυτό και κατά τη χρήση της θα πρέπει να μην έρθει σε επαφή με υλικά που μπορεί να έχουν επάνω της διαλυτική επίδραση (βενζίνες, κετόνες, πίσσα, διαφόρων ειδών κόλλες κτλ.). [50]

Ακόμη, πρέπει να αποφεύγεται η επί μακρόν έκθεση της στην ηλιακή ακτινοβολία. Η υπερϊώδης ακτινοβολία αποχρωματίζει την επιφάνεια της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες. Για το λόγο αυτό πριν τη χρήση της πρέπει να προστατεύεται σε σκιερούς χώρους και να καλύπτεται με μεμβράνες συνθετικού υλικού ανοιχτού χρώματος. [50] Μετά τη χρήση της η προστασία της από την ηλιακή ακτινοβολία επιτυγχάνεται με επικάλυψη με τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών και ψευδομωσαϊκού, γυψοσανίδες ή ξηρή χαλικόστρωση και με στρώση επιχρίσματος. [8]

Παρουσιάζει αρκετά καλή αντοχή σε συμπίεση. Μπορεί να παραλάβει τάσεις από 20 N/cm² ως 50 N/cm², ανάλογα με την πυκνότητα της. Ωστόσο θα πρέπει να αποφεύγεται η άσκηση πολύ ισχυρών μοναχικών φορτιών, επειδή υπάρχει ο κίνδυνος παραμόρφωσης. Για αυτό σε ανάλογες περιπτώσεις πρέπει να μεσολαβούν στρώσεις από ισχυρά υλικά, που παραλαμβάνουν τα μοναχικά φορτία και τα μετατρέπουν σε γραμμικά. [50]

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι πρόκειται για εύφλεκτο υλικό το οποίο, όμως, καίγεται χωρίς τη δημιουργία επιβλαβών καπνών. [8] Επίσης, δεν επιτρέπεται να εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες καθώς αντέχει σε θερμοκρασίες -50-75°C. Η περιορισμένη αυτή αντοχή του στις υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να δημιουργήσει πολλές φορές προβλήματα όταν τοποθετείται ως θερμομονωτικό υλικό σε δώματα. Επιπλέον, δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι ή παγωνιά και λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του δεν απορροφά υγρασία. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές η μέγιστη απορροφητικότητα φτάνει το 0,1%-0,2% του όγκου του υλικού. [50]

• Πολυουρεθάνη

Η πολυουρεθάνη ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών μονωτικών υλικών. Παράγεται με την ανάμειξη διισοκυανικού και πολυόλης με την παρουσία καταλύτη. Ως μέσο διόγκωσης χρησιμοποιείται ο φθορισμένος υδρογονάνθρακας, ο οποίος σε αέρια φάση παρουσιάζει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Έχει δομή κλειστών κυψελών και η στέρεα ύλη καταλαμβάνει το 3%-8% του όγκου του. Το υπόλοιπο ποσοστό καταλαμβάνει το διογκωτικό αέριο και ο αέρας. [50]

Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών ή προκατασκευασμένων πετασμάτων, που αποτελούνται από πλάκες πολυουρεθάνης με εκατέρωθεν λεπτά φύλλα επίπεδης ή κυματοειδής μορφής. [50] Διατίθεται ακόμη στο εμπόριο με τη μορφή αφρού που χρησιμοποιείται επί τόπου στο έργο με εκτόξευση δια ψεκασμού καθώς διαθέτει ιδιαίτερα καλές συγκολλητικές ιδιότητες, αφού προσκολλάται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά. [8] Στην περίπτωση αυτή η εφαρμογή οφείλει να γίνει από έμπειρο και ειδικευμένο συνεργείο. [50]

Οι πλάκες πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικό υλικό σε: [50]

- εξωτερικές τοιχοποιίες με μόνωση πυρήνα
- δοκάρια, τοιχία και υποστυλώματα με τοποθέτηση είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά
- δάπεδα σε ευπρόσβλητες από την υγρασία κατασκευές
- δώματα συμβατικού ή ανεστραμμένου τύπου
- ψευδοροφές
- πλάκες οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένες στέγες
- ψυκτικούς θαλάμους, δεξαμενές [50]

Τα προκατασκευασμένα πετάσματα πολυουρεθάνης έχουν περισσότερη εφαρμογές σε λυόμενες κατασκευές, βιομηχανικά κτίρια, περίπτερα εκθέσεων, στα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και ως στοιχεία πλήρωσης. [50]

Ο αφρός πολυουρεθάνης βρίσκει εφαρμογές στις ίδιες κατηγορίες δομικών στοιχείων με τις πλάκες πολυουρεθάνης, προτιμάται όμως ιδιαίτερα στις περιπτώσεις εκείνες που είναι ανέφικτη ή δύσκολη η

εφαρμογή πλακών θερμομονωτικού υλικού, όπως για παράδειγμα σε κυλινδρικές ή σφαιρικές επιφάνειες ή επιφάνειες άλλου ακανόνιστου σχήματος. Επιπλέον εφαρμόζεται:

- σε εξωτερικές επιφάνειες προσόψεων
- στη φραγή αρμών μεταξύ τοιχοποιίας και κουφωμάτων
- στη μόνωση βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- στην προστασία σωληνώσεων
- στις μονώσεις ψυγείων αυτοκινήτων [50]

Η πολυουρεθάνη είναι υλικό άοσμο, έχει χρώμα κίτρινο και το ειδικό της βάρος κυμαίνεται από 30 ως 80 kg/m³. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, δεν σαπίζει και δε σχηματίζει μούχλα. Δεν διαβρώνεται από χημικές ουσίες, βενζίνη, πετρελαιοειδή, οξέα και βάσεις. Παρουσιάζει επίσης υψηλή αντοχή στην θερμή άσφαλτο μέχρι 110 °C επί μακρό χρονικό διάστημα. Όπως και τα άλλα αφρώδη υλικά επηρεάζεται από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία καθώς οι επιφανειακές κυψέλες αδυνατίζουν και το υλικό θρυμματίζεται. [8] Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες από -50 °C έως 110 °C. [50] Τέλος, το υλικό δεν παρέχει προστασία ηχομόνωσης και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό. [8]

Θεωρείται αυτοσβενδόμενο υλικό και δεν εξαπλώνει τη φωτιά. Αν και κατά την παραγωγή της προστίθενται μέσα αύξησης της πυραντοχής, κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής. Για την εκπλήρωση των όρων πυρασφαλείας στις εφαρμογές στα κτίρια, ο αφρός πολυουρεθάνης μπορεί να περιέχει και άλλα μέσα αύξησης της πυραντοχής. Σε περίπτωση πυρκαγιάς όμως και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 200 °C εκλύει σε μικρές ποσότητες επικίνδυνα τοξικά αέρια. [8]

Η αντοχή της πολυουρεθάνης είναι πολύ ικανοποιητική. Αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις από 20 N/cm² ως 30 N/cm². Ωστόσο θα πρέπει να αποφεύγεται η άσκηση πολύ ισχυρών μοναχικών φορτίων, επειδή υπάρχει ο κίνδυνος παραμόρφωσης. Για αυτό σε ανάλογες περιπτώσεις πρέπει να μεσολαβούν στρώσεις από ισχυρά υλικά, που παραλαμβάνουν τα μοναχικά φορτία και τα μετατρέπουν σε γραμμικά. [50]

Επίσης, έχει συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών από 50 έως και πάνω από 100 και παρουσιάζει εξαιρετικά μικρή απορρόφηση υγρασίας. Επίσης, δεν επηρεάζεται από βροχή, χίονι και παγωνιά. Ουσιαστικά δηλαδή πρόκειται για ένα αδιάβροχο υλικό, λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του. [8]

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η πολυουρεθάνη παρουσιάζει πολύ καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται από 0,023 έως 0,03W/(mK). Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου το εγκλωβισμένο στις κλειστές κυψελίδες αέριο διαχέεται και αντικαθίσταται με αέρα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τιμή του συντελεστή θερμικής της αγωγιμότητας. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να επιβραδυνθεί, αν το υλικό τοποθετηθεί ανάμεσα σε στεγανά τοιχώματα. Ομοίως σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ο συντελεστής λ αυξάνεται λόγω υγροποίησης του αερίου στις κυψέλες. [50]

• Ξυλόμαλλο

Το ξυλόμαλλο αποτελείται από ξυλώδεις ίνες, που έχουν αναμειχθεί και ορυκτοποιηθεί με τσιμέντο υψηλής αντοχής που προστατεύει το τελικό προϊόν από τη σήψη, τους μύκητες και τους μικροοργανισμούς και έχουν συμπιεστεί σε πλάκες κάτω από υψηλή θερμοκρασία. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται το ξύλο και σε συγγενή προϊόντα προς το ξυλόμαλλο χρησιμοποιούνται ροκανίδια, λεπτά κλαδιά, καλάμια, άχυρα και άλλα φυτικά προϊόντα υπό μορφή ινών.

Κυκλοφορεί στο εμπόριο σε διάφορους συνδυασμούς και ουσιαστικά σε δυο βασικούς τύπους δηλαδή σε απλές συμπαγείς πλάκες και σε πλάκες τύπου σάντουιτς με εκατέρωθεν εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση πολυστερίνης ή πετροβάμβακα. Οι πλάκες τύπου σάντουιτς είναι προφανώς ελαφρότερες των συμπαγών πλακών και συνδυάζουν τις ιδιότητες του ξυλόμαλλου και της διογκωμένης πολυστερίνης. Έτσι ο πρώτος τύπος υπερτερεί του δεύτερου κυρίως στην παραλαβή ισχυρών φορτίων, ενώ ο δεύτερος υπερτερεί του πρώτου στη θερμική προστασία.

Το ξυλόμαλλο προτιμάται κυρίως:

- στη θερμομόνωση στοιχείων του φέροντα οργανισμού, στα οποία χρησιμοποιείται και ως παραμένων ξυλότυπος
- στην εσωτερική θερμομόνωση οροφών μεγάλων χώρων, στους οποίους παραμένει ως εμφανές στοιχείο
- σε πλάκες οροφής κάτω από στέγη και σε κεκλιμένες στέγες
- στην εσωτερική θερμομόνωση δαπέδων, που πρόκειται να παραλάβουν υψηλά φορτία

- στην εξωτερική θερμομόνωση υπόστυλων χώρων και ανοικτών διαβάσεων (πυλωτές), όπου επίσης συχνά παραμένει εμφανές και βάφεται με κάποιο χρώμα
- στη θερμομόνωση μεγάλων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών που πρέπει να επιχρισθούν λόγω της καλής πρόσφυσης των επιχρισμάτων στο ξυλόμαλλο
- σε βιομηχανικούς και βιοτεχνικούς χώρους
- σε χώρους στους οποίους εκτός από θερμομονωτική απαιτείται και ηχητική προστασία

Σε χώρους, στους οποίους η κύρια απαίτηση είναι η θερμομόνωση (και όχι η παραλαβή φορτίων ή η ηχομόνωση κτλ.) προτιμώνται οι πλάκες τύπου σάντουιτς και όχι οι συμπαγείς πλάκες, επειδή λόγω του μεγάλου συντελεστή λ χρειάζονται κατά κανόνα μεγάλα πάχη του υλικού για να καλυφθούν οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Αυτός είναι και ο λόγος που στις τοιχοποιίες πλήρωσης προτιμώνται συνήθως άλλα θερμομονωτικά υλικά. [50]

Είναι βαρύ υλικό με φαινόμενο ειδικό βάρος: [11,50]

- για πλάκες πάχους μικρότερο του 25, 570 kg/m^3 [11]
- για πλάκες πάχους από 25 ως 35mm , 460 ως 415 kg/m^3
- για πλάκες πάχους μεγαλύτερου του 50mm , 380 kg/m^3 και μικρότερο [50]

Είναι υλικό άοσμο, έχει χρώμα φαιό και εκτός από θερμομονωτικό θεωρείται και καλό ηχομονωτικό υλικό. Παρουσιάζει σταθερότητα διαστάσεων και θεωρείται υλικό ανθεκτικό στο χρόνο. Προσβάλλεται από τρωκτικά και από έντομα που το χρησιμοποιούν ως φωλιά. Παρουσιάζει αντίσταση στους χημικούς διαλύτες και στα ασφαλτικά υλικά και πρέπει να αποφεύγεται η εν θερμώ διάσπρωση ασφαλτικών υλικών στην επιφάνεια του. Δε προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ορυκτοποίηση των ινών του ξύλου με το τσιμέντο προσδίδει στο ξυλόμαλλο αντίσταση κατά της φωτιάς και το προστατεύει. Ωστόσο θεωρείται ότι καθίσταται πρακτικά άφλεκτο μόνο με την επίχριση του. Έχει υψηλή αντοχή σε θλίψη και σε κάμψη που εξαρτάται από το πάχος της πλάκας. Μπορεί να παραλάβει χωρίς προβλήματα τόσο γραμμικά όσο και μοναχικά φορτία, χωρίς κίνδυνο παραμόρφωσης. Τέλος, το ξυλόμαλλο απορροφά την υγρασία, μπορεί όμως και την επαναποδίδει στο περιβάλλον, όταν εκλείψουν οι συνθήκες προσβολής του. [50]

- **Αφρώδες γυαλί**

Το αφρώδες γυαλί είναι γνωστό και ως κυψελωτό γυαλί και πρόκειται για υλικό ορυκτής προέλευσης με κυψελωτή δομή. Αποτελείται από πλήθος πολύ μικρών κυψελών ερμητικά κλειστών και ανεξάρτητων μεταξύ τους. Έχει ως βασικό υλικό την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με θερμική διεργασία αλεσμένου γυαλιού που έχει αναμειχθεί με άνθρακα. Αν και παρουσιάζει πολύ καλές ιδιότητες, δεν είναι ευρέως διαδεδομένο στη χώρα μας. Αυτό ίσως οφείλεται και στο πολύ υψηλό του κόστος, που είναι και το βασικό του μειονέκτημα.

Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε πλάκες μικρών διαστάσεων 30*30, 45*45, 60*60 (cm) με ενιαίο πάχος που κυμαίνεται από 2,5 ως 12 cm ή με μεταβλητό πάχος για θερμομόνωση δωματίων που κυμαίνεται από 6 ως 8 cm. Είναι κατάλληλο για θερμική προστασία:

- τοιχοποιίας με θερμομόνωση εξωτερικά ή στον πυρήνα
- συνολικών όψεων εξωτερικά
- τοιχίων υπόγειων χώρων
- δωματίων
- πλακών οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένης στέγης με τοποθέτηση ανάμεσα στους αμείβοντες
- δαπέδων σε επαφή ή όχι με το έδαφος
- υπέργειων ή υπόγειων δεξαμενών και χώρων μηχανολογικών εγκαταστάσεων [50]

Το αφρώδες γυαλί είναι ελαφρύ υλικό, αλλά μάλλον βαρύ για την κατηγορία των θερμομονωτικών υλικών. Το ειδικό του βάρος ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος κυμαίνεται από 125 ως 138 kg/m^3 . [50] Έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,040 έως $0,052 \text{ W/mK}$ [11] αλλά είναι μεγαλύτερος από άλλα μονωτικά υλικά. Έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής και παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα στις διαστάσεις του. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, ενώ δεν σαπίζει και δεν σχηματίζει μούχλα και μικροοργανισμούς. Δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις (προσβάλλεται όμως από το υδροφθορικό οξύ) και δεν φθείρεται και δεν αποσυντίθεται με το χρόνο. Είναι άκαυστο υλικό, εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς και αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με όρια από -260 ως $430 \text{ }^\circ\text{C}$. Κόβεται εύκολα με συνηθισμένα εργαλεία και προσαρμόζεται στις διαστάσεις εφαρμογής του. [50]

Έχει μεγάλη αντοχή σε συμπίεση (60-120 N/cm²) και σε κάμψη (περίπου 50 N/cm²). Για αυτό χρησιμοποιείται στη θερμομόνωση δαπέδων και άλλων επιφανειών, στα οποία ασκούνται υψηλά φορτία. Παρουσιάζει όμως ευαισθησία στα κρουστικά φορτία.

Τέλος, το αφρώδες γυαλί είναι το μόνο υλικό που παρουσιάζει πρακτικά μηδενική απορροφητικότητα και υδρατμοπερατότητα. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί στην κατασκευή ως φράγμα υδρατμών. Ωστόσο κατά την εφαρμογή του πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την καλή σφράγιση των αρμών μεταξύ των πλακών του, από όπου είναι εύκολη η διείσδυση της υγρασίας στο δομικό στοιχείο. [50]

- **Περλίτης**

Ο περλίτης είναι υαλώδες ορυκτό υλικό ηφαιστειακής προέλευσης, το οποίο αποτελεί την πρώτη ύλη για ποικιλία οικοδομικών εφαρμογών. Κύρια συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) και το οξείδιο του αργιλίου (Al₂O₃), ενώ περιέχει ακόμη οξείδια του σιδήρου, του ασβεστίου, του νατρίου, του καλίου κ.α. Από το φυσικό περλίτη προκύπτει ο διογκωμένος περλίτης. Με αφυδάτωση σε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 900 °C), το υλικό διογκώνεται κατά 10 ως 20 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους διαμέτρου 0,5 ως 5,0mm. Δημιουργείται έτσι ένα κοκκώδες υλικό με πολλές κλειστές κυψελίδες γεμάτες αέρα που του προσδίδουν μικρό βάρος και θερμομονωτικές ιδιότητες. [50]

Χρησιμοποιείται σε ξηρά μορφή, ως περλιτόδεμα, και επίσης για την κατασκευή θερμομονωτικών κονιαμάτων.

- Στην ξηρή του μορφή εφαρμόζεται χύμα στα διάκενα μεταξύ διπλών τοίχων, σε πατώματα, σε κανάλια θερμοαγωγών, σε σωληνώσεις και σε ψυκτικούς θαλάμους. Το υλικό αυτό με μικρό ειδικό βάρος (50 ως 60 kg/m³) είναι κατάλληλο ως θερμομονωτικό για χαμηλές θερμοκρασίες (ως -200 °C), όπως για παράδειγμα στην αποθήκευση και μεταφορά υγραερίου, υγροποιημένου οξυγόνου, αζώτου, μεθανίου κτλ. Χρησιμεύει επίσης στην κατασκευή θερμομονωτικών τούβλων και ελαφρών προκατασκευασμένων στοιχείων. [50]
- Ως περλιτόδεμα χρησιμοποιείται σε δώματα, σε δάπεδα, σε οροφές κάτω από στέγες, σε κεκλιμένες στέγες, επάνω από άλλα θερμομονωτικά υλικά για τη διαμόρφωση κλίσεων και για εξομαλύνσεις της επιφάνειας. Λόγω του σχετικά υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας απαιτεί μεγάλη πάχη για να συμβάλλει ικανοποιητικά στη θερμική προστασία των δομικών στοιχείων. Καλό είναι το περλιτόδεμα να συνοδεύει κάποιο άλλο θερμομονωτικό υλικό. [50] Επίσης, κάτω από δάπεδα χρησιμοποιείται ως θερμομονωτική και ηχομονωτική προστασία. [5]
- Ως θερμομονωτικό επίχρισμα χρησιμοποιείται εσωτερικά ή εξωτερικά των δομικών στοιχείων, καθώς και σε χώρους που απαιτούν υψηλή πυροπροστασία. Συμβάλλει στην αποφυγή θερμογεφυρών, ιδίως στις θέσεις των αρμών. Πάντως τα επιχρίσματα περλίτη ('περλοσοβάδες') σε καμία περίπτωση δεν επαρκούν από μόνα τους για να προσδώσουν στην τοιχοποιία την απαιτούμενη θερμική προστασία. [50]

Οι κόκκοι περλίτη έχουν χρώμα λευκό με ελαφριά απόχρωση προς το φαιό. Είναι άοσμο υλικό και το φαινόμενο ειδικό του βάρος κυμαίνεται από 50 ως 140 kg/m³ αναλόγως του τύπου του. Σε μορφή περλιτοδέματος (ανάμειξη περλίτη με τσιμέντο) το φαινόμενο ειδικό βάρος του ανέρχεται στα 300 ως 600 kg/m³, αναλόγως της αναλογίας ανάμειξης του τσιμέντου με τον περλίτη.

Ο διογκωμένος περλίτης δεν έχει υψηλή μηχανική αντοχή, για αυτό καλό είναι να αποφεύγεται επ'αυτού η άσκηση υψηλών μοναχικών φορτίων, όταν βρίσκεται σε ανώτερες στρώσεις των δομικών στοιχείων και δε προστατεύεται από άλλες ισχυρής αντοχής, που θα μπορέσουν να παραλάβουν αυτά τα φορτία και να τα μεταφέρουν ως γραμμικά. Αντιθέτως, τα περλιτοδέματα παρουσιάζουν υψηλότερη αντοχή αναλόγως της περιεκτικότητας τσιμέντου.

Δεν επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Παρουσιάζει επίσης αδράνεια έναντι χημικών ουσιών (οξέα, καταλύτες κτλ.) και δεν προσβάλλει τα μέταλλα. Είναι άκαυστο υλικό και δε μεταδίδει τη φωτιά. Μπορεί να αντέξει σε υψηλές θερμοκρασίες που φθάνουν τους 1200 °C. Ωστόσο, ο φυσικός περλίτης δε πρέπει να εκτίθεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 800 °C, επειδή διογκώνεται και θραύεται.

Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, δε σαπίζει και δεν αναπτύσσει μύκητες. Παρουσιάζει σταθερότητα όγκου και πρακτικά έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής. Θεωρητικά δεν προσβάλλεται εύκολα από την υγρασία και επιτρέπει την διάχυση των υδρατμών. Ωστόσο σε περίπτωση συμπύκνωσης των υδρατμών η υγρασία δύσκολα απομακρύνεται. [50]

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες των μονωτικών υλικών που περιγράφηκαν παραπάνω δηλαδή η πυκνότητα τους, ο συντελεστής θερμικής τους αγωγιμότητας λ , η ειδική τους θερμοχωρητικότητα και ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών όπως καθορίζονται από ελληνική τεχνική οδηγία [11] με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση αλλά και την σύγκριση των χαρακτηριστικών αυτών τιμών τους. Όσον αφορά τις θερμοφυσικές ιδιότητες του περλιτοδέματος, το οποίο στην ουσία ανήκει στα βαριά θερμομονωτικά υλικά, αυτές ήδη παρουσιάστηκαν στην ενότητα 6.2.4.2, καθώς ο βασικός του ρόλος σε ένα δομικό στοιχείο, δάπεδο ή δώμα, δεν η θερμομόνωση αυτού αλλά η διαμόρφωση μιας εξισωτικής στρώσης ή στρώσης κλίσεων αντίστοιχα η οποία όμως συμβάλλει στη θερμική προστασία του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 8.1:Θερμοφυσικές ιδιότητες ελαφρών θερμομονωτικών υλικών [11]

Υλικό	πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	ειδική θερμοχω- ρητικότητα $c_p (\text{J}/(\text{kgK}))$	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
				ξηρό	
Υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος	13-50	0,035-0,041	840	1,0-1,5	
Υαλοβάμβακας σε μορφή πλακών	20-110	0,033-0,041	840	1,0-1,5	
Πετροβάμβακας σε μορφή παπλώματος	40-100	0,035-0,041	840	1,0-1,5	
Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	50-180	0,033-0,041	840	1,0-1,5	
Ορυκτοβάμβακας σε μορφή παπλώματος		0,039-0,041	840	1,0-1,5	
Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλακών		0,037-0,041	840	1,0-1,5	
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	12-35	0,033-0,038	1500	20-100	
Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες	12-35	0,030-0,032	1550	30-80	
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30-40	0,031-0,038	1450	80-250	
Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες σε αφρό ή πλάκες	30-80	0,023-0,030*	1400-1500	50-100	
Πλάκες ξυλόμαλλου με ανόργανο συνδετικό	d<25mm	570	0,150	1470	2-5
	d≥25mm	360-480	0,090-0,100	1470	2-5
Αφρώδες υαλί	125-140	0,040-0,052	1000	100000	
Διογκωμένος περλίτης	50-130	0,070	900	1-2	

* Η αναγραφόμενη τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$ αντιστοιχεί σε πολυουρεθάνη 40 kg/m^3 . Όμως επειδή με την πάροδο του χρόνου αυτή η τιμή αυξάνεται και τότε σταδιακά μπορεί να πλησιάσει την τιμή των συνηθισμένων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας. [11]

8.2.2.2 Τα βαριά θερμομονωτικά υλικά

- **Πορώδη τούβλα**

Τα πορώδη τούβλα είναι τούβλα, στην μάζα των οποίων έχουν δημιουργηθεί πολλές μικρές σφαιρικές κοιλότητες με αέρα που άλλοτε επικοινωνούν και άλλοτε δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Λόγω των κυψελίδων αέρα παρουσιάζουν και καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες, για αυτό και είναι γνωστά και ως ελαφρά ή θερμομονωτικά τούβλα. [50] Τα τούβλα αυτά, καθώς αποτελούν βασικό υλικό δόμησης των τοίχων, έχουν περιγραφεί ήδη στην ενότητα 5.7, όπου έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά και οι ιδιότητες τους.

- **Πορώδεις τσιμεντόλιθοι**

Οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι είναι τεχνητοί δομικοί λίθοι από αφρώδες σκυρόδεμα που παράγονται με υδροθερμική κατεργασία σε αυτόκλειστες κυψέλες και χρησιμοποιούνται στη δόμηση, κυρίως για την κατασκευή τοιχοποιιών, αλλά και άλλων δομικών στοιχείων. [50] Οι τσιμεντόλιθοι αυτοί, καθώς αποτελούν βασικό υλικό δόμησης των τοίχων, έχουν περιγραφεί ήδη στην ενότητα 5.9, όπου έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά και οι ιδιότητές τους.

- **Τούβλων με ενσωματωμένο θερμομονωτικό υλικό**

Πρόκειται για τούβλα τα οποία έχουν αντικαταστήσει μια ενδιάμεση σειρά οπών με κάποιο θερμομονωτικό υλικό ενώ αποτελούνται από την ίδια πρώτη ύλη με αυτή των κοινών τούβλων. [50] Τα τούβλα αυτά, καθώς αποτελούν βασικό υλικό δόμησης των τοίχων, έχουν περιγραφεί ήδη στην ενότητα 5.8, όπου έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά και οι ιδιότητές τους.

- **Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης [16]**

Το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πρόκειται για ελαφροσκυρόδεμα με ελαφρά τεχνητά αδρανή. Παρασκευάζεται από επεξεργασμένους κόκκους, σφαιρίδια διογκωμένης πολυστερίνης προαναμεμειγμένα με ειδικό πρόσθετο, τσιμέντο και νερό. Το ειδικό πρόσθετο που χρησιμοποιείται επιτρέπει την καλή ανάμιξη και άντληση του υλικού καθώς και την ομοιογένεια του παραγόμενου ελαφροσκυροδέματος.

Τα αδρανή, δηλαδή οι κόκκοι διογκωμένης πολυστερίνης που περιέχει έχουν ελεγχόμενο, μη διαβρωτικό pH, γι' αυτό το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα δεν προκαλεί ανεπιθύμητες αντιδράσεις με τα υλικά που έρχεται σε επαφή. Οι κόκκοι αυτοί διασπείρονται τέλεια στο μίγμα, δεν συρρικνώνονται ούτε κατά τη φάση της αρχικής πήξης, ούτε και κατά τη φάση της σκλήρυνσης, δεν επιπλέουν κατά την ανάμιξη τους στο κονίαμα και ο όγκος τους παραμένει σταθερός. Έτσι, εξασφαλίζονται η σταθερότητα και η ομοιογένεια του μίγματος, καθώς και οι θερμομονωτικές και οι μηχανικές του ιδιότητες.

Το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα χρησιμοποιείται ως στρώση ρύσεων σε οροφές ή ως εξομαλυντική στρώση σε δάπεδα σε ελάχιστο πάχος 5cm. Το μέγιστο πάχος διάστρωσης αυτού καθορίζεται από την απαιτούμενη θερμική προστασία του δομικού στοιχείου.

Όσον αφορά τις οροφές, βρίσκει εφαρμογές σε ταράτσες και δώματα με ή χωρίς κατασκευή κλίσεων, σε κεκλιμένες στέγες, σε θολωτές οροφές καθώς και σε τραπεζοειδείς μεταλλικές οροφές. Στα δάπεδα διαστρώνεται ως εξισωτική στρώση και είναι κατάλληλο για χρήση ως υπόστρωμα κάτω από τσιμεντοκονίες, αυτοεπιπεδούμενες τσιμεντοκονίες, βιομηχανικά δάπεδα, στεγανωτικές στρώσεις καθώς και κάτω από συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα παρουσιάζει υψηλό θερμομονωτικό αποτέλεσμα και συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη διαμόρφωση καλού εσωκλίματος. Προσφέρει δυναμική και διαπνέουσα μόνωση, ενώ με τη διάστρωση του προκύπτει συμπαγή, ομοιογενής και ενιαία χυτή θερμομονωτική στρώση χωρίς θερμογέφυρες. Παρουσιάζει υψηλή διαπνοή και υψηλή διάχυση υδρατμών, έτσι ώστε δεν εμφανίζεται ο κίνδυνος του φαινομένου της δρόσου. Επίσης, βελτιώνει σημαντικά την αντιστατική συμπεριφορά του κτιρίου εξαιτίας του χαμηλού του φορτίου στα δομικά στοιχεία και παράλληλα εμφανίζει υψηλές αντοχές στη συμπίεση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Τέλος, τα ελαφροσκυροδέματα αυτά έχουν καλές ηχομονωτικές ιδιότητες και καλή αντίσταση απέναντι στη φωτιά.

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης έχουν ήδη παρουσιαστεί στους πίνακες 6.1 και 6.2 στην ενότητα 6.2.4.2, όπου έγινε αναφορά για το υλικό αυτό σε σχέση με τη χρήση του στα δώματα.

- **Θερμομονωτικό επίχρισμα διογκωμένης πολυστερίνης [16]**

Το θερμομονωτικό επίχρισμα διογκωμένης πολυστερίνης ή απλώς θερμοσοβάς αποτελεί προαναμεμειγμένο ξηρό κονίαμα σοβαντίσματος, υψηλής θερμομονωτικής απόδοσης, αποτελούμενο από επιλεγμένα υδραυλικά συνδετικά και σφαιρικούς κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης (διαμέτρου Ø 2mm) με ειδικά πρόσθετα.

Πρόκειται για ανόργανο κατά βάση υλικό που έχει καλή πρόσφυση με όλα τα συνήθη δομικά υλικά (τούβλο, σκυρόδεμα, παλιό σοβά). Τοποθετείται εύκολα σε κάθε είδους υπόστρωμα και ο αριθμός των στρώσεων εφαρμογής του ποικίλλει ανάλογα με το πάχος που επιδιώκεται. Το συνολικό πάχος του μπορεί να κυμαίνεται

από 2 έως 18cm, ενώ το τελικό πάχος εφαρμογής του εξαρτάται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της κατασκευής. Στην τελική επιφάνεια του εφαρμόζεται κοινό επίχρισμα ως φινίρισμα σε πάχος 0,5cm.

Προορίζεται για τις εξής εφαρμογές:

- Θερμική μόνωση νέων και παλαιών κτιρίων σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους όπως σε μονοκατοικίες και πολυκατοικίες, σε κτίρια γραφείων και εμπορικά κέντρα, καθώς και σε βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις. Εφαρμόζεται για τη θερμομόνωση εξωτερικά ή και εσωτερικά των τοιχοποιιών και των στοιχείων σκυροδέματος, για την συμπληρωματική θερμομόνωση εξωτερικά μιας δικάλυφης τοιχοποιίας και για την συμπληρωματική θερμομόνωση δαπέδων σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.
- Ανάπλαση και προστασία των φθαρμένων όψεων
- Προστασία τοίχων από τη βροχή και την υγρασία
- Εξάλειψη των θερμογεφύρων

Το θερμομονωτικό επίχρισμα διογκωμένης πολυστερίνης κατατάσσεται στην καλύτερη κατηγορία θερμομονωτικών σοβάδων από άποψη ενεργειακής προστασίας, καθώς παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,056\text{W/mK}$. Μάλιστα, σε συνδυασμό με την μικρή αντίσταση στη διάχυση υδρατμών $\mu=12,5$, δύναται να λειτουργεί με το μοντέλο της δυναμικής μόνωσης γεγονός που προσδίδει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά στην κατασκευή, εξασφαλίζει τον παθητικό αερισμό της κατασκευής και υγιεινές συνθήκες διαβίωσης. Δεν προσβάλλεται από την υγρασία και τα νερά της βροχής. Επιπλέον, ακόμα και αν παρουσιαστεί για τον οποιοδήποτε λόγο μια απορρόφηση ύδατος αυτή λόγω της υψηλής διαπνοής του υλικού θα εκτονωθεί άμεσα στο περιβάλλον. Μπορεί, ακόμη να χρησιμοποιηθεί και ως συμπληρωματικό υλικό για την πυροπροστασία της κατασκευής. Σε περίπτωση πυρκαγιάς οι κόκκοι της διογκωμένης πολυστερίνης που βρίσκονται μέσα στο υλικό εξαχνώνονται και τα κενά που απομένουν στην δομή του σοβά λειτουργούν πυροπροστατευτικά όπως ακριβώς συμπεριφέρεται και ο βερμικουλίτης. Επίσης, τα κενά που δημιουργεί η δομή του θερμομονωτικού σοβά εξασφαλίζουν σημαντική ηχοαπορρόφηση. Τέλος, το υλικό αυτό είναι φιλικό στο περιβάλλον και παρουσιάζει σταθερότητα στην πάροδο του χρόνου καθώς αποτελείται από κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης που είναι χημικά αδρανείς και από φυσικά ανόργανα συνδετικά υλικά.

• **Θερμομονωτικά πλακίδια ταράτσας**

Τα θερμομονωτικά πλακίδια είναι μια ενδιαφέρουσα λύση για την εκ των υστέρων μόνωση ενός δώματος που έχει μεγάλες θερμικές απώλειες. Μπορούν να τοποθετηθούν πάνω στην στεγανοποιητική μεμβράνη δημιουργώντας έτσι ένα αντεστραμμένου τύπου δώμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή τους είναι να έχει προηγηθεί στεγάνωση (υγρομόνωση) και δημιουργία ρύσεων στο δώμα. [67]

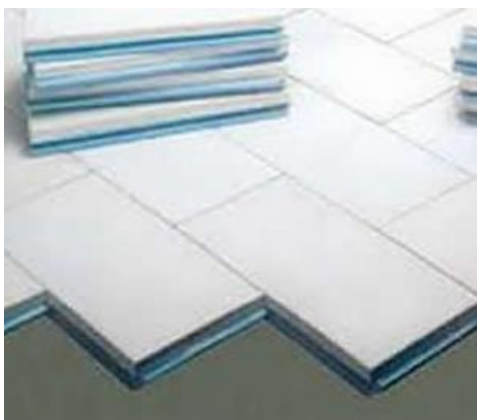
Πρόκειται για σύνθετα υλικά και τα τελικά τους χαρακτηριστικά μπορεί να διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Έχουν την όψη πλακιδίων με συνήθεις διαστάσεις 30 x 60 cm ή 30 x 30 cm. Το κάτω μέρος τους αποτελείται από εξηλασμένη πολυστερίνη σε πάχος 5cm. Ωστόσο, ανάλογα με τον κατασκευαστή ή και ύστερα από ειδική παραγγελία μπορεί να εφαρμόζεται και σε άλλα πάχη. Γενικά, δε συνίσταται η χρήση άλλου μονωτικού υλικού διότι αυτό μένει μόνιμα εκτεθειμένο στην υγρασία. [67] Πάνω από την εξηλασμένη πολυστερίνη υπάρχει επικολλημένη τσιμεντοκονία βελτιωμένη με πολυμερή, το πάχος της οποίας κυμαίνεται από 1 έως 2cm. [67,89] Μερικά θερμομονωτικά πλακάκια έχουν πατούρα ενώ άλλα όχι. [67] Το πλεονέκτημα που παρουσιάζουν τα πλακάκια με πατούρα, δηλαδή με ειδική πλευρική διαμόρφωση, είναι η εύκολη και σταθερή τοποθέτησή τους [90] καθώς και η μείωση του κινδύνου σχηματισμού θερμογεφυρών. [89]

Η τσιμεντοκονία είναι φτιαγμένη με τα κατάλληλα πρόσμικτα ώστε να προσφύεται καλά στην πολυστερίνη, να μη ρηγματώνεται και να έχει μεγάλη αντοχή σε επιφανειακή τριβή. Ανάλογα με τις αισθητικές προτιμήσεις το χρώμα της μπορεί να είναι γκρι, υπόλευκο ή και λευκό, ενώ η επιφανειακή της επεξεργασία μπορεί να είναι λεία ή και σαγρέ με ραβδώσεις ή αυλακώσεις. Ο ρόλος της είναι να προστατεύει την εξηλασμένη πολυστερίνη από τον ήλιο, να προσθέτει βάρος έναντι κινδύνου υφαρπαγής από τον αέρα ή επιπλεύσης σε τυχόν συσσωρευμένα νερά και βέβαια να προσφέρει βατότητα για την καλύτερη εκμετάλλευση του δώματος. [67]

Τα θερμομονωτικά πλακίδια ταράτσας συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα που έχει η εξηλασμένη πολυστερίνη ως μονωτικό υλικό και την ευκολία χρήσης τους καθώς δεν απαιτούν συνδετικά κονιάματα για την τοποθέτησή τους και έχουν μικρό βάρος. Ωστόσο, στα ανώμαλα υποστρώματα τα πλακάκια αυτά πρέπει να κολλιούνται, γιατί αλλιώς μετατοπίζονται ελαφρά με το πάτημα και δίνουν την αίσθηση μη σταθερότητας. Γενικά,

προστατεύουν το δώμα από τις καιρικές συνθήκες και ειδικότερα τη στεγανοποιητική στρώση από γήρανση και θερμική καταπόνηση και προσφέρουν πολύ καλή θερμομόνωση. Έτσι, μειώνουν σημαντικά τα κόστη κλιματισμού και θέρμανσης. Επιπλέον, μπορούν να αφαιρεθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις ανέγερσης νέων οροφών [89] ενώ είναι ιδανικά για μόνωση παλιών κατασκευών. [67] Ένα σημαντικό όμως μειονέκτημα τους είναι το υψηλό κόστος που έχουν μέχρι στιγμής. [67]

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για το θερμομονωτικό πλακάκι παίρνει διαφορετική τιμή στο πάνω και κάτω τμήμα από τα οποία αποτελείται, ανάλογα με το υλικό. Έτσι, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τσιμεντοκονιάματος ισούται με $1,395\text{W/mK}$, ενώ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της εξηλασμένης πολυστερίνης καθορίζεται από την πυκνότητα του υλικού που θα επιλεγεί για την κατασκευή του θερμομονωτικού πλακιδίου. Στο εμπόριο από τους διάφορους κατασκευαστές προτείνονται θερμομονωτικά πλακίδια με εξηλασμένη πολυστερίνη η οποία παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $0,030\text{W/mK}$, $0,033\text{W/mK}$ [89], $0,032\text{W/mK}$ [91] και με $0,034\text{W/mK}$. [90]



Σχήμα 8.1: Θερμομονωτικά πλακίδια σε αντεστραμμένου τύπου δώμα

8.2.2.3 Τα εναλλακτικά-οικολογικά μονωτικά υλικά

Στον τομέα της θερμομόνωσης, τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί πολυάριθμα εναλλακτικά μονωτικά υλικά, το καθένα με τις δικές του ιδιότητες και εφαρμογές, τα οποία είτε προέρχονται από φυσικές πρώτες ύλες με χαμηλά επίπεδα επεξεργασίας είτε παρασκευάζονται με την ανακύκλωση διαφόρων υλών. Και στις δύο περιπτώσεις, τα υλικά αυτά προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ωστόσο, μέχρι στιγμής είναι διαθέσιμα σε μικρής κλίμακας κανάλια διανομής. Στα εναλλακτικά οικολογικά αυτά υλικά ανήκουν ο φελλός, τα φύκια θαλάσσης, οι πλάκες από καλάμια, οι πλάκες πετρελισμένου αχύρου, η κυτταρίνη, το λινάρι, το βαμβάκι, το μαλλί προβάτου, η κάναβη και το καλαμπόκι. [88]

- **Φελλός**

Ο φελλός αποτελεί ένα φυσικό υλικό που προέρχεται από το φλοιό ορισμένων δένδρων (π.χ. από τη δρύ τη φυλλοφόρο ή φελλόδρυ), τα οποία καλλιεργούνται σε φυτείες κυρίως στην Ιβηρική Χερσόνησο. Ως μονωτικό υλικό έχει τη μορφή πλακών και παρασκευάζεται από θρύμματα φελλού που υποβάλλονται σε μεγάλες θερμοκρασίες και κατόπιν συμπιέζονται και αποκτούν σκούρο καφέ χρώμα. [88] Οι μονωτικές του ιδιότητες οφείλονται στις απειράριθμες αεροστεγείς κυψέλες από τις οποίες αποτελείται. [92] Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να κυμαίνεται $0,042$ έως $0,065\text{W/mK}$ ανάλογα με την πυκνότητα και τη μορφή του.[11]

Μπορεί να παραχθεί από καινούργιο φυσικό ή και από ανακυκλωμένο φελλό. Η συγκόλληση στη πρώτη περίπτωση γίνεται μέσω φυσικών συστατικών του υλικού. Ωστόσο, σε περιπτώσεις που ο φελλός είναι ανακυκλωμένος, η συγκόλληση μπορεί να γίνει και με συνθετικές κόλλες, οπότε τέτοιες πλάκες πρέπει να αποφεύγονται διότι περιέχουν τοξικές ουσίες. [88] Γενικά, όμως η φυσική του προέλευση και η απλές διαδικασίες επεξεργασίας του που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και τον καθιστούν ως ένα από τα πλέον οικολογικά προϊόντα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οικοδομή σήμερα. [92]

Οι μονωτικές πλάκες φελλού βρίσκουν εφαρμογή στη θερμική και ακουστική μόνωση οροφών, δαπέδων, κατακόρυφων στοιχείων του κελύφους, ψυκτικών θαλάμων καθώς και σωληνώσεων. [88] Επίσης, υπό μορφή πλακιδίων χρησιμοποιείται και ως τελική επίστρωση στα δάπεδα. [80]

Όσον αφορά τις ιδιότητες του αξίζει να αναφερθεί ότι είναι αρκετά ελαφρύ υλικό καθότι το 50% του όγκου του είναι αέρας, ενώ παρουσιάζει καλή αντοχή στη συμπίεση, καθώς διατηρεί το 90% του αρχικού του σχήματος όταν απελευθερωθεί από την πίεση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι καθώς οι υψηλές πιέσεις δεν διασπούν ούτε καταστρέφουν τους μικροσκοπικούς αεροθαλάμους του φελλού, αλλά απλώς συμπιέζουν τον αέρα μέσα σε αυτούς, ο φελλός μπορεί να ανακάτ τον αρχικό του όγκο μόλις απομακρυνθεί η πίεση. Μπορεί, ακόμη, να απορροφά κραδασμούς και προσκρούσεις. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι αν και δεν είναι απόλυτα αδιαπέραστος από την υγρασία, η κυτταρική δομή του εξασφαλίζει υψηλή υδατοαπωθητικότητα η οποία με τους κατάλληλους συνδετικούς παράγοντες μπορεί να μεγιστοποιηθεί. [92]

- **Κυτταρίνη**

Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες οι ίνες κυτταρίνης είναι διαδεδομένο ανανεώσιμο μονωτικό υλικό. Το υλικό αυτό παρουσιάζει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ανακυκλώσιμη ύλη από οποιοδήποτε άλλο μονωτικό υλικό. Κατά την παρασκευή της δεν παράγει σημαντικές εκπομπές αερίων, ενώ η ενσωματωμένη ενέργεια της μόνωσης κυτταρίνης είναι η χαμηλότερη από τα δημοφιλή είδη μόνωσης. [93]

Παρασκευάζεται από ανακυκλωμένες ίνες χαρτιού κατά 75-85%, το οποίο προέρχεται από ποσότητες απορριμμάτων χαρτιού, ενώ το υπόλοιπο 15% είναι ένα επιβραδυντικό φωτιάς, όπως βορικό οξύ ή θειικό αμμώνιο. [93] Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου υλικού είναι η μόνωση που παράγεται από ανακυκλωμένες εφημερίδες [88] οι οποίες αρχικά οδηγούνται προς την ανακύκλωση και στη συνέχεια δέχονται μια επεξεργασία με μείγμα βορικού οξέως που έχει ως σκοπό να καταστήσει το τελικό προϊόν ανθεκτικό έναντι της φωτιάς και απρόσβλητο από μύκητες και έντομα. [93]

Χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό υλικό αλλά και ως μέσο μείωσης της μετάδοσης του θορύβου στα κτίρια. [93] Είναι διαθέσιμη σε πλάκες διαφορετικών παχών αλλά και σε μορφή χαλαρά συνδεδεμένου υλικού. [88] Ανάλογα με τη μορφή της, χρησιμοποιείται και σε διαφορετικά μέρη ενός κτιρίου. Η κυτταρίνη υπό μορφή χύμα ή ψεκασμού χρησιμοποιείται στον πυρήνα δικέλυφων τοιχοποιιών καθώς επίσης και σε σοφίτες για εφαρμογές γεμίσματος. [93] Μπορεί ακόμη και να ψεκαστεί σε κατασκευές από ξύλο. [88] Υπό μορφή πλακών μπορεί να βρει εφαρμογή σε διάφορα δομικά στοιχεία του κελύφους όπως σε στέγες, οροφές και τοιχοποιίες. [88,93] Αξίζει, τέλος, να αναφερθεί ότι παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμογή γύρω από αντικείμενα σε τοίχους, όπως σωληνώσεις και καλωδιώσεις, αφήνοντας λίγους θύλακες αέρα που μπορούν να μειώσουν την συνολική απόδοση του τοίχου. [93]

- **Μαλλί προβάτου**

Το μονωτικό υλικό από μαλλί προβάτου ανήκει στα οργανικά ινώδη θερμομονωτικά υλικά και παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που μπορεί να κυμαίνεται από 0,040 έως 0,050W/mK. [8,11] Παρασκευάζεται είτε από ανακυκλωμένο μαλλί είτε από καινούργιο μαλλί και παρέχεται σε μορφή ρολών [88], πλακών ή πετασμάτων. [8] Παράγεται σε διαφορετικά μεγέθη και σε πάχη που μπορεί να κυμαίνονται από 3 έως 12cm. [8,88] Επειδή οι ίνες του μαλλιού είναι υγροσκοπικές, τα μονωτικά αυτά υλικά απορροφούν μεγάλα ποσά υγρασίας. Ως υλικό είναι πιο κατάλληλο για διαπνέουσες κατασκευές στα κτίρια και προσφέρει δροσισμό του χώρου το καλοκαίρι και θέρμανσή του το χειμώνα. [88] Επίσης, χρησιμοποιείται υπό μορφή πλακών για την μόνωση σωλήνων και ως ηχοαπορροφητικά πετάσματα για λόγους ηχομόνωσης. [8]



Σχήμα 8.2: Μονωτικό υλικό από μαλλί προβάτου σε μορφή ρολού [88]

- **Λινάρι**

Η κύρια χρήση του λιναριού είναι για τη παραγωγή λαδιού λιναρόσπορου, αλλά ορισμένες εταιρίες που ειδικεύονται στον κλάδο χρησιμοποιούν τις κοντές ίνες του φυτού ως μονωτικό υλικό. Η μόνωση από λινάρι παρέχεται σε μορφή ρολών και πετασμάτων σε ποικιλία μεγεθών. Το προϊόν έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα που κυμαίνεται από 0,038 έως 0,045W/mK και βρίσκει εφαρμογή σε τοίχους, δάπεδα, οροφές και στέγες. [88]

- **Κάνναβη**

Η κάνναβη θεωρείται ένα υλικό με πολλές προοπτικές στην αγορά. Προσφέρεται στην αγορά σε μορφή ρολών αλλά και στρωμάτων, τα οποία μπορούν να κοπούν στο επιθυμητό μέγεθος και είναι κατάλληλο για τη θερμομόνωση οροφών, τοίχων και πατωμάτων. Χάρη στη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα του ($\lambda=0,040$ W/mK) και στην ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα, το υλικό θεωρείται κατάλληλο για πολλές εφαρμογές. [88]

- **Βαμβάκι**

Το βαμβάκι είναι μια πρώτη ύλη που έχει ικανοποιητικές θερμομονωτικές ιδιότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μονωτικό υλικό. Ωστόσο, επειδή η καλλιέργεια βαμβακιού είναι μια άκρως εντατική διαδικασία που χρησιμοποιεί παρασιτοκτόνα, λιπάσματα και μεγάλα ποσά νερού, η χρήση καινούργιου βαμβακιού δεν συνιστάται. Οι ανακυκλωμένες ίνες βαμβακιού χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην παρασκευή μονωτικών υλικών και μπορούν να δώσουν θερμική αγωγιμότητα της τάξης του $\lambda=0,040$ W/mK. [88] Κατά την παρασκευή των μονωτικών αυτών υλικών είναι απαραίτητη η προσθήκη ουσιών για να αυξηθεί η πυραντοχή τους. Έτσι, η σύσταση του μονωτικού υλικού είναι 97% βαμβάκι και 3% βορικό άλας ως μέσο αύξησης της πυραντοχής. Οι μορφές, με τις οποίες διατίθεται, είναι πλάκες διάφορων παχών και «μαλλί». [8]



Σχήμα 8.3: Μονωτικό υλικό από ανακυκλωμένες ίνες βαμβακιού [88]

- **Καλαμπόκι**

Ένα άλλο παράδειγμα θερμομονωτικού υλικού που παράγεται αποκλειστικά από οργανικές πρώτες ύλες είναι και το βιοπολυμερές από ίνες κόκκων καλαμποκιού. Το μονωτικό αυτό υλικό είναι 100% βιοδιασπώμενο και διατίθεται σε πλάκες διαφόρων παχών. Παράγεται μέσα από τη διαδικασία ελεγχόμενης ζύμωσης κόκκων καλαμποκιού και δεν είναι εύφλεκτο. [88]

- **Πλάκες πεπτιεσμένου αχύρου**

Το πεπτιεσμένο άχυρο παρασκευάζεται ως μονωτικό υλικό με τη μορφή ελαφρών πλακών και παρουσιάζει τόσο θερμομονωτικές όσο και ηχομονωτικές ιδιότητες. Οι πλάκες πεπτιεσμένου αχύρου έχουν μικρό κόστος, ωστόσο κατά την παρασκευή τους πρέπει να ξηραθούν πλήρως και γρήγορα, γιατί είναι δυνατό να σαπίσουν. [5]

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες των εναλλακτικών-οικολογικών μονωτικών υλικών δηλαδή η πυκνότητα τους, ο συντελεστής θερμικής τους αγωγιμότητας λ , η ειδική τους θερμοχωρητικότητα και ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών όπως καθορίζονται από ελληνική τεχνική οδηγία [11], με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση αλλά και την σύγκριση των χαρακτηριστικών αυτών τιμών τους.

Πίνακας 8.2: Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των εναλλακτικών-οικολογικών θερμομονωτικών υλικών [11]

Υλικό		πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda(\text{W/mK})$	ειδική θερμοχω- ρητικότητα $c_p (\text{J}/(\text{kgK}))$	συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	
					ξηρό	υγρό
Φελλός	σκληρά πλακίδια από φελλό	>400	0,065	1560	40	20
	φύλλα και πλάκες από φελλό	100-150	0,042-0,046	1560	10-30	
Πλάκες πεπτευσμένου αχύρου		200	0,040-0,070		2	
Φύκια θαλάσσης		75-80	0,045-0,050		2	
Πλάκες από καλάμια		120-230	0,065-0,090	1200		
Κυτταρίνη	κολλώδης	120-220	0,040-0,060	800-1101		
	ινώδης	30-80	0,040-0,045	1700-2100		
Λινάρι		20-80	0,038-0,045	1300-1600		
Βαμβάκι		20-60	0,040	840-1300		
Μαλλί προβάτου		25-30	0,040-0,050	960-1300		

8.2.2.4 Εναλλακτικά μονωτικά υλικά υψηλής τεχνολογίας

Παράλληλα με την εξέλιξη της αγοράς των φυσικών μονωτικών υλικών, υπάρχουν και προϊόντα που παράγονται με διαδικασίες και τεχνικές υψηλής τεχνολογίας. Αυτά τα υλικά χρησιμοποιούν καινοτομικές τεχνολογίες και παρέχουν υψηλά επίπεδα απόδοσης ως προς τις θερμικές τους ιδιότητες και τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις. Σε αυτά τα υλικά κατατάσσονται το aerogel και τα μονωτικά πανέλα κενού αέρος. [88]

- **Aerogel**

Το aerogel είναι ένα συνθετικό πορώδες υπερελαφρό υλικό που προέρχεται από ένα gel, του οποίου το υγρό συστατικό έχει αντικατασταθεί με ένα αέριο. Το αποτέλεσμα είναι ένα στερεό υλικό με εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα και θερμική αγωγιμότητα. Είναι γνωστό και ως «παγωμένος καπνός», «στέρεος αέρας» ή «μπλε καπνός» λόγω της ημιδιαφανούς φύσεως του. Ωστόσο, στο άγγιγμα δίνει την ίδια αίσθηση με την εξηλασμένη πολυστερίνη.



Σχήμα 8.4: Aerogel

Τα aerogels είναι στερεά, άκαμπτα και ξηρά υλικά. Πιέζοντας απαλά σε ένα aerogel συνήθως δεν μένει κανένα σημάδι. Ωστόσο, μια ισχυρή πίεση θα προκαλέσει την καταστροφή της αραιής δομής του, με αποτέλεσμα να θρυμματιστεί όπως το γυαλί. Πιο σύγχρονες, βέβαια, παραλλαγές δεν παρουσιάζουν αυτό το πρόβλημα. Παρά το γεγονός ότι τα aerogels είναι επιρρεπή σε θραύση, παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή σε φορτία. Επιπλέον, μια άλλη ιδιότητα τους είναι ότι έχουν ξηρή αίσθηση και δρουν ως ισχυρά ξηραντικά.

Γενικά, τα aerogels από μόνα τους είναι υδρόφιλα, αλλά με την κατάλληλη χημική επεξεργασία μπορεί να γίνουν υδρόφοβα.

Το κύριο χαρακτηριστικό των υλικών αυτών είναι ότι προσφέρουν πολύ καλή θερμική μόνωση καθώς αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από ένα αέριο, και τα αέρια ως γνωστόν είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας. Επιπλέον, λόγω της ημιδιαφανούς μορφής τους διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία και επιτρέπουν την καλή διάδοση του φωτός στο εσωτερικό των κτιρίων.

Το silica aerogel είναι ο πιο κοινός τύπος του aerogel και το οποίο έχει μελετηθεί και έχει χρησιμοποιηθεί περισσότερο. Παρουσιάζει πολύ χαμηλή πυκνότητα ενώ έχει αξιοσημείωτες θερμομονωτικές ιδιότητες. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του φθάνει από το 0,03 W/mK στο 0,004 W/mK. Μάλιστα, μέχρι το 2011, το υλικό αυτό έχει μπει 15 φορές στο βιβλίο Guinness για τις ιδιότητες του, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται αυτή του καλύτερου μονωτή και αυτή του στερεού με την μικρότερη πυκνότητα. [94]

Στον κτιριακό τομέα, το silica aerogel χρησιμοποιείται στη μόνωση υαλοπινάκων, περιορίζοντας σημαντικά τις θερμικές απώλειες των κτιρίων. Ωστόσο, προς το παρόν δεν βρίσκει ευρύτερη εφαρμογή στα κτίρια καθώς το κόστος παραγωγής του θεωρείται ακόμη πολύ υψηλό. Βέβαια, το κόστος του μειώνεται σιγά σιγά και έτσι θα μπορέσει να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα δομικά στοιχεία. [88]

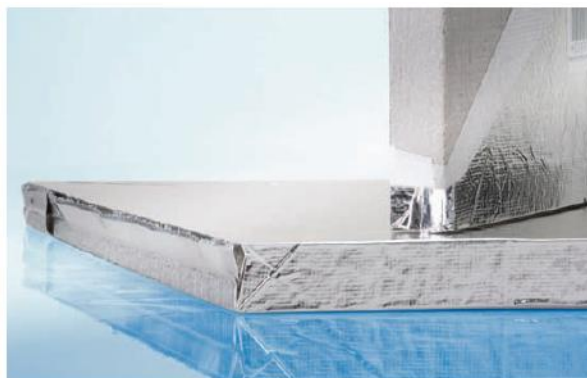
- **Vacuum insulated panel (VIP) [95]**

Τα μονωτικά πάνελα κενού αέρος (VIPs) πρόκειται για μονωτικά υλικά τα οποία αποτελούνται από ένα σχεδόν αεροστεγές περίβλημα το οποίο περιβάλλει έναν άκαμπτο πυρήνα από τον οποίο έχει εκκενωθεί ο αέρας. Βρίσκουν εφαρμογές σε κτιριακές κατασκευές και παρουσιάζουν πολύ καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες σε σχέση με τα συμβατικά μονωτικά υλικά.

Τα VIPs αποτελούνται από:

- τοιχώματα μεμβράνης τα οποία χρησιμοποιούνται για να αποτρέπουν τον αέρα από το να εισέρχεται στον πυρήνα του πάνελ
- τον πυρήνα του πάνελ, από τον οποίο έχει εκκενωθεί ο αέρας και ο οποίος κατασκευάζεται από άκαμπτο, πορώδες υλικό, όπως aerogel, περλίτη ή υαλοβάμβακα
- χημικές ουσίες, οι οποίες συλλέγουν τα αέρια, τα οποία διαρρέουν μέσω των τοιχωμάτων της μεμβράνης.

Η ύπαρξη κενού αέρος στον πυρήνα του πάνελ εξαλείφει πρακτικά τη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή ενώ μειώνει επίσης σημαντικά τη μεταφορά θερμότητας με αγωγή. Παρόλο που ο πυρήνας ενός VIP έχει παρόμοια θερμικά χαρακτηριστικά με τα συμβατικά μονωτικά υλικά, τα VIPs παρουσιάζουν πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λόγω του τρόπου κατασκευής τους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι τα VIPs που κυκλοφορούν στο εμπόριο παρουσιάζουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,004W/mK όταν αυτός υπολογίζεται στο κέντρο του πυρήνα του πάνελ ή μια συνολική τιμή του συντελεστή λ που κυμαίνεται από 0,006-0,008W/mK. Ωστόσο, τα VIPs παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά μονωτικά υλικά, ενώ επιπροσθέτως δε μπορούν να κοπούν για να προσαρμοστούν στις ανάγκες μιας κατασκευής, καθώς αυτό θα καταστρέψει την βασική τους ιδιότητα, δηλαδή το κενό πυρήνα. Στις περιπτώσεις, λοιπόν, χρήσης των υλικών αυτών σε συγκεκριμένες διαστάσεις θα πρέπει να γίνεται ειδική παραγγελία, γεγονός που αυξάνει περαιτέρω το κόστος τους. Το μεγάλο κόστος τους αποτελεί και την αιτία που δεν έχουν βρει ακόμη ευρεία εφαρμογή.

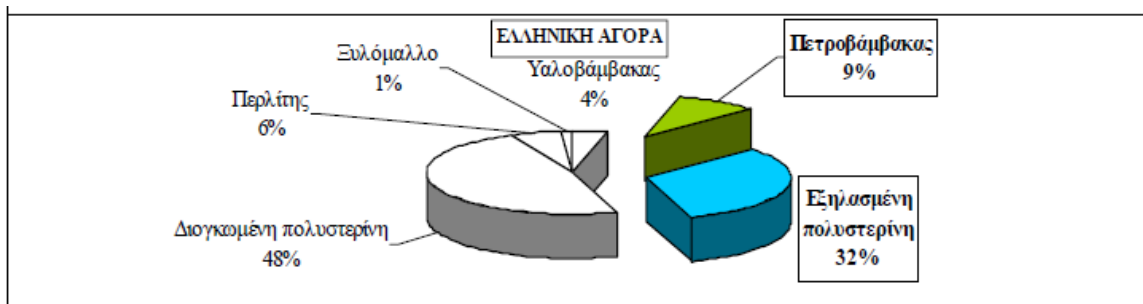


Σχήμα 8.5: Μονωτικά πετάσματα κενού αέρος [88]

8.2.3 Τα θερμομονωτικά υλικά στην ελληνική αγορά

Τα θερμομονωτικά υλικά έκαναν ουσιαστικά αισθητή την παρουσία τους στην Ελληνική αγορά μετά το 1979, όταν δηλαδή θεσμοθετήθηκε νομικά η απαίτηση για θερμομονωτική προστασία των κτιρίων με τον πρωτοεμφανισθέντα τότε Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων. Στη δεκαετία που ακολούθησε η αγορά των θερμομονωτικών υλικών γνώρισε μια αλματώδη άνοδο, που γινόταν ακόμα μεγαλύτερη, καθώς η ανάγκη θερμομονωτικής προστασίας των κτιρίων γινόταν συνείδηση όχι μόνο μεταξύ των κατασκευαστών αλλά και των ιδιοκτητών. Τα τελευταία χρόνια τα θερμομονωτικά υλικά έχουν αποκτήσει ακόμη μεγαλύτερη σημασία τόσο λόγω του νέου κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) που θεσμοθετήθηκε το 2010 και απαιτεί σημαντικότερη θερμική προστασία των κτιρίων με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, [10] όσο και λόγω της απαραίτητης εξοικονόμησης ενέργειας με στόχο την αναγκαία προστασία του περιβάλλοντος. Η σωστή θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους σε συνδυασμό με τα κατάλληλα θερμομονωτικά υλικά επιτυγχάνει τη μείωση της κατανάλωσης φυσικών ενεργειακών πόρων και συνεπώς τη μείωση των παραγόμενων αέριων ρύπων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα, που θεωρούνται υπεύθυνοι για την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. [8]

Στην Ελληνική αγορά, όπως παρατηρούμε στο παρακάτω σχήμα, τα θερμομονωτικά υλικά που έχουν επικρατήσει είναι τα οργανικά κυψελωτής δομής και συγκεκριμένα η διογκωμένη πολυστερίνη και η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, τα οποία μαζί συγκεντρώνουν το 80% της αγοράς των θερμομονωτικών υλικών. Στο υπόλοιπο 20% της αγοράς σημαντική είναι η θέση των ανόργανων ινωδών υλικών και κυρίως του πετροβάμβακα με ποσοστό 9% και του υαλοβάμβακα με ποσοστό 4%. Μικρότερα ποσοστά αναλογούν στο ξυλόμαλλο (1%) και στον περλίτη (6%). Τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά έχουν μικρή παρουσία και δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα.



Σχήμα 8.6: Μεριδία αγοράς θερμομονωτικών υλικών στην ελληνική αγορά [96]

Η μεγάλη διάδοση των οργανικών υλικών οφείλεται στη υψηλή θερμομονωτική τους προστασία καθώς και στο χαμηλό κόστος τους. Επιπλέον, το γεγονός ότι παράγονται σε μορφή πλάκας και είναι ευκολότερα στην τοποθέτηση σε σχέση με τα άλλα θερμομονωτικά υλικά, ενώ παράλληλα δεν απαιτούνται ιδιαίτερα μέτρα προστασίας κατά την εφαρμογή τους, τα έκανε προτιμότερα για τους ανειδίκευτους και ανεπαρκώς ενημερωμένους σε θέματα ασφάλειας τεχνίτες στην οικοδομή. Όπως παρατηρούμε η διογκωμένη πολυστερίνη προτιμάται έναντι της εξηλασμένης, λόγω του χαμηλότερου κόστους της. Επιπλέον, για την Ελλάδα, το κόστος αυτό είναι ακόμα πιο χαμηλό γεγονός που την κατέστησε ανταγωνιστική δίνοντάς της υψηλό μερίδιο αγοράς.

Παρόλα αυτά, η θέσπιση αυστηρότερων κανονισμών πυρασφάλειας και οικολογικής δόμησης, οδηγούν σε αύξηση των πωλήσεων του πετροβάμβακα. Επίσης, η εξηλασμένη πολυστερίνη αρχίζει και προτιμάται ως κύριο θερμομονωτικό υλικό λόγω της εξαιρετικής της αντοχής σε θλίψη και υγρασία, πράγμα που την καθιστά αναντικατάστατο υλικό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως, για παράδειγμα στη θερμομόνωση στοιχείων σκυροδέματος. Αναμένεται, λοιπόν, ότι άμεσα το μερίδιο του πετροβάμβακα στην ελληνική αγορά θα αυξηθεί όπως και τα ποσοστά πωλήσεων της εξηλασμένης πολυστερίνης. [96]

Τέλος, εκτιμάται ότι, ενώ τα συμβατικά μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα θα συνεχίσουν να εκπληρώνουν τις ανάγκες της αγοράς, τα πράγματα φαίνονται εξαιρετικά αισιόδοξα για την αγορά εναλλακτικών μονωτικών υλικών Βέβαια, το κόστος αυτών των υλικών είναι και θα είναι ένας ανασταλτικός

παράγοντας στην ευρεία χρήση τους. Ωστόσο, αναμένεται ότι η αυξημένη ενημέρωση για περιβαλλοντικά θέματα, η ανάγκη μείωσης των εκπομπών άνθρακα και η ζήτηση για υγιείς και βιώσιμες κατασκευές θα μπορέσουν να δικαιολογήσουν τη διάφορα κόστους, τουλάχιστον μέχρι τη στιγμή που τα υλικά αυτά θα μπορούν να έχουν μεγάλης κλίμακας κανάλια παραγωγής και διανομής. [88]

9. Η θερμοχωρητικότητα και οι τρόποι θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων

9.1 Η έννοια και η σημασία της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων

Θερμοχωρητικότητα ενός υλικού ή δομικού στοιχείου κατασκευής είναι η ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα που δέχεται από το περιβάλλον μέσα στη μάζα του και να την αποδίδει με χρονική διαφορά φάσης. [97] Ισχύει ότι: [97,98]

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (9.1) \quad \text{και} \quad C = m \cdot c \quad (9.2)$$

όπου

m [kg] η μάζα του στοιχείου

c [J / (kg·K)] η ειδική θερμοχωρητικότητα του στοιχείου

C [J / K] η θερμοχωρητικότητα του στοιχείου

ΔT [K] η διαφορά θερμοκρασίας [98]

Η ειδική θερμοχωρητικότητα c αποτελεί μέγεθος χαρακτηριστικό για κάθε υλικό. Εκφράζει την ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1°C. Οι μονάδες της ειδικής θερμοχωρητικότητας είναι το kcal/kg °C ή J/kg K. [16]

Η ποσότητα της θερμότητας, η οποία αποθηκεύεται, αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του στοιχείου της κατασκευής και του αέρα που το περιβάλλει και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα και η μάζα του στοιχείου. [5]

Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας εξωτερικού τοίχου, όταν ο εσωτερικός χώρος θερμαίνεται διαρκώς και η θερμοκρασία του αέρα είναι σταθερή, εξαρτάται κυρίως από τη θερμομονωτική ικανότητα του τοίχου και την εξωτερική θερμοκρασία. Όταν, όμως, η θέρμανση είναι περιοδική και η εξωτερική θερμοκρασία μεταβάλλεται, η θερμοκρασία αυτή επηρεάζεται και από τη θερμοχωρητικότητα του τοίχου. [5]

Η αποθήκευση και η επανέκδοση της θερμότητας των δομικών στοιχείων οφείλεται στη ροή θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο περιβάλλον. Η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας που επαναλαμβάνεται κάθε εικοσιτετράωρο αλλά με διαφορετική ένταση στη διάρκεια των εποχών ενός έτους προκαλεί μια περιοδική ροή θερμότητας. Την ημέρα έχουμε ροή θερμότητας από το περιβάλλον προς το κτίριο καθώς η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική ενώ τη νύχτα η ροή θερμότητας αντιστρέφεται καθώς η εσωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική. [99]

Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος πρέπει να επιδρούν στον εσωτερικό χώρο με όσο το δυνατόν μειωμένη ένταση. Το μέτρο αυτής της έντασης καθορίζεται από ένα μέγεθος, το οποίο ονομάζεται «θερμική αδράνεια» των μελών της κατασκευής. [5] Ως θερμική αδράνεια ορίζεται ο ρυθμός με τον οποίο ένα δομικό στοιχείο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα και εξαρτάται από το πάχος του, την πυκνότητα, την ειδική θερμοχωρητικότητα και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. [97]

Η θερμοχωρητικότητα ενός 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 κτιρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του. [11] Όταν, λοιπόν, η θερμοχωρητικότητα ενός στοιχείου της κατασκευής είναι αυξημένη, ο ρυθμός θέρμανσης και ψύξης του χώρου είναι αργός και τις ζεστές ημέρες παρατηρείται ελαττωμένη θέρμανση του χώρου. Η αυξημένη θερμοχωρητικότητα συντελεί στην εξισορρόπηση της θερμοκρασίας κατά τις απότομες εναλλαγές θερμότητας-ψύχους. [5] Συνεπώς, έχει μεγάλη σημασία η χρήση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας, έτσι ώστε το κτίριο να λειτουργεί σαν ένας θερμοσυσσωρευτής, όπου το χειμώνα θα αποθηκεύει τη θερμότητα του ηλίου και των άλλων πηγών και θα την αποδίδει αργότερα στο εσωτερικό, δημιουργώντας έτσι το αίσθημα της θερμικής άνεσης ενώ το καλοκαίρι θα προστατεύει τους χώρους από τις υψηλές θερμοκρασίες. [97]

9.2 Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας στα κτίρια είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων. Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα κτίρια είναι: [18]

- το σκυρόδεμα το οποίο εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού. [18] Το σκυρόδεμα έχει περίπου 20% μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τη πέτρα και 50% από το τούβλο. [97]
- η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία όπως σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας, ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία. [18]
- τα υλικά αλλαγής φάσης είναι σχετικά νέα υλικά και στη διεθνή βιβλιογραφία είναι γνωστά ως PCMs (Phase Change Materials). Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση στο εύρος των θερμοκρασιών της εφαρμογής. Ως υποψήφια PCMs θεωρούνται συνήθως υλικά που αλλάζουν μεταξύ στερεής και υγρής φάσης, αν και έχουν χρησιμοποιηθεί σε ερευνητικό επίπεδο και υλικά που μεταβαίνουν από τη μια φάση σε άλλη με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς. [14] Αρχικά, τα υλικά αυτά σε στερεή μορφή αποθηκεύουν θερμότητα σε μορφή αισθητής θερμότητας και η θερμοκρασία τους αυξάνεται καθώς απορροφούν θερμότητα. Ωστόσο, όταν η θερμοκρασία τους φθάσει τη θερμοκρασία που αλλάζουν φάση (θερμοκρασία τήξης) απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας σε μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Το υλικό συνεχίζει να απορροφά θερμότητα χωρίς σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του έως ότου όλο το υλικό μετατρέπεται σε υγρή φάση. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος γύρω από ένα υγρό υλικό πέφτει, τότε το υλικό αυτό στερεοποιείται απελευθερώνοντας την αποθηκευμένη λανθάνουσα θερμότητα του. [100]

Το ιδανικό PCM θα ήταν ένα υλικό που θα παρουσίαζε μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας, υψηλή αγωγιμότητα, θερμοκρασία τήξης σύμφωνη με το θερμοκρασιακό εύρος της εφαρμογής, να τήκεται με την ελάχιστη εμφάνιση supercooling, να είναι χημικά σταθερό, φτηνό στην παραγωγή του, να μην είναι τοξικό, διαβρωτικό και εύφλεκτο.

Τα υλικά που έχουν μελετηθεί τα τελευταία 40 χρόνια είναι τα ένυδρα άλατα, οι παραφίνες, τα λιπαρά οξέα και εύτηκτα μίγματα οργανικών και μη οργανικών συστατικών τους. Το πλέον γνωστό PCM είναι το νερό που κατά την αλλαγή φάσης του σε πάγο μπορεί να αποθηκεύσει πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας (περίπου 80 φορές περισσότερη αποθηκευμένη θερμότητα σε σχέση με την υγρή κατάσταση του νερού). Επειδή η χρήση του πάγου ως PCM παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω των ιδιοτήτων του νερού (θερμοκρασία πήξης 0°C, μεγάλη μεταβολή της πυκνότητας με τη θερμοκρασία, χαμηλή θερμοκρασία προσαγωγής στο σύστημα αποθήκευσης κλπ) η ιδέα ήταν να αναπτυχθούν υλικά με βάση το νερό, ώστε να παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματά του (μεγάλη τιμή του συντελεστή αγωγιμότητας, μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας) αλλά να μην παρουσιάζουν τα υπόλοιπα προβλήματα της χρήσης του πάγου και κυρίως τη θερμοκρασία τήξης. Με βάση αυτή την σκέψη δημιουργήθηκαν τα πρώτα PCMs που είναι τα ένυδρα άλατα, μια κατηγορία υλικών που αναπτύσσεται και τελειοποιείται ακόμη και σήμερα.

Τα δομικά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στα κτίρια παραμένουν στη στερεή κατάσταση σε ολόκληρο το εύρος των θερμοκρασιών χρήσης τους. Ομοίως συμπεριφέρονται και τα συμβατικά μονωτικά υλικά. Αντίθετα με αυτή τη προσέγγιση μόνωσης των κτιρίων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν υλικά που θα αποθήκευαν τη θερμότητα που εισέρχεται στο κτίριο από το κέλυφος (περίοδος θέρους) ώστε να μην αυξηθεί η θερμοκρασία των χώρων ή να αποθηκεύουν τη θερμότητα που προσπίπτει στο κτίριο με μορφή ηλιακής ακτινοβολίας ώστε μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας (περίοδος χειμώνα). Η βασική ιδέα των συστημάτων αποθήκευσης ως μέσα εξοικονόμησης ενέργειας είναι η μετατόπιση των μεγίστων ενεργειακών απαιτήσεων της εγκατάστασης σε ώρες εκτός των περιόδων μέγιστης ζήτησης του συστήματος διανομής ενέργειας ή η εξομάλυνση της καμπύλης ενεργειακής απαίτησης της εγκατάστασης ώστε να μην παρουσιάζονται σημεία αιχμής κατά την εικοσιτετράωρη λειτουργία της. Οι έρευνες που έχουν

γίνει και γίνονται καθώς και οι εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί αποδεικνύουν ότι δομικά υλικά τα οποία έχουν εμποτιστεί με PCM ή δομικές κατασκευές που εμπεριέχουν PCM, μπορούν να αποθηκεύσουν 5 φορές περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου σε σχέση με τα συμβατικά δομικά υλικά.

Η εφαρμογή τους στις κτιριακές εγκαταστάσεις μπορεί να γίνει είτε με χρήση των PCMs αυτούσια ως στρώμα υλικού μέσα στην τοιχοποιία ή σαν συστατικό σύνθετου υλικού με κύριο συστατικό το γύψο ή το τσιμέντο (π.χ. γυψοσανίδα με πρόσθετο συστατικό το PCM ή σοβάς με PCM). Η χρήση των PCMs σε συνδυασμό με γυψοσανίδα συνήθως γίνεται σε αναλογία 20-30% PCM κατά βάρος. Ειδικά όταν χρησιμοποιούνται οργανικά PCMs η ενσωμάτωσή τους σε υλικά με υψηλό δείκτη πυραντίστασης εξασφαλίζει εν μέρη τη μη ανάφλεξη των PCMs σε περίπτωση πυρκαγιάς. Η ενσωμάτωση των PCMs σε υλικά όπως ο γύψος ή το τσιμέντο εξασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό τη συγκράτηση του υλικού ακόμη και μετά την πλήρη υγροποίησή του, καθώς και τη μη πρόσληψη υγρασίας από τον αέρα του περιβάλλοντος. Σε πολλές περιπτώσεις ανάλογα με την κατηγορία του υλικού (λιπαρά οξέα, ένυδρα άλατα) είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση του PCM σε προστατευτικό κάλυμμα πριν την ενσωμάτωσή τους σε δομικό υλικό. Για την κατηγορία των παραφινών πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει τη συμβατότητά τους με το γύψο, καθώς και με το τσιμέντο και γι' αυτό το λόγο έχουν χρησιμοποιηθεί δομικά υλικά εμποτισμένα με παραφίνες.

Το πλέον προσιτό δείγμα χρήσης των PCMs ώστε να γίνει κατανοητή η λειτουργία τους είναι η εφαρμογή τους στην τοιχοποιία. Κατά την περίοδο του θέρους η θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον εισέρχεται στο κέλυφος του κτιρίου διαπερνώντας τα στρώματα του σοβά και του τούβλου και αντιμετωπίζει τη θερμική αντίσταση της μόνωσης. Στη κοινή κατασκευή τοιχοποιίας όσο ποσό θερμότητας διαπεράσει το στρώμα της μόνωσης θα εισέλθει στο χώρο μέσω των στρωμάτων του τούβλου και του σοβά. Στην περίπτωση της ενισχυμένης τοιχοποιίας με PCM το επιπλέον ποσό θερμότητας αποθηκεύεται στο υλικό και δεν περνά προς τον εσωτερικό χώρο. Κατά την περίοδο του χειμώνα ο αέρας του εσωτερικού χώρου έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο διαπερνά τα στρώματα του σοβά και του τούβλου και εγκλωβίζεται στο PCM μην αφήνοντας να διαφύγει θερμότητα προς το περιβάλλον. Στη συμβατική περίπτωση όσο ποσό θερμότητας διαφεύγει από το στρώμα της μόνωσης καταλήγει στο περιβάλλον. [14]

9.3 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας από τον ήλιο

Τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, όταν θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία, που προσπίπτει στο κέλυφος του κτιρίου. Ένα μέρος αυτής ανακλάται, ενώ το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα και απορροφάται από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Επιπλέον, μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας περνάει στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων (παράθυρα) η οποία αφενός θερμαίνει τον αέρα, ο οποίος στη συνέχεια μεταδίδει τη θερμότητα με μετάβαση στα δομικά στοιχεία και τα άλλα αντικείμενα του κτιρίου, [97] και αφετέρου ένα μέρος αυτής προσπίπτει κατευθείαν στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου και κατά ένα μέρος της απορροφάται από αυτές. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση, η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα από το δάπεδο και τους παρακείμενους τοίχους και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα προς τα πάνω όντας ελαφρύτερος. [18]

Το κέλυφος ενός κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποθήκη θερμότητας. [101] Για την αποτελεσματική λειτουργία του κτιρίου, ως αποθήκη θερμότητας, είναι ανάγκη η συλλεγείσα θερμότητα από τον ήλιο να αποθηκεύεται στη μάζα του. Ο πιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» της ηλιακής θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, οι οροφές. [18] Τα βαριά υλικά, σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, τσιμεντόλιθοι, άργιλος έχουν μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα, συνεπώς μεγάλη θερμοχωρητικότητα, άρα και ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας. [18,101] Αντίθετα η χρήση υλικών όπως το ξύλο δεν ευνοούν την αποθήκευση θερμότητας. [101]

Για την λειτουργία του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας είναι σημαντικός και ο περιορισμός των θερμικών απωλειών από το κέλυφος, δηλαδή είναι απαραίτητη η κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, τοίχων, δαπέδων, οροφών, ενώ για να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου πρέπει η μόνωση να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά αυτού. [18,101] Οι επιλογές, ως προς τα υλικά και το πάχος της θερμομόνωσης, εξαρτώνται από την κλιματική ζώνη (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές

συντελεστή θερμοπερατότητας). Τα θερμομονωτικά υλικά διαθέτουν ελάχιστη θερμοχωρητικότητα και η τοποθέτησή τους στην εσωτερική παρειά των δομικών στοιχείων σχεδόν μηδενίζει τη συνεισφορά της θερμικής μάζας του δομικού στοιχείου. Η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης στα κτίρια πρέπει να γίνεται με περίσκεψη και στην περίπτωση που πραγματοποιείται να μην αφορά το σύνολο του κελύφους που περικλείει τον θερμαινόμενο χώρο. [18] Η βέλτιστη λειτουργία της θερμικής μάζας προκύπτει από το συνδυασμό εξωτερικής θερμομόνωσης και μεγάλης εσωτερικής θερμικής μάζας. [101]

Επισημαίνεται ότι οι συνθήκες κατασκευές με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες από τούβλα παρέχουν την αναγκαία θερμική μάζα και την αντίστοιχη θερμοχωρητικότητα για την αποθήκευση των ηλιακών απολαβών, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμομόνωση βρίσκεται στην εξωτερική παρειά των φερόντων στοιχείων. Έτσι περιορίζονται και οι θερμογέφυρες. Οι τοίχοι πλήρωσης από διπλή οπτοπλινθοδομή με θερμομόνωση στον πυρήνα εξασφαλίζουν επίσης επαρκή θερμική μάζα, υπό τον όρο ότι η εσωτερική παρειά της οπτοπλινθοδομής έχει πάχος 9cm. [18]

Η θερμική μάζα απορροφά κατά τη διάρκεια της μέρας θερμική ενέργεια και αποδίδει θερμότητα τη διάρκεια της νύχτας. [18] Σκοπός της θερμικής μάζας είναι η εξομάλυνση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της κατοικίας ακόμη και όταν οι εξωτερικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι έντονες καθώς και η δημιουργία της απαραίτητης χρονικής καθυστέρησης στην απόδοση της θερμότητας μέσα στην κατοικία η οποία εξαρτάται από το είδος του υλικού, ώστε να επιτρέπεται η θέρμανση και μετά τη δύση του ήλιου. [14] Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει το κτίριο στο εσωτερικό του, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει, την οποία θα αποδώσει σταδιακά στο χώρο αργότερα, έτσι ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. [7]

Η χρονική καθυστέρηση με την οποία η θερμική μάζα αρχίζει να αποδίδει θερμότητα μέσα στην κατοικία εξαρτάται από τη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών και τη θερμική αδράνεια του κτιρίου. Αποτελεί βασικό παράγοντα για τον προσδιορισμό της μάζας των υλικών, γιατί ρυθμίζει την ποσότητα της θερμικής αποθήκευσης και κατά συνέπεια του θερμικού κέρδους μέσα από συμπαγή στοιχεία. Η τελική επιλογή των δομικών στοιχείων για την κατασκευή ενός κτιρίου θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται μια χρονική καθυστέρηση τέτοια, ώστε η απόδοση των μέγιστων θερμικών φορτίων να ξεκινήσει κατά την αρχή της νύχτας. [99]

Επιπλέον, η κατανομή της θερμικής μάζας καθορίζεται και από τον προσανατολισμό της επιφάνειας του κελύφους στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία και από την επιθυμητή χρονική καθυστέρηση όσον αφορά στην απελευθέρωση θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, στις βόρειες προσανατολισμένες επιφάνειες δεν υπάρχει πρακτικά ανάγκη για χρονική καθυστέρηση αφού οι επιφάνειες αυτές έχουν μικρά θερμικά κέρδη. Στις επιφάνειες με ανατολικό προσανατολισμό είναι προτιμότερο να υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη από δεκατέσσερις ώρες έτσι ώστε η απελευθέρωση θερμότητας να γίνεται αργά το απόγευμα. Στις νότιες και τις δυτικές επιφάνειες μία χρονική καθυστέρηση οκτώ ωρών είναι αρκετή για να επιβραδύνει την απελευθέρωση θερμότητας μέχρι το βράδυ. Τέλος, η οροφή του κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας, απαιτεί μεγάλη χρονική καθυστέρηση άρα και μεγάλη θερμική μάζα ή εναλλακτικά επιπρόσθετη μόνωση. [101]

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η μάζα είναι ιδιαίτερα αποδοτική στα σημεία που βλέπει απ' ευθείας ο ήλιος στο εσωτερικό του κτιρίου, όπως το δάπεδο, το οποίο καλό είναι να είναι από βαριά υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας (κατά προτίμηση σκούρου χρώματος), όπως κεραμικές πλάκες ή σκούρο μάρμαρο. Χαλιά και άλλες επικαλύψεις του δαπέδου, αλλά και έπιπλα ή άλλα υλικά ελαφριάς κατασκευής εξουδετερώνουν τη θερμική μάζα του κτιρίου, για αυτό συνιστάται τα σημεία άμεσης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να μην καλύπτονται το χειμώνα. [7]

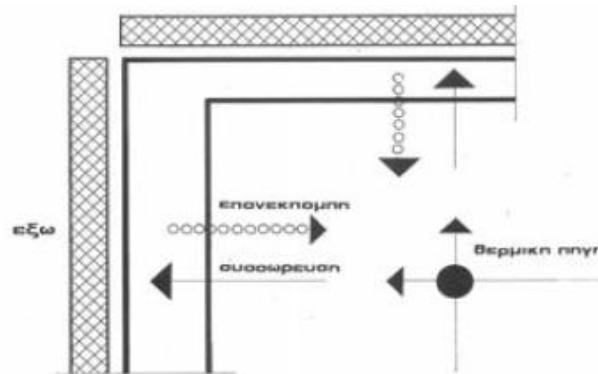
Τέλος, το καλοκαίρι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και οι υψηλές θερμοκρασίες επιβαρύνουν το κτίριο, με αποτέλεσμα να προκαλείται κίνδυνος υπερθέρμανσης στους εσωτερικούς χώρους. Τα υλικά της κατασκευής του κτιρίου, εφόσον είναι βαριά, συνιστούν την αναγκαία θερμική μάζα για την παραλαβή της αυξημένης θερμότητας κατά τη θερινή περίοδο. Ειδικότερα, τα κτίρια που ανήκουν στις κλιματικές ζώνες (Α) και (Β) έχουν ανάγκη μεγαλύτερης θερμικής μάζας, προκειμένου να λειτουργήσουν αποτελεσματικά. [18] Η απομάκρυνση της αποθηκευμένης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω του φυσικού αερισμού αυτού. Με τον φυσικό αερισμό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας μεταφέρεται η περίσσεια θερμότητα προς το εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας των χώρων την επόμενη ημέρα σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. [7]

9.4 Δομικά στοιχεία του κελύφους ως φράγματα προστασίας και ως συσσωρευτές θερμότητας από τα συστήματα θέρμανσης

Όταν τα δομικά στοιχεία έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης τα δομικά στοιχεία ενεργούν: [23]

- Ως συσσωρευτές θερμότητας

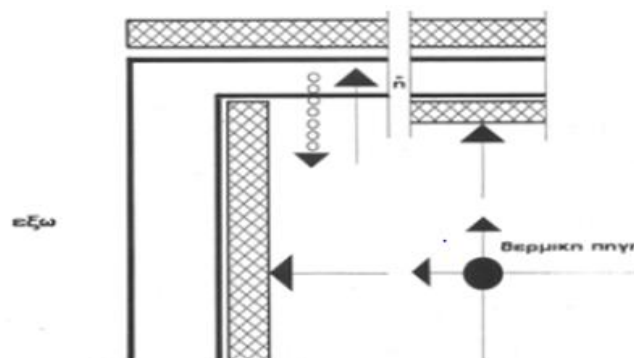
Τα δομικά στοιχεία ενεργούν ως συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. [23] Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης η θερμοχωρητικότητα θα αξιοποιηθεί, επειδή η μάζα των βαρέων υλικών θα βρίσκεται προς την εσωτερική πλευρά και θα προστατεύεται θερμομονωτικά. Αυτό σημαίνει ότι με την έναρξη θέρμανσης του χώρου θα αντλούν θερμότητα από το εσωτερικό περιβάλλον, καθυστερώντας την άνοδο της θερμοκρασίας, θα την αποταμιεύουν ως θερμική μάζα και θα την επαναποδίδουν στο χώρο με τη διακοπή της θέρμανσης, καθυστερώντας αυτή τη φορά τη πτώση της θερμοκρασίας του χώρου. [50] Τα δομικά στοιχεία δηλαδή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, η οποία αποδίδεται και πάλι από τις επιφάνειες των δομικών στοιχείων στον εσωτερικό αέρα του χώρου. Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται αντίστοιχα η διάρκεια μεταβολής της θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να δημιουργείται αίσθημα άνεσης (κατοικίες, χώροι εργασίας, κ.λπ.). [23]



Σχήμα 9.1: Τοίχοι και οροφές ως συσσωρευτές θερμότητας [23]

- Ως φράγμα προστασίας

Τα δομικά στοιχεία ενεργούν ως φράγματα προστασίας όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια. [23] Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, η θερμοχωρητικότητα δε θα αξιοποιηθεί, επειδή η μάζα των βαρέων υλικών θα βρίσκεται προς την εξωτερική πλευρά και δε θα προστατεύεται θερμομονωτικά. Αντιθέτως, η ροή θερμότητας προς αυτήν θα παρεμποδίζεται από την θερμομονωτική στρώση. Στην περίπτωση αυτή ο χώρος με την έναρξη λειτουργίας της θέρμανσης θα θερμαίνεται πιο σύντομα και με τη διακοπή της θέρμανσης θα ψύχεται ομοίως πιο σύντομα. [50] Αυτού του τύπου οι κατασκευές επιλέγονται στις περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες κ.λπ.) αλλά αντίθετα επιθυμούμε τη γρήγορη θέρμανση ή ψύξη των χώρων αυτών. [23]



Σχήμα 9.2: Τοίχοι και οροφές ως φράγματα προστασίας [23]

9.5 Τρόποι θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων του κελύφους

Γενικά, το θερμομονωτικό υλικό στη διατομή των διαφόρων δομικών στοιχείων μπορεί να βρίσκεται σε θέση πλησιέστερη προς το εξωτερικό περιβάλλον είτε σε θέση πλησιέστερη προς τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Η επιλογή της θέσης τοποθέτησης του μονωτικού υλικού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως περιγράφεται στη συνέχεια και διαφοροποιείται ανάλογα του είδους του δομικού στοιχείου. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με το είδος του δομικού στοιχείου οι πιθανές θέσεις της θερμομονωτικού υλικού είναι: [23,50]

- ✓ Οι εξωτερικές τοιχοποιίες δύνανται να θερμομονώνονται:
 - εξωτερικά, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην πλευρά του τοίχου που βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον,
 - εσωτερικά, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην πλευρά του τοίχου σε θέση πλησιέστερη με το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου
 - στον πυρήνα, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται στο διάκενο μιας δικέλυφης τοιχοποιίας,
 - με ελαφροβαρή λιθοσώματα, τα οποία αποτελούν το βασικό υλικό δόμησης των αντίστοιχων τοιχοποιιών
- ✓ Οι δοκοί και οι κολόνες δύνανται να θερμομονώνονται:
 - εξωτερικά, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην πλευρά του δομικού στοιχείου που βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον,
 - εσωτερικά, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην πλευρά του δομικού στοιχείου σε θέση πλησιέστερη με το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου
- ✓ Οι οροφές (οριζόντιες ή κεκλιμένες) με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος δύνανται να θερμομονώνονται:
 - εξωτερικά, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από την φέρουσα πλάκα,
 - εσωτερικά, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από την φέρουσα πλάκα.
- ✓ Τα δάπεδα δύνανται να θερμομονώνονται:
 - κάτω από την φέρουσα πλάκα,
 - πάνω από την φέρουσα πλάκα. [23,50]

9.5.1 Κριτήρια επιλογής του τρόπου θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων

Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης και γενικά η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους. Όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του, ενώ η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του. Συνεπώς, η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στα δομικά στοιχεία του κελύφους μπορεί να επιλέγεται ανάλογα με το είδος και τη χρήση του κτιρίου. [11,23]

Θα πρέπει, ωστόσο, να ληφθεί υπόψη ότι σε ορισμένες περιπτώσεις για λόγους αρχιτεκτονικούς (π.χ. αρχιτεκτονικές προεξοχές) ή άλλους λόγους κατασκευαστικούς (π.χ. ηλεκτρολογικές ή μηχανολογικές εγκαταστάσεις), κάποιος από τους τρόπους θερμομόνωσης δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί ή σε ακόμη πιο σύνθετες περιπτώσεις η επιλογή του τρόπου αποτελεί μονόδρομο. [50]

Είναι επίσης σκόπιμο, όποια λύση και αν επιλεγεί, να ληφθεί υπόψη η συνεργασιμότητα των υλικών και να εξεταστεί το ενδεχόμενο δημιουργίας προβλημάτων από την εφαρμογή τους. Είναι συχνό το φαινόμενο να εμφανίζονται βλάβες στα κτίρια, που οφείλονται στην ασυμβατότητα των υλικών. Η γνώση των ιδιοτήτων τους θα βοηθήσει στη λήψη των κατάλληλων μέτρων και κυρίως στην αποφυγή σοβαρών λαθών, που συνήθως οφείλονται στη λανθασμένη σειρά τοποθέτησης των διαδοχικών στρώσεων στο δομικό στοιχείο (ανάπτυξη επιφανειακών τάσεων, δημιουργία σχισμών και αποκολλήσεων, εμφάνιση υγρασίας κτλ.). [28] Ακόμη, είναι απαραίτητο όποιος τρόπος θερμομόνωσης και αν επιλεγεί να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες και να αντιστέκεται στην διείσδυση της βροχής. [50]

Γενικά, ο κάθε τρόπος θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων μπορεί να θεωρηθεί ορθός ή λανθασμένος, ανάλογα με την εφαρμογή και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. [28]

9.5.2 Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης σε τοιχοποιίες, δοκούς και κολόνες

Η τοιχοποιία καταλαμβάνει κατά κανόνα το μεγαλύτερο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτιρίου. Επομένως, όταν αυτή δεν είναι θερμομονωμένη, παρουσιάζει μεγάλες θερμικές απώλειες. [28] Παράλληλα, για την αποτελεσματική θερμική προστασία του κτιρίου είναι απαραίτητη και η θερμομόνωση των τοιχίων, δοκών και υποστυλωμάτων, των στοιχείων δηλαδή σκυροδέματος του φέροντα οργανισμού. Η θερμομόνωση αυτών των δομικών στοιχείων μπορεί να επιτευχθεί με τους διάφορους εναλλακτικούς τρόπους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση από την θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή ενός δομικού στοιχείου (τοιχοποιίας και στοιχείο σκυροδέματος).

➤ **Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών και κολόνων**

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκού και κολόνας, κατά κύριο λόγο το σύνολο της μάζας του δομικού στοιχείου βρίσκεται εξωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης. Η εσωτερική θερμομόνωση βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια στα οποία ζητείται η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση και δεν ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και συνεπώς η θερμοκρασιακή διακύμανση μετά τη διακοπή της λειτουργίας του. Προτιμάται, λοιπόν, σε κτίρια διακοπτόμενης χρήσης, όπως δημόσιες υπηρεσίες, σχολεία, κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας, αίθουσες εκδηλώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι κτλ. [23,50] Είναι επίσης κατάλληλη για εξοχικές κατοικίες, που το χειμώνα χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο τα Σαββατοκύριακα. Εφαρμόζεται, ακόμη, και σε υφιστάμενες κατασκευές, λόγω της ευκολότερης τοποθέτησής της. [50]

Πλεονεκτήματα [23,28,50]

- Απλή και γρήγορη κατασκευή
- Είναι συχνά η μόνη λύση σε διατηρητέα κτίρια και σε περίπτωση διαμερίσματος πολυκατοικίας όπου οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες δεν επιθυμούν την εξωτερική θερμομόνωση της
- Ευνοεί την άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης και συνεπώς τη σύντομη θέρμανση του χώρου
- Οικονομικότερη κατασκευή σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερη προστασία των θερμομονωτικών υλικών καθώς αυτά δεν καταπονούνται από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κτλ.)
- Επιτρέπει την εκτέλεση των οικοδομικών εργασιών υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες
- Παρέχει πλήρη ελευθερία στην αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων

Μειονεκτήματα [23,50]

- Δεν εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου
- Επιτρέπει τη γρήγορη ψύξη του χώρου μετά της διακοπή της λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων
- Επιτρέπει το σχηματισμό θερμογεφυρών, κυρίως στα σημεία διακοπής της τοιχοποιίας από τις πλάκες των ορόφων καθώς και στα σημεία όπου υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων
- Αφήνει τα δομικά στοιχεία απροστάτευτα στις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας και συνεπώς αυτά δεν προστατεύονται από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών
- Ευνοεί το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών. Ύστερα από μελέτη και όταν κριθεί απαραίτητο, για να αποφευχθεί το φαινόμενο του σχηματισμού συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών, τοποθετείται φράγμα υδρατμών (φύλλα αλουμινίου, ασφαλτόπανο, νάιλον κ.λπ.) μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου.
- Δυσκολία, όχι αξεπέραστη, στο να κρεμαστούν ράφια, πίνακες κ.λπ. μεγάλου βάρους και τοποθέτηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του

➤ **Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών και κολόνων**

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας (όπως οπτοπλινθοδομής), δοκού και κολόνας, κατά κύριο λόγο το σύνολο της μάζας του δομικού στοιχείου βρίσκεται εσωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης. Η λύση αυτή προτιμάται σε κτίρια συνεχούς χρήσης όπως σε κατοικίες μόνιμης διαμονής και νοσοκομεία, στα οποία είναι επιθυμητή η σταθερή θερμοκρασία και ενδιαφέρει περισσότερο η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και η διατήρηση της θερμότητας και μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης, παρά η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης. [23,28]

Πλεονεκτήματα [23,28,50]

- Εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων
- Διατηρεί για αρκετό διάστημα, που εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων, τη θερμοκρασία του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στα νότια κυρίως δομικά στοιχεία από τον ήλιο, εφόσον εξασφαλίζεται η απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα με την κατασκευή τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων επαρκούς πάχους.
- Μειώνει στο ελάχιστο την πιθανότητα σχηματισμού θερμογεφυρών οι οποίες αυξάνουν τις απώλειες θερμότητας κατά ακόμη και 25% αν συμπεριληφθούν στη μελέτη θερμομόνωσης (μελέτη ενεργειακής απόδοσης βάσει ΚΕνΑΚ)
- Προστατεύει την τοιχοποιία από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, δηλαδή προστατεύει την εξωτερική επιφάνεια τοίχων από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών
- Μειώνει στο ελάχιστο τον κίνδυνο σχηματισμού υγρασίας συμπύκνωσης λόγω διάχυσης υδρατμών
- Αποτρέπει τις ζημιές από υγρασία και παγωνιά σε σωληνώσεις ύδρευσης
- Σε περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του
- Προστασία της κατασκευής από καιρικές συνθήκες

Μειονεκτήματα [23,28,50]

- Καθυστερεί την αρχική θέρμανση του χώρου
- Ενέχει τον κίνδυνο ρηγματώσεων, αν η εφαρμογή δε γίνει από εξειδικευμένο συνεργείο σύμφωνα με τις οδηγίες της κάθε εταιρείας της οποίας το σύστημα εφαρμόζεται, απαιτείται δηλαδή προσοχή στην κατασκευή (ορθή επιλογή υλικών, ορθή τοποθέτηση) για αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στην όψη
- Μεγαλύτερο αρχικό κόστος επένδυσης
- Δυσκολία ή και αδυναμία εφαρμογής σε κτίρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις
- Εμποδίζει τη διαμόρφωση εντόνων αρχιτεκτονικών στοιχείων στο κτίριο
- Η χρήση της σε υφιστάμενα κτίρια μη θερμομονωμένα πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης

➤ **Θερμομόνωση πυρήνα δικέλυφης τοιχοποιίας**

Η δικέλυφη τοιχοποιία (οπτοπλινθοδομή) με θερμομόνωση πυρήνα χωρίς κάποιο διάκενο αέρα, όπου το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων αυτής, αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τύπο τοιχοποιίας στη χώρα μας. [27] Μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλες τις κατασκευές και κυρίως σε αυτές που ενδιαφέρει περισσότερο η διατήρηση της θερμότητας μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης. [50] Το εσωτερικό κέλυφος το οποίο κατά κύριο λόγο κατασκευάζεται από τούβλα θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια ενώ το κτίριο θερμαίνεται. Ο τοίχος θα επιστρέψει τη θερμότητα αυτή στα δωμάτια μετά τη διακοπή της θέρμανσης του κτιρίου, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία. [23]

Πλεονεκτήματα [27,50]

- Είναι ευκολότερος ο τρόπος τοποθέτησης των θερμομονωτικών υλικών
- Δεν επηρεάζεται η θερμομονωτική προστασία του τοίχου από την επίδραση της βροχής
- Αποτελεί την πιο ισόρροπη μορφή θερμικής προστασίας έναντι του ψύχους το χειμώνα και της ζέστης το καλοκαίρι
- Επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου έστω και μερική. Εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα του εσωτερικού κελύφους του τοίχου που προστατεύεται θερμομονωτικά.
- Προσφέρει ελευθερία αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης των όψεων

Μειονεκτήματα [27,50]

- Δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά. Είναι σύνηθες το φαινόμενο σε τοιχοποιίες με πλημμελή σύνδεση των δύο κελυφών το εξωτερικό κέλυφος να αποσυνδέεται και να πέφτει μετά από μία ισχυρή σεισμική δόνηση.
- Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως, παρά μερικώς, τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας. Ωστόσο, αυτή είναι δυνατό να αυξηθεί αναλόγως με το πάχος του τοίχου του εσωτερικού κελύφους.
- Η δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα χωρίς ενδιάμεσο διάκενο αέρα δεν επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση της υγρασίας, αν το θερμομονωτικό υλικό είναι ευπρόσβλητο και προσβληθεί από αυτήν, είτε το αίτιο είναι νερό της βροχής είτε συμπύκνωση λόγω διάχυσης υδρατμών.

Στην περίπτωση δικέλυφης τοιχοποιίας με θερμομόνωση πυρήνα, στα σημεία ένωσης με τα στοιχεία σκυροδέματος του φέροντα σκελετού του κτιρίου τα οποία είναι θερμομονωμένα εξωτερικά ή εσωτερικά, οι θερμογέφυρες δεν εξαλείφονται όπως στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης απλά γίνονται γραμμικές από επιφανειακές. [28]

Ακόμη, κατά την κατασκευή δικέλυφων τοιχοποιιών πρέπει τα δύο κελύφη της τοιχοποιίας να συνδέονται μεταξύ τους με περιδέσμους ενίσχυσης (σενάζ) οι οποίοι οφείλουν ομοίως να είναι θερμομονωμένοι για την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφύρων. [50]

Παραλλαγές της δικέλυφης τοιχοποιίας με θερμομόνωση πυρήνα χωρίς διάκενο αέρα είναι οι δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα και με αεριζόμενο διάκενο (ή αεριζόμενη πρόσοψη) και οι δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα και με διάκενο αέρα μη αεριζόμενο. Οι τοιχοποιίες αυτές όσον αφορά την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου λειτουργούν κατά τον ίδιο τρόπο με τις πρώτες δηλαδή της δικέλυφες τοιχοποιίες με μόνωση πυρήνα και χωρίς διάκενο. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των δύο αυτών τύπων τοιχοποιιών έχουν ήδη παρουσιαστεί και αναλυθεί στην ενότητα 5.5.5.

➤ **Θερμομονωμένη τοιχοποιία από ελαφροβαρή λιθοσώματα**

Η τοιχοποιία αυτή κατασκευάζεται από ειδικούς πλίνθους που εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες όπως πορώδεις τσιμεντόλιθοι και θερμομονωτικά τούβλα ή τούβλα που περιλαμβάνουν στην εργοστασιακή κατασκευή τους θερμομονωτικά υλικά. [23] Τα δομικά αυτά υλικά αποτελούν τα βασικά υλικά δόμησης της τοιχοποιίας, ενώ παράλληλα αποτελούν και τη θερμομονωτική στρώση αυτής. Αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις κατασκευές και κυρίως σε αυτές που μας ενδιαφέρει περισσότερο η διατήρηση της θερμότητας μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης. Η τοιχοποιία αυτή αξιοποιεί το σύνολο της θερμοχωρητικότητας του δομικού στοιχείου, ωστόσο λόγω της μικρότερης μάζας της, καθώς αποτελείται από πορώδη υλικά, η θερμοχωρητικότητα της είναι μειωμένη συγκριτικά με αυτή των υπολοίπων βαρέων υλικών. [50]

Πλεονεκτήματα [23,50]

- Έχει πολύ καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά
- Υπερτερεί έναντι των δικέλυφων κατασκευών, επειδή δεν απαιτεί τη διαμόρφωση περιδέσμων ενίσχυσης (σενάζ)
- Εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας
- Ευνοεί την αναπνοή των τοίχων και δυσκολεύει το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών
- Κοστίζει λιγότερο και κατασκευάζεται ταχύτερα και ευκολότερα
- Ταυτόχρονα εξασφαλίζει ικανοποιητικό επίπεδο ακουστικής άνεσης
- Εξοικονομείται ωφέλιμος εσωτερικός χώρος

Μειονεκτήματα [23, 50]

- Έχει μικρότερη θερμοχωρητικότητα, οπότε δε μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις όπου απαιτείται υψηλή θερμοχωρητικότητα
- Αναπτύσσει χαμηλότερες εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες
- Προσβάλλεται πιο εύκολα από την υγρασία της βροχής, με αποτέλεσμα όσο είναι βρεγμένη η τοιχοποιία να παρέχει μειωμένη θερμική προστασία
- Χρησιμοποιείται σε ελαφριές κατασκευές
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα θερμομονωτικά τούβλα δεν παρουσιάζουν αρκετά χαμηλούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας με αποτέλεσμα για συνήθη πάχη τοιχοποιίας να μην ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που θέτονται από τον ΚΕνΑΚ για τον συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών αυτών για τις διάφορες κλιματικές ζώνες. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη χρήσης ενός επιπλέον ελαφρού θερμομονωτικού υλικού το οποίο τοποθετείται συνήθως στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας.

9.5.3 Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης σε επίπεδη και κεκλιμένη οροφή από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οι οροφές αποτελούν εκείνα τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους που δέχονται εντονότερα από όλα τα άλλα τις επιδράσεις των καιρικών φαινομένων. Οι σωστές κατασκευαστικές λύσεις και η σωστή θερμομόνωση συμβάλλουν στην εκτόνωση των καταπονήσεων που δέχονται οι οροφές. [50] Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση από την θέση της θερμομονωτικής στρώσης στη διατομή μιας οριζόντιας ή κεκλιμένης οροφής κατασκευασμένης με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.

➤ **Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος**

Η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται επάνω από την φέρουσα πλάκα, δηλαδή από την εξωτερική της πλευρά, την προστατεύει θερμικά και παρεμποδίζει τις απώλειες θερμότητας μέσω αυτής. Αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης επιλέγεται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή λειτουργίας αυτού. [23] Όταν, λοιπόν, το κτίριο έχει μια συνεχή χρήση (π.χ. κατοικίες, νοσοκομεία) προτιμάται αυτή η περίπτωση, διότι επιδιώκεται η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος. Η συσσωρευμένη θερμότητα στη μάζα της μπορεί να επαναποδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας της, όπως όταν μειώνεται η απόδοση του συστήματος θέρμανσης ή διακόπτεται η λειτουργία του. [11,50]

Επιπλέον, η φέρουσα πλάκα με την τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης από την εξωτερική της πλευρά προστατεύεται θερμικά από τις έντονες καταπονήσεις που προκαλούν θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι, η θερμική καταπόνηση της πλάκας είναι πλέον σαφώς περιορισμένη και επιτρέπει το καλοκαίρι τη διαμόρφωση ενός πιο άνετου εσωκλίματος. [50]

Πλεονεκτήματα [23, 50]

- Εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της κατασκευής
- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας της πλάκας.
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος κλιματισμού, εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στην πλάκα
- Προστασία εξωτερικής επιφάνειας πλάκας από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο ύψος του

Ως μειονέκτημα αυτού του τρόπου θερμομόνωσης της οροφής θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την προσοχή που απαιτείται στην σωστή τοποθέτηση του στεγανοποιητικού υλικού σε σχέση με το μονωτικό υλικό αλλά και στην καλή συνεργασία των δύο υλικών. [23]

➤ **Θερμομόνωση κάτω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος**

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων με διακοπτόμενη χρήση στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα, θέατρα, κινηματογράφοι). [23,50] Ακόμη εφαρμόζεται σε υφιστάμενη κατασκευή, αν οι συνθήκες το απαιτούν, όπως για παράδειγμα όταν η εξωτερική πλευρά υφιστάμενης οροφής λόγω της χρήσης της δεν επιτρέπει την εκτέλεση εργασιών. [50]

Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης κάτω από την πλάκα δεν επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υπερκείμενων συμπαγών στρώσεων (φέρουσας πλάκας και στρώσης κλίσεων). Έτσι, οι εσωτερικοί χώροι θερμαίνονται και ψύχονται σύντομα. Για αυτό το λόγο επιλέγεται σε κτίρια διακοπτόμενης χρήσης, στα οποία δεν ενδιαφέρει η απόδοση της θερμοχωρητικότητας της πλάκας σκυροδέματος, καθώς με την απομάκρυνση των χρηστών από το κτίριο (πέρας ωραρίου λειτουργίας) δεν εξυπηρετεί σε τίποτα η επαναπόδοση της συσσωρευμένης θερμότητας. [50]

Επίσης, οι υπερκείμενες στρώσεις δέχονται έντονη θερμική καταπόνηση λόγω μεγάλων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων. Οι συνέπειες αυτές γίνονται περισσότερο αντιληπτές το καλοκαίρι, όταν η έντονη ηλιακή ακτινοβολία υπερθερμαίνει την πλάκα και η θερμομόνωση αδυνατεί να προσφέρει ικανοποιητική προστασία, ώστε να συμβάλλει στο δροσισμό των εσωτερικών χώρων. [50]

Τέλος, στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης (μόνωση κάτω από τη φέρουσα πλάκα) όταν είναι απαραίτητη η χρήση φράγματος υδρατμών για την προστασία του μονωτικού υλικού και της κατασκευής από πιθανή συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών επιβάλλονται κάποιες κατασκευαστικές λύσεις όπως η στερέωση ψευδοροφής κάτω από τη φέρουσα πλάκα για την τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών πάνω στην ψευδοροφή και στη συνέχεια για την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού. [50] Η ανάρτηση ψευδοροφής βέβαια, θα γίνει αναλόγως του ύψους του διαθέσιμου χώρου.

Πλεονεκτήματα [23]

- Άμεση απόδοση συστήματος κλιματισμού
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία)

Μειονεκτήματα [23,50]

- Δεν εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου
- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης
- Πιθανότητα δημιουργίας υγρασίας και μούχλας στις γωνίες λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών
- Η φέρουσα πλάκα με την τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης από την εσωτερική της πλευρά δεν προστατεύεται θερμικά από τις έντονες καταπονήσεις που προκαλούν θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος.

9.5.4 Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στα δάπεδα

Τα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές) μπορούν να φέρουν τη θερμομονωτική στρώση είτε πάνω από την φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος είτε κάτω από αυτήν. Η επιλογή της θέσης του μονωτικού υλικού στη διατομή του δαπέδου συνδέεται κατ'αρχήν με τη χρήση του κτιρίου.

Στην περίπτωση όπου το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από την φέρουσα πλάκα του δαπέδου, δε γίνεται εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υποκείμενων συμπαγών στρώσεων όπως της πλάκας σκυροδέματος και της εξισωτικής στρώσης όταν αυτή τοποθετείται κάτω από το μονωτικό υλικό. [28] Αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης δαπέδων επιλέγεται σε περιπτώσεις κτιρίων με διακοπτόμενη χρήση (όπως εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα ημερήσιας χρήσης) στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού. [23]

Στην περίπτωση όπου το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από την φέρουσα πλάκα του δαπέδου, επιτρέπεται η εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υπερκείμενων συμπαγών στρώσεων όπως της πλάκας σκυροδέματος, της εξισωτικής στρώσης καθώς και των υπολοίπων στρώσεων που συνθέτουν τη διατομή του δαπέδου. [28] Αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης επιλέγεται σε κτίρια στα οποία δε μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή λειτουργίας αυτού. [11,23] Προτιμάται δηλαδή σε κτίρια τα οποία έχουν μια

συνεχή χρήση όπως μόνιμες κατοικίες και νοσοκομεία. [23] Η λύση αυτή, βέβαια, εφαρμόζεται με την προϋπόθεση ότι το ελεύθερο ύψος που απομένει στο χώρο είναι αρκετό και ότι δεν υπάρχουν τοποθετημένες ηλεκτρομηχανολογικές ή άλλες εγκαταστάσεις που εμποδίζουν την τοποθέτηση της μόνωσης. [82] Επιπλέον, είναι σημαντικό τα δοκάρια του υπόστυλου χώρου να θερμομονωθούν περιμετρικά, καθώς διαφορετικά θα αποτελέσουν θερμογέφυρες. [50]

10. Τα κουφώματα

Τα κουφώματα μπορούν να θεωρηθούν ως κινητά δομικά στοιχεία με πολύ διαφορετικά μορφολογικά, λειτουργικά και τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Αποτελούνται κατά κύριο λόγο από δύο βασικά στοιχεία, τα πλαίσια και τους υαλοπίνακες, οι οποίοι αποτελούν το μέσο πλήρωσης των ανοιγμάτων ενός κτιρίου και καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη επιφάνεια σε ένα κούφωμα. Τοποθετούνται στα ανοίγματα που αφήνονται σε τοίχους και πετάσματα, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ελέγχου της κίνησης μεταξύ δύο γειτονικών χώρων ή μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Εξασφαλίζουν την ιδιωτικότητα, διαμορφώνουν τη θέα και επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την αρχιτεκτονική φυσιογνωμία του κτιρίου. Καθώς αποτελούν στοιχεία του κελύφους των κτιρίων συμβάλλουν στην προστασία αυτών από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (αέρα, βροχή, κρύο, θόρυβο), συμμετέχουν στη διαμόρφωση του εσωκλίματος, της ακουστικής και της οπτικής άνεσης εξασφαλίζοντας στους ενοίκους άνετο επίπεδο διαβίωσης και εργασίας, καθορίζουν αποφασιστικά την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου ενώ προστατεύουν και έναντι ειδικών συνθηκών (πυρκαγιάς, διαρρήξεων, βανδαλισμών κτλ.). Για την επίτευξη των παραπάνω είναι σημαντική η σωστή επιλογή των δομικών υλικών, η σωστή διαστασιολόγηση και η διαδοχή τους στη σύνθεση του τελικού προϊόντος αλλά και η σωστή τοποθέτησή τους, λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση του κτιρίου και το γεωγραφικό χώρο στον οποίο βρίσκεται το κτίριο. [102]

10.1 Ο υαλοπίνακας και η ηλιακή ακτινοβολία

Οι υαλοπίνακες ως υλικά πλήρωσης των κουφωμάτων βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στις κατασκευές λόγω της διαφάνειάς τους. [45] Η κυριότερη ιδιότητά τους είναι το ότι διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στην επιφάνειά τους. [21]

Όπως ήδη παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2, ο ήλιος ακτινοβολεί ενέργεια με την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων (μηκών κύματος) το οποίο χωρίζεται στις εξής 3 βασικές διακριτές περιοχές συχνοτήτων, στην υπεριώδη με εύρος μηκών κύματος $0,29\mu\text{m} < \lambda < 0,40\mu\text{m}$, στην ορατή με $0,40\mu\text{m} < \lambda < 0,70\mu\text{m}$ και στην υπέρυθη με $0,70\mu\text{m} < \lambda < 3,50\mu\text{m}$. Από το σύνολο της ενέργειας που ακτινοβολεί ο ήλιος, μόνο το 9% εκπέμπεται στην υπεριώδη περιοχή, 38% στην ορατή και τέλος το 53% στην υπέρυθη. [21]

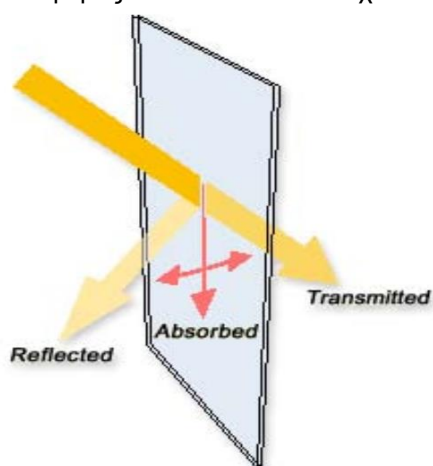
Η υπεριώδης ακτινοβολία πρόκειται για την ακτινοβολία που προκαλεί το μαύρισμα της επιδερμίδας και η οποία μπορεί να έχει σειρά δυσάρεστων συνεπειών, όπως είναι τα ηλιακά εγκαύματα και το ξεθώριασμα των χρωμάτων των αντικειμένων που εκτίθενται στον ήλιο. Για την προστασία του χρώματος των αντικειμένων απαιτείται ο αποκλεισμός της υπεριώδους ακτινοβολίας. Σημαντική μείωση των βλαβερών συνεπειών της, μπορούν να προσφέρουν οι πολυστρωματικοί υαλοπίνακες με πολυβινυλικές μεμβράνες, οι οποίοι μπορούν να εμποδίσουν την μετάδοση μέχρι και του 99,6% της υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες μπορούν να φιλτράρουν τμήματα του ηλιακού φάσματος επιλεκτικά. Κανένα γυαλί δεν μπορεί να εγγυηθεί απόλυτη προστασία από το ξεθώριασμα των χρωμάτων. [103]

Από το σύνολο της ηλιακής ενέργειας το ανθρώπινο οπτικό όργανο, το μάτι, είναι «ρυθμισμένο» να συλλαμβάνει ένα μικρό εύρος συχνοτήτων της ηλιακής ενέργειας που όμως αντιπροσωπεύει το 38% της συνολικής. [104] Τα βασικά επίπεδα φωτισμού στα κτίρια κατά τη διάρκεια της ημέρας εξασφαλίζονται χάρη στην ιδιότητα των υαλοπινάκων να επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός στο εσωτερικό των χώρων. Μάλιστα η εξέλιξη της τεχνολογίας, συνετέλεσε στην διαρκή βελτίωση των οπτικών χαρακτηριστικών των υαλοπινάκων, ενώ παράλληλα εφευρέθηκαν και πέρασαν σε βιομηχανική παραγωγή νέοι τύποι υαλοπινάκων με πρόσθετες ιδιότητες τις οποίες δεν διέθεταν οι απλοί λευκοί υαλοπίνακες. Πρόκειται για υαλοπίνακες, στην μάζα των οποίων έχουν προστεθεί χρωματικές ουσίες ή η επιφάνεια των οποίων έχει επιστρωθεί με λεπτά αόρατα στρώματα μετάλλων, προκειμένου να μεταβληθεί και να καθορισθεί η ποσότητα του φυσικού φωτός που επιτρέπουν να διέρχεται. [103] Συνεπώς, η κατάλληλη επιλογή των υαλοπινάκων αλλά και η σωστή θέση και ο προσανατολισμός αυτών εξασφαλίζουν τη δυνατότητα ελέγχου και αξιοποίησης του φυσικού φωτός καθώς και την καλύτερη διάχυση του εισερχόμενου φωτός σε ένα χώρο, συμβάλλοντας έτσι στην επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης. [104]

Η υπέρυθη ακτινοβολία, είναι ευρέως γνωστή σαν «θερμότητα» ή σαν «θερμική ακτινοβολία». Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι τόσο το φως όσο και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα όλων των συχνοτήτων θερμαίνουν τις επιφάνειες οι οποίες τα απορροφούν. Η υπέρυθη ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να είναι επιθυμητή και

ανεπιθύμητη. Είναι επιθυμητή όταν επιδιώκεται η ηλιακή ζεστασιά, η άνεση και η φυσική θέρμανση του χώρου ενώ είναι ανεπιθύμητη όταν ο χώρος υπερθερμαίνεται θέτοντας σε δοκιμασία ανθρώπους και κλιματιστικά συστήματα. [103] Δεδομένου λοιπόν ότι οι κοινοί λευκοί υαλοπίνακες επιτρέπουν την διέλευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας (κατά το μεγαλύτερο μέρος αυτής), όπου είναι ανάγκη να μειωθεί η εισερχόμενη στον χώρο υπέρυθρη ακτινοβολία, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου. Αναλόγως, λοιπόν, των απαιτήσεων και με την κατάλληλη επιλογή υαλοπίνακα, μπορεί να επιτευχθεί η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας ή η προστασία από αυτή, εξασφαλίζοντας σε κάθε περίπτωση συνθήκες θερμικής άνεσης και μείωση των θερμικών απωλειών. [105]

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε ένα υαλοπίνακα κατά ένα μέρος της ανακλάται, κατά ένα άλλο απορροφάται από τη μάζα του υαλοπίνακα ενώ το υπόλοιπο διέρχεται μέσα από τον υαλοπίνακα. Οι τρεις αυτές βασικές ιδιότητες του υαλοπίνακα εξαρτώνται από το μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας, από τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας στην επιφάνεια του υαλοπίνακα, από τη χημική σύσταση και το πάχος του υλικού. [21] Σε κάθε περίπτωση όμως, βασιζόμενοι στην βασική αρχή της Φυσικής ότι η ενέργεια ούτε εξαφανίζεται αλλά ούτε και δημιουργείται εκ του μηδενός, προκύπτει ότι το άθροισμα των ποσοστών της ανακλώμενης, της απορροφούμενης και της διερχόμενης ακτινοβολίας ισούται με 100%. Αυτή είναι γνωστή ως εξίσωση RAT από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Reflection, Absorption, Transmission. [104] Επιπλέον, η ενέργεια που απορροφάται από τη μάζα του υαλοπίνακα αποδίδεται κατά ένα μέρος στο εσωτερικό χώρο με συναγωγή και ακτινοβολία και κατά ένα μέρος αποδίδεται αντίστοιχα στο εξωτερικό περιβάλλον. [21]



Σχήμα 10.1: Η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε υαλοπίνακα και η ανακλώμενη, η απορροφούμενη και η διερχόμενη ακτινοβολία [106]

Από την άλλη πλευρά, ο υαλοπίνακας δέχεται ακτινοβολία και από αντικείμενα στο εσωτερικό του κτιρίου, είτε πρωτογενώς (λαμπτήρες, σώματα καλοριφέρ), είτε δευτερογενώς λόγω της θερμότητας που έχουν απορροφήσει τα έπιπλα, τα δάπεδα, οι τοίχοι και τα άλλα δομικά στοιχεία αυτού, την οποία στη συνέχεια εκπέμπουν με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. [107] Ωστόσο, σχεδόν όλα τα είδη αρχιτεκτονικής υάλου είναι εντελώς αδιαπέραστα από την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (δηλαδή την εκπεμπόμενη από σώματα θερμοκρασίας μικρότερης των 120°C) με αποτέλεσμα να δημιουργείται το γνωστό 'φαινόμενο του θερμοκηπίου'. Πιο συγκεκριμένα, η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες δωματίου και στη συνέχεια εκπέμπεται από αυτές με μεγάλο μήκος κύματος, δεν εξέρχεται κατά άμεσο τρόπο από τους υαλοπίνακες διότι αυτοί είναι αδιαφανείς για μήκη κύματος μεγαλύτερα των 3μm. Έτσι, μέρος της ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών του δωματίου που προσπίπτει στους υαλοπίνακες απορροφάται από αυτούς ενώ το υπόλοιπο ανακλάται προς το εσωτερικό του δωματίου. [21]

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί «επιθυμητό» σε κατοικίες γεωγραφικών περιοχών με χαμηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους. Αντίθετα, είναι ανεπιθύμητο σε κατοικίες θερμών γεωγραφικών περιοχών και στα κοινόχρηστα κτίρια γενικώς, στα οποία ο μεγάλος αριθμός εργαζομένων, οι ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα, συντελούν στην αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας, πράγμα το οποίο σημαίνει αυξημένες δαπάνες κλιματισμού. Είναι, λοιπόν, επιβεβλημένη η προστασία των κτιρίων αυτών από την εισερχόμενη ηλιακή ενέργεια. [108]

10.2 Θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά κουφωμάτων και υαλοπινάκων

Τα θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των κουφωμάτων και συνεπώς και των υαλοπινάκων συνθέτουν την θερμομονωτική και ενεργειακή ικανότητα τους, την ενεργειακή απόδοση τους και προσδιορίζουν την συμπεριφορά τους ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση, βάσει των χαρακτηριστικών αυτών γίνεται η επιλογή του κατάλληλου τύπου υαλοπίνακα και του συνολικού κουφώματος αναλόγως των εκάστοτε απαιτήσεων με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου και την εξοικονόμηση ενέργειας. Παρουσιάζονται, λοιπόν, στη συνέχεια τα θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων.

➤ Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος, U_w , και του υαλοπίνακα, U_g

Η έννοια του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου παρουσιάστηκε αναλυτικά στην ενότητα 3.6 όπως επίσης παρουσιάστηκε και ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος και του υαλοπίνακα στην ενότητα 3.9.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος αντιπροσωπεύει το βαθμό της μεταφοράς θερμότητας διαμέσου αυτού και την ικανότητα του να μειώνει τις θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων. Μικρότερες τιμές σημαίνουν αυξημένο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Αντίθετα, υψηλές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων δεν υπογραμμίζουν μόνο τη μειωμένη θερμομονωτική ικανότητα του κάθε στοιχείου, αλλά δηλώνουν και τον κίνδυνο δημιουργίας ζώνων με χαμηλές θερμοκρασίες στις αντίστοιχες περιοχές του εσωτερικού των χώρων, για περιόδους με χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες (χειμερινή περίοδος, ψυχρά κλίματα), με επιπτώσεις στη θερμική άνεση. [105]

Με δεδομένο ότι στην κατασκευή του στοιχείου συμμετέχουν τόσο το πλαίσιο όσο και οι υαλοπίνακες, ο συντελεστής, U_w , του κουφώματος αποτελεί στην ουσία ένα μέσο συντελεστή, που συντίθεται από τους επιμέρους συντελεστές, U_f , του πλαισίου και U_g του υαλοπίνακα, σε αναλογία που προσδιορίζεται από τα ποσοστά συμμετοχής της κάθε μίας από τις επιφάνειες πλαισίου και υαλοπινάκων στη συνολική επιφάνεια του στοιχείου. Επιπλέον, στη συνολική απόδοση του στοιχείου συμπεριλαμβάνονται και οι θερμικές απώλειες εξαιτίας των θερμογεφύρων που υπολογίζονται από το γινόμενο του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_g του υαλοπίνακα και του πλαισίου επί του μήκους συναρμογής του πλαισίου και του υαλοπίνακα. [105] Ενδεικτικές τιμές των παραπάνω μεγεθών έχουν ήδη παρουσιασθεί σε πίνακες στην ενότητα 3.9.

Στο συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος, σημαντικότερη είναι η επίδραση του υαλοπίνακα λόγω της μεγάλης επιφάνειας που καταλαμβάνει αυτός στο κούφωμα, καθώς επίσης και λόγω των υψηλών τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_g , που παρουσιάζει αλλά και της δυνατότητας της σημαντικής μείωσης αυτού αναλόγως του τύπου του υαλοπίνακα που θα επιλεγεί. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι και ο συντελεστής θερμοπερατότητας των πλαισίων παίζει καθοριστικό ρόλο στη θερμική συμπεριφορά του κουφώματος, καθώς πλαίσια με κακή θερμομονωτική συμπεριφορά δίνουν υψηλούς συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός μονού υαλοπίνακα ισούται με $5,7\text{W/m}^2\text{K}$ [9] και συνεπώς ο υαλοπίνακας αυτός μπορεί να παρουσιάζει υψηλές θερμικές απώλειες. Η θερμομονωτική ικανότητα των υαλοπινάκων και συνεπώς των κουφωμάτων αυξάνεται όταν επιλέγονται διπλοί ή τριπλοί υαλοπίνακες με ενδιάμεσο διάκενο αέρα, ενώ βελτιώνεται ακόμη περισσότερο όταν για την πλήρωση του διακένου χρησιμοποιούνται ευγενή, χαμηλής αγωγιμότητας αέρια. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων αυτών μειώνεται ακόμη περισσότερο όταν στην μία όψη ενός φύλλου του υαλοπίνακα εφαρμόζονται επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής. Συμπερασματικά, αναφέρεται ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος εξαρτάται από τον τύπο του υαλοπίνακα, δηλαδή από το αν πρόκειται για μονό, διπλό ή τριπλό, καθώς και από τον αν πρόκειται για διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα με επίστρωση χαμηλής εκπομπής στην επιφάνεια ενός φύλλου υαλοπίνακα (ή σε δύο φύλλα υαλοπίνακα στην περίπτωση τριπλού) από την πλευρά του διακένου, από την ικανότητα θερμικής εκπομπής, από το πάχος των φύλλων υαλοπίνακα, από το πάχος του ενδιάμεσου διακένου μεταξύ των φύλλων υαλοπίνακα καθώς και από το είδος του αερίου πλήρωσης του ενδιάμεσου διακένου δηλαδή από το αν πρόκειται για αέρα ή για ευγενή θερμομονωτικά αέρια.

➤ Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους κουφωμάτων, g_w , και υαλοπινάκων, g_{gl}

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. [9] Αντιπροσωπεύει, λοιπόν, την ικανότητα του δομικού στοιχείου να μεταφέρει τη θερμότητα που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία στους εσωτερικούς χώρους. [105] Η τιμή του εξαρτάται καθοριστικά από το είδος του υαλοπίνακα, ενώ εξαρτάται και από το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. [9] Γεγονός, που στην πράξη σημαίνει ότι στοιχεία ίδιων διαστάσεων με ίδιους υαλοπίνακες μπορεί, ανάλογα με το ποσοστό του πλαισίου τους, να έχουν διαφορετικούς συντελεστές g_w . [105] Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι' αυτό αγνοείται. Συνεπώς, καθώς η τιμή του g_w εξαρτάται από το ποσοστό του πλαισίου θα πρέπει να υπολογίζεται για κάθε τύπο κουφώματος ξεχωριστά. Υπολογίζεται βάσει της παρακάτω σχέσης: [9]

$$g_w = g_{gl} (1 - F_f) \quad (10.1)$$

όπου F_f το ποσοστό του πλαισίου στο κούφωμα

g_{gl} ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα, g_{gl} , εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του υαλοπίνακα προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σ' αυτό και λαμβάνεται ίση με το 90% του συντελεστή ηλιακού κέρδους g σε κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Η τιμή του συντελεστή ηλιακού κέρδους g συνήθως πιστοποιείται από τον κατασκευη του υαλοπίνακα. Στον παρακάτω πίνακα 10.1 παρουσιάζονται τυπικές τιμές του συντελεστή g και g_{gl} για τέσσερις τύπους υαλοπινάκων. [9]

Οι τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους τόσο του κουφώματος όσο και του υαλοπίνακα κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1. Μεγαλύτερες τιμές του σημαίνουν μεγαλύτερες ποσότητες αξιοποιήσιμων θερμικών ηλιακών κερδών που προσφέρει το κούφωμα, με συνέπεια στοιχεία με μεγαλύτερες τιμές να είναι επιθυμητά σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν θέρμανση, ενώ αντίθετα για κλιματικές συνθήκες στις οποίες κυριαρχούν απαιτήσεις ψύξης να προτιμώνται στοιχεία με μικρότερες τιμές, ώστε να μειώνονται οι απαιτήσεις των ψυκτικών φορτίων. [105]

Πίνακας 10.1: Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση, g , και της μέσης διαπερατότητας, g_{gl} , για διάφορους τύπους υαλοπίνακα [9]

Τύπος υαλοπίνακα	g	g_{gl}
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68

Στον παρακάτω πίνακα 10.2 παρουσιάζονται τυπικές τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος, ανάλογα με το ποσοστό του πλαισίου και τον τύπο του υαλοπίνακα.

Πίνακας 10.2: Τυπικές τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους κουφωμάτων, g_w [9]

Τύπος υαλοπίνακα	Ποσοστό πλαισίου F_f			
	10%	20%	30%	40%
Μονός υαλοπίνακας	0,69	0,62	0,54	0,46
Διπλός υαλοπίνακας	0,61	0,54	0,48	0,41
Διπλός υαλοπίνακας, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,54	0,48	0,42	0,36
Διπλό παράθυρο	0,61	0,54	0,48	0,41
Έγχρωμος ή ανακλαστικός υαλοπίνακας χωρίς δυνατότητα διαπίστωσης των ιδιοτήτων του	0,41	0,36	0,32	0,27

➤ Ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας του κουφώματος και του υαλοπίνακα

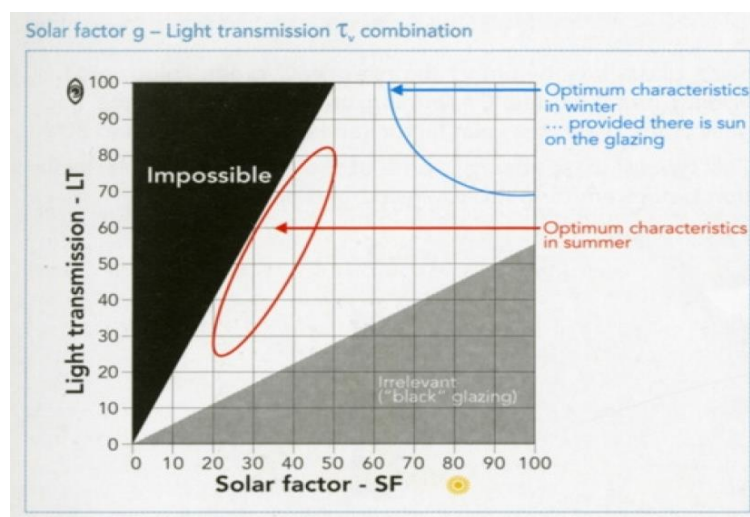
Ο συντελεστής διαπερατότητας του κουφώματος στο φυσικό φως αντιπροσωπεύει την ικανότητα του δομικού στοιχείου να μεταφέρει φυσικό ηλιακό φως στους εσωτερικούς χώρους. Καθορίζεται από τον ανάλογο συντελεστή φωτοδιαπερατότητας, LT (Light Transmission), του υαλοπίνακα και εξαρτάται από την σχέση των επιφανειών του υαλοπίνακα προς την συνολική επιφάνεια του στοιχείου, γεγονός που σημαίνει ότι στοιχεία ίδιων διαστάσεων με ίδιου τύπου υαλοπίνακες μπορεί, ανάλογα με το πλάτος του πλαισίου τους, να έχουν διαφορετικούς συντελεστές μεταφοράς ηλιακού φωτός. [105] Ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας του υαλοπίνακα εκφράζει το ποσοστό του προσπίπτοντος σε ένα υαλοπίνακα φως που μεταδίδεται τελικά στο εσωτερικό του κτιρίου. [109] Η επιθυμητή φωτοδιαπερατότητα ενός υαλοπίνακα μπορεί να κυμαίνεται από 60% έως 80%. [110] Υψηλότερη τιμή του συντελεστή φωτοδιαπερατότητας, LT, είναι επιθυμητή όταν υπάρχει απαίτηση για περισσότερο φυσικό φως. [109] Γενικά, όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές του συντελεστή φωτοδιαπερατότητας του κουφώματος, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι ποσότητες φυσικού φωτός που μεταφέρει το κούφωμα και συνεπώς τόσο μικρότερη η ανάγκη για συμπληρωματικό τεχνητό φωτισμό. [105]

➤ Η επιλεκτικότητα ενός υαλοπίνακα

Η σχέση ανάμεσα στον συντελεστή διερχόμενου φωτός (LT, Light Transmission) και στον ηλιακό συντελεστή (g, Solar Factor) ενός υαλοπίνακα αποκαλείται επιλεκτικότητα (selectivity) ενός υαλοπίνακα και ορίζεται ως εξής:

$$Selectivity = \frac{Light\ Transmission\ (LT)}{Solar\ Factor\ (g)} \quad (10.2)$$

Οι τιμές που μπορεί να πάρει η επιλεκτικότητα ενός υαλοπίνακα κυμαίνονται ανάμεσα στο 0 και το 2. Τιμή 0 έχει ένας αδιαφανής υαλοπίνακας ενώ η τιμή 2 είναι η καλύτερη δυνατή επιλεκτικότητα. Όσο πλησιέστερα προς το 2 είναι η τιμή, τόσο πιο επιλεκτικός είναι ο υαλοπίνακας. [108] Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε τους επιθυμητούς συνδυασμούς του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα και του συντελεστή φωτοδιαπερατότητας του υαλοπίνακα κατά τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο.



Σχήμα 10.2: Διάγραμμα επιλεκτικότητας όπου απεικονίζεται η επιθυμητή απόδοση των υαλοπινάκων κατά τη χειμερινή και κατά τη θερινή περίοδο. [104]

➤ Ο συντελεστής εκπομπής, ε, ενός υαλοπίνακα

Η ιδιότητα των υαλοπινάκων να επανεκπέμπουν τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει στη μάζα τους με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας ονομάζεται ικανότητα εκπομπής (emissivity) και εκφράζεται με τον συντελεστή εκπομπής ε ο οποίος δηλώνει το ποσοστό της επανεκπεμπόμενης ενέργειας. Ο συντελεστής εκπομπής ενός κοινού υαλοπίνακα ισούται με 0,89. Αυτό σημαίνει ότι το 89% της ενέργειας που απορροφάται από τη μάζα του γυαλιού, επανεκπέμπεται προς το περιβάλλον προς την ψυχρότερη πλευρά του και μόνο το 11% ανακλάται πίσω στη θερμή περιοχή. [108]

Σημαντική βελτίωση, δηλαδή μείωση της τιμής δυνατότητας θερμικής εκπομπής, ε, των υαλοπινάκων επέφερε η νέα τεχνολογία υαλοπινάκων με επιστρώσεις χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e). Πρόκειται για διπλούς ή τριπλούς υαλοπίνακες όπου σε ένα φύλλο υαλοπίνακα (ή σε δύο στην περίπτωση τριπλών υαλοπινάκων) από την όψη προς το ενδιαμέσο διάκενο εφαρμόζονται επιστρώσεις οι οποίες έχουν χαμηλό συντελεστή εκπομπής ε. Αναλυτικότερα, αυτός ο τύπος υαλοπινάκων περιγράφεται στη συνέχεια.

10.3 Οι υαλοπίνακες

Ο υαλοπίνακας αποτελεί το υλικό πλήρωσης του κουφώματος και καταλαμβάνει την μεγαλύτερη επιφάνεια στο σύνολο αυτού. Στοχεύει στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και της θερμοκρασιακής άνεσης ενός χώρου, επιτρέπει την είσοδο του φυσικού φωτός στο κτίριο και προστατεύει τους κατοίκους του κτιρίου από τα καιρικά φαινόμενα (αέρα, βροχή, κρύο, ζέστη). [103] Η σημασία του είναι καθοριστική για την ενεργειακή συμπεριφορά των κουφωμάτων, ιδιαίτερα σε μεγάλης επιφάνειας ανοίγματα. [102]

Στην πιο απλή του εκδοχή το γυαλί είναι ανόργανο προϊόν τήξης πυριτικών προσμείξεων, το οποίο στερεοποιείται χωρίς κρυστάλλωση. [102] Είναι υλικό σκληρό, εύθραυστο, συνήθως διαφανές ή ημιδιαφανές, ομογενές, ισότροπο και παρουσιάζει χημική αδράνεια. Η διαφάνεια του εξαρτάται από τη σύστασή του, το πάχος του και τη διαμόρφωση της επιφάνειάς του. Η δομική ύαλος είναι ανθεκτική στις καιρικές επιδράσεις και παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στην επίδραση των οξέων. Προσβάλλεται από τα αλκαλικά διαλύματα, ενώ η παρατεταμένη επίδραση της υγρασίας σε χώρους, οι οποίοι δεν αερίζονται καλά, δημιουργεί εξασθενήσεις στην επιφάνεια της. Οι χημικές ιδιότητες της, όπως και οι φυσικές, είναι δυνατόν να μεταβληθούν με τη μεταβολή της σύστασής της. Επίσης, οι μηχανικές της αντοχές επηρεάζονται από τη σύσταση, τη θερμική επεξεργασία και τη μορφή της. Πολύ σημαντικές ιδιότητες των υαλοπινάκων για την χρήση τους στις κατασκευές είναι η θερμική διαστολή και η θερμική αγωγιμότητα για την πρόβλεψη των αναπτυσσόμενων τάσεων και των θερμικών απωλειών από τα ανοίγματα, αντιστοίχως, καθώς και η ιδιότητα τους να διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία. [45]

Η διαρκής έρευνα, η εξέλιξη της τεχνολογίας, η βελτίωση των μεθόδων παραγωγής, καθώς και η εμπειρία του παρελθόντος οδήγησαν στην παραγωγή ποικιλίας προϊόντων με βελτιωμένες ιδιότητες για διάφορες ανάγκες και απαιτήσεις. [102] Η μεγάλη ποικιλία των υαλοπινάκων και η συνεχής εξέλιξη τους οφείλεται στη δυνατότητα μεταβολής της χημικής σύστασης της ύαλου κατά την παραγωγή της και στη δυνατότητα ανάπτυξης ή όχι εσωτερικών τάσεων κατά την περαιτέρω διεργασία. [45]

10.3.1 Παράγοντες που καθορίζουν το πάχος των υαλοπινάκων

Οι παράγοντες, οι οποίοι συμβάλλουν στον καθορισμό του πάχους του υαλοπίνακα, είναι: [45,102]

- Το είδος του γυαλιού
- Το είδος και οι διαστάσεις του ανοίγματος
- Τα σημεία στήριξης του υαλοπίνακα
- Η αντοχή του υαλοπίνακα στη μέση ταχύτητα ανεμοπίεσης της περιοχής
- Το είδος και η διάρκεια της φόρτισης
- Η κλίση τοποθέτησης
- Οι θερμομονωτικές απαιτήσεις
- Η χρήση του κτιρίου και οι ειδικές απαιτήσεις (ασφάλεια έναντι κρούσης, αλεξίσφαιρη προστασία, πυρασφάλεια κ.α.) [45,102]

Όσον αφορά τα φορτία που δέχεται ο υαλοπίνακας, για τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους αυτού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά κύριο λόγο η αποφόρτιση, η τιμή της οποίας εξαρτάται από το υψόμετρο της θέσης του κτιρίου, από τη θέση του υαλοστασίου στο κτίριο και από τα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια που προστατεύουν το κτίριο, καθώς επίσης και φορτία, όπως η σεισμική δράση και το ίδιο βάρος, στην περίπτωση στοιχείων μεγάλης επιφάνειας, η κρούση, η διαφορά πίεσης μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα (για θερμομονωτικούς υαλοπίνακες) και οι διαφορετικές συστολοδιαστολές των στοιχείων που συνθέτουν το πλαίσιο στήριξης. Σε κάθε περίπτωση αρχικά υπολογίζεται το απαιτούμενο πάχος των απλών υαλοπινάκων και στη συνέχεια με ορισμένους συντελεστές μείωσης ή προσαύξησης υπολογίζονται τα αντίστοιχα πάχη στην περίπτωση που τοποθετούνται διπλοί, τριπλοί, ασφάλειας ή άλλου τύπου υαλοπίνακες. [102]

10.3.2 Κριτήρια επιλογής των υαλοπινάκων

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου υαλοπίνακα γίνεται βάσει των θερμικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του τα οποία προσδιορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του και συνθέτουν την ενεργειακή του απόδοση. [105] Τα χαρακτηριστικά αυτά του υαλοπίνακα, τα οποία παρουσιάστηκαν παραπάνω αναλυτικά, είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του, ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους αυτού, ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας του και ο συντελεστής εκπομπής αυτού στη θερμική ακτινοβολία. Επιλέγοντας, λοιπόν, τον υαλοπίνακα με τον κατάλληλο συνδυασμό των παραπάνω ιδιοτήτων αναλόγως των απαιτήσεων πετυχαίνεται η εξασφάλιση του φυσικού φωτός, ο έλεγχος των θερμικών απωλειών και των ηλιακών κερδών καθώς και η προστασία του κτιρίου από την υπερθέρμανση. [45] Σε κάθε περίπτωση, για την επιλογή του κατάλληλου προϊόντος θα πρέπει να γίνεται εκτίμηση των παραπάνω ιδιοτήτων του σε συνδυασμό με τη χρήση του κτιρίου, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, τη συνεισφορά του στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και τη συνεπαγόμενη οικονομία του συστήματος (κόστος-όφελος, χρόνος απόσβεσης). Η επιλογή, επίσης, του τύπου του υαλοπίνακα εξαρτάται και από ειδικές απαιτήσεις όπως απαιτήσεις πυρασφάλειας, ασφάλειας έναντι διάρρηξης, βανδαλισμών καθώς επίσης και από αισθητικές απαιτήσεις και απαιτήσεις για θέα. [45,102]

Με κατεύθυνση την επίτευξη θερμικής άνεσης, οι υαλοπίνακες πρέπει να επιλέγονται ανάλογα του επιδιωκόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας. [111] Θα πρέπει, λοιπόν, να επιλέγονται διπλοί υαλοπίνακες των οποίων ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα, από το πάχος του ενδιάμεσου διακένου, από το είδος του αερίου πλήρωσης του διακένου (αέρας ή ευγενή αέρια) καθώς και από το αν εφαρμόζεται ή όχι επίστρωση χαμηλής εκπομπής στην επιφάνεια ενός φύλλου του υαλοπίνακα προς την πλευρά του διακένου. [23,111] Σε περιπτώσεις αυξημένων απαιτήσεων μπορούν να επιλέγονται και τριπλοί υαλοπίνακες. Με κατεύθυνση την επίτευξη ακουστικής άνεσης θα πρέπει να επιλέγονται διπλοί υαλοπίνακες με μεγάλο ενδιάμεσο διάκενο, με ειδικό ενδιάμεσο παρέμβυσμα ενώ τα πάχη των δύο φύλλων του υαλοπίνακα θα πρέπει να διαφέρουν από 2 έως και 6mm. [111]

Υαλοπίνακες με χαμηλούς συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους προτιμώνται σε κατασκευές που έχουν μεγάλες απαιτήσεις για κλιματισμό, ενώ υαλοπίνακες με υψηλό συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας προτιμώνται στην περίπτωση κατασκευών, στις οποίες εφαρμόζονται οι αρχές της παθητικής ηλιακής θέρμανσης (κυρίως νότιες όψεις). Επίσης, η χρήση υαλοπινάκων με χαμηλό συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους είναι ιδανική επιλογή για τις ανατολικές και δυτικές όψεις κατοικιών, καθώς έτσι επιτυγχάνεται ικανοποιητικός έλεγχος της ηλιακής θερμικής ενέργειας και ικανοποιητικές συνθήκες οπτικής άνεσης. Τέλος, σε μεγάλες εγκαταστάσεις μπορεί να θεωρηθεί καλή η επιλογή τέτοιων υαλοπινάκων και για τις νότιες όψεις, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις δε χρειάζεται η εφαρμογή τους στις βόρειες όψεις των κατασκευών, οι οποίες δεν επιβαρύνονται ιδιαίτερα από την ηλιακή ακτινοβολία. [102]

10.3.3 Τα είδη υαλοπινάκων

Στην παρούσα ενότητα γίνεται περιγραφή των διαφόρων ειδών υαλοπινάκων που δύνανται να χρησιμοποιηθούν σήμερα σε μια κτιριακή κατασκευή. Οι υαλοπίνακες αυτοί ανάλογα με τον τύπο τους παρουσιάζουν ιδιαίτερες ιδιότητες και λειτουργικά χαρακτηριστικά και σε κάθε περίπτωση επιλέγονται βάσει των κριτηρίων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Βάσει των κυριότερων ιδιοτήτων τους μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Απλοί μονοί υαλοπίνακες
- Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου
- Διακοσμητικοί υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες ασφάλειας
- Πυράντοχοι υαλοπίνακες
- Αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες με ενσωμάτωση μεμβρανών για αυξημένες απαιτήσεις
- Υαλοπίνακες εξειδικευμένων χρήσεων

10.3.3.1 Απλοί μονοί υαλοπίνακες [102]

Η βασική ποιότητα γυαλιού είναι το κοινό διαφανές οικοδομικό τζάμι, από το οποίο δημιουργούνται όλοι οι τύποι τζαμιού με διάφορες κατεργασίες, προσμείξεις, ενισχύσεις και συνδυασμούς με μεμβράνες ή επιστρώσεις. Το κοινό τζάμι κατασκευάζεται με τη διαδικασία της συνεχούς έγχυσης, σε διάφορα πάχη και διαστάσεις επιφάνειας. Οι κοινοί υαλοπίνακες έχουν ελάχιστο πάχος 2mm και σπανίως πλέον χρησιμοποιούνται. Σε συνήθη παράθυρα, χωρίς απαιτήσεις θερμομόνωσης χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες πάχους 3mm. Οι υαλοπίνακες απλής ή διπλής λείανσης πάχους 3-5mm (ημικρύσταλλα), χρησιμοποιούνται για διαστάσεις πλαισίων ίσες και μεγαλύτερες από 1,5m. Υαλοπίνακες με ειδική κατεργασία των επιφανειών τους (υαλοκρύσταλλα) και πάχη που κυμαίνονται από 5-21mm έχουν μεγαλύτερη αντοχή έναντι των προαναφερθέντων και χρησιμοποιούνται σε προθήκες καταστημάτων και εξώθυρες (μεσαία και μεγάλα ανοίγματα). Όσον αφορά την ηχομόνωση, οι μονοί υαλοπίνακες θα πρέπει να έχουν το μεγαλύτερο δυνατό πάχος, ενώ η αύξηση του πάχους δεν έχει καμία ουσιαστική επίδραση στη θερμομονωτική τους ικανότητα. Γενικά, η χρήση μονών υαλοπινάκων, πλέον, περιορίζεται σε εξωτερικά κουφώματα που διαχωρίζουν μη θερμαινόμενους χώρους και σε εσωτερικά κουφώματα.

10.3.3.2 Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες

Χαρακτηριστικό στοιχείο των θερμομονωτικών υαλοπινάκων είναι η διαμόρφωση διακένου ανάμεσα σε δύο ή τρεις γυάλινες επιφάνειες (διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες), το οποίο ενισχύει τη θερμομονωτική ικανότητα του τελικού προϊόντος, [102] καθώς ο εγκλωβισμένος στο διάκενο αέρας λειτουργεί ως θερμομονωτικό στρώμα. [109] Οι γυάλινες επιφάνειες μπορεί να κατασκευάζονται από κοινό γυαλί ή από ειδικά κρύσταλλα με σκοπό την επίτευξη συνδυασμένων ιδιοτήτων. Το ενδιάμεσο διάκενο των διπλών υαλοπινάκων συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 6mm και 12mm. Σε αυτό τοποθετείται κοίλο προφίλ από αλουμίνιο ή γαλβανισμένη λαμαρίνα, το οποίο στην εσωτερική του πλευρά έχει εγκοπές και στο εσωτερικό του τοποθετούνται αφυγραντικά (πυριτικά) άλατα, ώστε ο αέρας στο διάκενο να παραμένει ξηρός. Επίσης, μπορούν να τοποθετηθούν και ειδικά καδρόνια από συνθετικό υλικό, στο οποίο έχουν ενσωματωθεί κόκκοι πυριτίου ή ζεολίθου για την αφυδάτωση του αέρα του ενδιάμεσου διακένου. Σε υαλοπίνακες που είναι και ηχομονωτικοί το αποστατικό προφίλ περιέχει ελαστικά στοιχεία στις δύο πλευρές του. Μετά από την περιμετρική στεγανοποίηση του διακένου διοχετεύεται από οπή, που σφραγίζεται αμέσως, αφυδατωμένος αέρας με σημείο δρόσου -10°C, με σκοπό την αποτροπή θάμβωσης από συμπυκνώσεις υδρατμών στο διάκενο. [102]

Σημαντική για τη θερμομονωτική ικανότητα του κουφώματος είναι η επιλογή του υλικού της βάσης με τα αφυγραντικά άλατα με μειωμένη αγωγιμότητα. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η επιρροή αυτού του στοιχείου στη θερμομονωτική ικανότητα του υαλοπίνακα φτάνει σε μια ζώνη εύρους έως και 65mm στο κούφωμα. Επίσης, είναι προφανές, ότι η επιρροή του κοίλου μεταλλικού προφίλ στη θερμομονωτική ικανότητα του κουφώματος είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερο είναι το κούφωμα. Σε σύγχρονους υαλοπίνακες

χρησιμοποιείται κοίλο μεταλλικό προφίλ από υλικό με μειωμένη αγωγιμότητα όπως ανοξείδωτου χάλυβα. [102]

- **Διπλοί υαλοπίνακες**

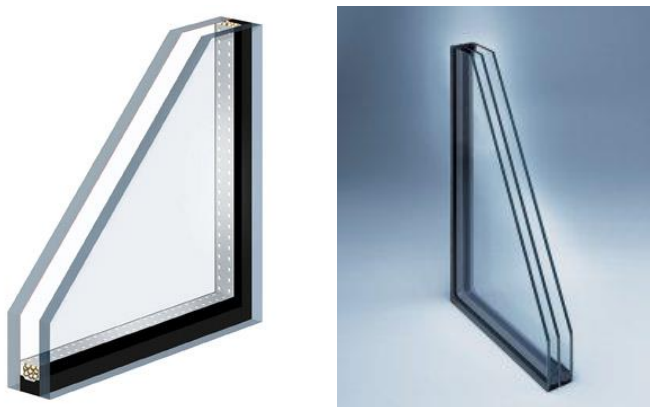
Οι διπλοί υαλοπίνακες με ενδιάμεσο διάκενο χρησιμοποιούνται για την επίτευξη καλύτερης θερμομονωτικής ικανότητας. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως ηχομονωτικοί με την προϋπόθεση ότι υπάρχει διαφορά στα πάχη των δύο φύλλων του υαλοπίνακα. [102]

Τα πάχη των υαλοπινάκων προκύπτουν έπειτα από μελέτη αντοχής στην ανεμοπίεση. Τα συνήθη πάχη των επιμέρους υαλοπινάκων δύνανται να είναι από 4 έως 12mm, ενώ τα συνήθη πάχη του ενδιάμεσου διακένου είναι 6, 8, 10, 12mm και δύνανται να φτάσουν μέχρι τα 20mm. Συνίσταται, όμως, το πάχος του ενδιάμεσου διακένου να μην είναι μεγαλύτερο από 12mm. [102,111]. Ειδικότερα, στην περίπτωση των ηχομονωτικών διπλών υαλοπινάκων, απαιτείται διαφορά στα πάχη μεταξύ των δύο φύλλων του υαλοπίνακα η οποία δύναται να είναι μεγαλύτερη των 2mm χωρίς όμως να υπερβεί τα 6mm υπό την προϋπόθεση ότι το ενδιάμεσο κενό θα είναι μικρότερο ή ίσο των 10mm, το πάχος του κάθε υαλοπίνακα θα είναι μικρότερο ή ίσο των 10mm και η μικρότερη διάσταση του υαλοπίνακα θα είναι μεγαλύτερη ή ίση των 40cm. [111] Επιπλέον, όσον αφορά το πάχος του ενδιάμεσου διακένου, όσο μεγαλύτερο είναι αυτό, αυξάνεται και η ηχομονωτική προστασία του υαλοπίνακα. [102]

Ανάλογα με τις απαιτήσεις μπορούν να χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες απλοί διαφανείς αλλά και ειδικοί υαλοπίνακες όπως έγχρωμοι, απορροφητικοί, χαμηλής εκπεμφιμότητας, πολλαπλοί ασφαλείας με ενδιάμεσες μεμβράνες, διακοσμητικοί, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου υαλοπίνακα γίνεται βάσει των επιδιωκόμενων συντελεστών απορρόφησης, ανάκλασης, του ηλιακού συντελεστή, του συντελεστή θερμοπερατότητας του μορφοποιημένου διπλού υαλοπίνακα [111] καθώς και αναλόγως του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος, της απαιτούμενης αντοχής του υαλοπίνακα και άλλων λειτουργικών και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών. [102]

- **Τριπλοί υαλοπίνακες**

Η χρήση τριπλών τζαμιών αυξάνει επιπλέον τόσο τη θερμομονωτική όσο και την ηχομονωτική ικανότητα του υαλοπίνακα με σημαντική αύξηση όμως του βάρους του. [102]



Σχήμα 10.3: Διπλός και τριπλός υαλοπίνακας

- **Βελτιωμένοι θερμομονωτικοί διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες**

Για ακόμη αποδοτικότερες ενεργειακά λύσεις η αγορά έχει εμπλουτιστεί με βελτιωμένους διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες, στους οποίους ο ξηρός αέρας πλήρωσης των διακένων των κοινών διπλών και τριπλών υαλοπινάκων αντικαθίσταται από τα ευγενή χαμηλής αγωγιμότητας αέρια αργό, κρυπτό και σπανιότερα ξένο. [105] Τα ευγενή αυτά αέρια είναι άοσμα, άχρωμα και αβλαβή. Κύριο χαρακτηριστικό τους στο οποίο οφείλεται η μεγαλύτερη θερμομονωτική τους ιδιότητα είναι η μεγαλύτερη πυκνότητα τους από τον ατμοσφαιρικό αέρα. [109] Από τα αέρια αυτά συνηθέστερα χρησιμοποιείται το αργό κυρίως λόγω του χαμηλότερου κόστους του. Το ιδανικό πλάτος του διακένου στους υαλοπίνακες αυτούς είναι μεταξύ 15 και 16mm στους διπλούς και από 10mm για το κάθε διάκενο στους τριπλούς. Οι βελτιωμένοι διπλοί και τριπλοί

υαλοπίνακες συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση μετάδοσης θερμότητας, χωρίς όμως να επηρεάζουν τους συντελεστές σκίασης ή τη φωτοδιαπερατότητα των υαλοπινάκων. [105]

Οι βελτιωμένοι αυτοί θερμομονωτικοί υαλοπίνακες παρουσιάζουν μικρότερες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας και συνεπώς με τη χρήση τους επιτυγχάνονται χαμηλότερες τιμές στις θερμικές απώλειες και στις ενεργειακές καταναλώσεις. [105] Επιπλέον, μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου όπως χαρακτηριστικά παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 10.3 με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, [7] γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών. [105] Παράλληλα, οι υψηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες που παρουσιάζουν αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους. [7]

Πίνακας 10.3: Θερμομονωτικά χαρακτηριστικά βασικών υαλοπινάκων και θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας των υαλοπινάκων [105]

Τύπος υαλοπίνακα	U-value [W/(m ² K)]	Θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα με εξωτ. θερμοκρασία -10°C & εσωτ. θερμοκρασία +20°C
Απλός υαλοπίνακας	5,6	-1,0°C
Διπλός υαλοπίνακας	2,9 - 3,1	+8,4°C
Τριπλός υαλοπίνακας	2,1	+12,1°C
Διπλός θερμομονωτικός υαλοπίνακας	1,1 - 1,6	+13,8 - 15,5°C
Τριπλός θερμομονωτικός υαλοπίνακας	0,4 - 0,8	+16,8 - 17,3°C

Μία εναλλακτική λύση αποτελεί η πλήρωση του διακένου των διπλών υαλοπινάκων με ημιδιαφανή υλικά aerogel. Τα υλικά αυτά τα οποία ήδη παρουσιάστηκαν στην ενότητα 8.2.2.4, ανήκουν στα μονωτικά υλικά, παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ενώ λόγω της ημιδιαφανούς μορφής τους διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία και επιτρέπουν την καλή διάδοση του φωτός στο εσωτερικό των χώρων. Οι διπλοί αυτοί υαλοπίνακες μπορούν να κατασκευάζονται με 40mm aerogel ανάμεσα σε δύο στρώματα υάλου με πάχος 6mm και επικάλυψη υλικού ανακλαστικού στην υπέρυθρη ακτινοβολία ή ακόμη μπορούν να κατασκευάζονται με 20mm silica aerogel σε κενό αέρα ανάμεσα σε δύο στρώματα υάλου με πάχος 4mm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων αυτών προκύπτει ίσος με 0,51W/m²K. [45]

10.3.3.3 Υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου

Με στόχο τον έλεγχο των ανεπιθύμητων θερμικών ηλιακών κερδών, χωρίς να παρεμποδίζεται η θέα και το φυσικό φως των εσωτερικών χώρων, έχουν αναπτυχθεί ειδικοί υαλοπίνακες με κατάλληλες ιδιότητες που προσδίδονται σε αυτούς με ειδικά υλικά (κυρίως μέταλλα και μεταλλικά οξείδια), τα οποία είτε αναμειγνύονται και ενσωματώνονται στη μάζα τους είτε εφαρμόζονται με επιστρώσεις στην επιφάνειά τους. Παρά το γεγονός ότι αρκετοί τύποι από αυτούς μετρούν ήδη δεκαετίες εφαρμογών, ο γενικός όρος 'υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου' είναι σχετικά πρόσφατος και αναφέρεται σε προϊόντα υψηλής τεχνολογίας που αναπτύχθηκαν από τη υαλοβιομηχανία, ώστε να επιτρέπουν στο ηλιακό φως να τους διαπερνά και ταυτόχρονα να διαχέουν και να αντανακλούν ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής θερμότητας. Οι μονάδες στις οποίες εφαρμόζονται περιλαμβάνουν διπλούς τουλάχιστον υαλοπίνακες, γεγονός που σημαίνει ότι παρέχουν ικανοποιητική θερμομόνωση. Οι κυριότερες κατηγορίες των υαλοπινάκων αυτών παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια. Από τις κατηγορίες αυτές οι ηλεκτροχρωμικοί, οι φωτοχρωμικοί, οι θερμοχρωμικοί και οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων χαρακτηρίζονται και ως υαλοπίνακες με μεταβαλλόμενες ιδιότητες, καθώς ρυθμίζουν και τροποποιούν βασικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς τους σε συνάρτηση με τις μεταβαλλόμενες, εποχιακά και στο 24-ωρο, συνθήκες της ηλιακής ακτινοβολίας. [105]

- **Έγχρωμοι υαλοπίνακες**

Οι υαλοπίνακες αυτοί μέσω χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους αισθητικής, μερικοί όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συνιστώνται για τη μείωση της ηλιακής θερμικής ενέργειας που εισέρχεται σε έναν χώρο. Το χρώμα τους (μπρονζέ, φυμέ, πράσινο, μπλε κλπ) μπορεί να οφείλεται είτε σε ειδικές προσμείξεις που προστίθενται κατά τη φάση της κατασκευής του υαλοπίνακα, είτε σε μεμβράνες που επικολλώνται στις επιφάνειες του υαλοπίνακα μετά την κατασκευή τους. [102]

Στην πρώτη περίπτωση, οι ειδικές χρωστικές ύλες που έχουν προστεθεί στη μάζα των υαλοπινάκων κατά τη φάση παραγωγής, αυξάνουν την απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και συμβάλλουν στη μείωση των ηλιακών θερμικών φορτίων. [105] Τόσο το ποσοστό περιορισμού της ηλιακής ακτινοβολίας, όσο και η ένταση του χρώματος είναι συνάρτηση του πάχους του γυαλιού. [102] Στις διπλές υαλώσεις, τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά, ώστε η θερμότητα που συσσωρεύουν να διαχέεται προς το εξωτερικό περιβάλλον. [108]

Στην δεύτερη περίπτωση, οι μεμβράνες που τοποθετούνται στους υαλοπίνακες παρέχουν ηλιοπροστασία, η οποία όμως μπορεί να είναι και ανεπιθύμητη σε μερικές περιπτώσεις, καθώς η λειτουργία τους έχει σταθερά χαρακτηριστικά καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου. Έτσι, ενώ το καλοκαίρι αποδεικνύονται πολύ χρήσιμοι, το χειμώνα στερούν το εσωτερικό του χώρου από την ηλιακή ενέργεια, με δυσμενή αποτελέσματα για το φωτισμό του χώρου. [102]

- **Ανακλαστικοί υαλοπίνακες**

Η ανακλαστικότητα των κοινών υαλοπινάκων μπορεί να αυξηθεί με επιστρώσεις από πολύ λεπτές μεταλλικές μεμβράνες ή λεπτά στρώματα από κάποιο διηλεκτρικό υλικό που έχει μεγάλο συντελεστή διάθλασης. Η ανακλαστικότητα τους εξαρτάται από την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως στους κοινούς υαλοπίνακες, αλλά το ποσό της ανακλώμενης ακτινοβολίας για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης είναι πάντα μεγαλύτερο. Καθώς ανακλούν και δεν απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών. [102] Γενικά, μπορούν να απομακρύνουν με αντανάκλαση περί το 50% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στα υαλοστάσια. [105] Ως μειονέκτημα των ανακλαστικών υαλοπινάκων μπορεί να θεωρηθεί ο κίνδυνος να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια. [102] Επίσης, χαρακτηρίζονται από ελαφρές χρωματικές αποχρώσεις ενώ μειώνουν σε μικρό μόνο βαθμό το φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων. [105]

Ανάλογα με την μέθοδο επίστρωσης, οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες χωρίζονται στους υαλοπίνακες πυρολυτικής επίστρωσης και στους υαλοπίνακες εν κενώ επίστρωσης. Στους υαλοπίνακες πυρολυτικής επίστρωσης (ή σκληρής επίστρωσης), η επίστρωση γίνεται υπό θερμοκρασίες της τάξεως των 500°C, κατά την διάρκεια της παραγωγής τους, εν σειρά, γι' αυτό και αποκαλούνται επίσης on line. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι το ότι η ενσωματούμενη στην επιφάνεια του γυαλιού επίστρωση, είναι ανθεκτική σε μηχανικές καταπονήσεις, πράγμα το οποίο δίνει την δυνατότητα η ανακλαστική επίστρωση να τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια των μονών υαλοπινάκων. Στους υαλοπίνακες εν κενώ επίστρωσης (ή μαλακής επίστρωσης) η επίστρωση γίνεται σε χωριστή φάση από την παραγωγή, γι' αυτό και αποκαλούνται off line. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η παραγωγή επιστρώσεων μη ανθεκτικών σε μηχανικές καταπονήσεις, κάτι που απαιτεί προσεκτικό χειρισμό των γυαλιών καθ' όλα τα στάδια της περαιτέρω επεξεργασίας αυτών αλλά και την τοποθέτησή τους σε κάποια από τις δύο επιφάνειες των υαλοπινάκων από την πλευρά του διακένου στην περίπτωση των διπλών υαλοπινάκων. [108]

- **Απορροφητικοί υαλοπίνακες**

Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες περιορίζουν τη μετάδοση στους εσωτερικούς χώρους της υπέρυθρης κυρίως ακτινοβολίας ενώ μειώνουν ελάχιστα την ορατή. Στην αγορά διατίθενται υαλοπίνακες που απορροφούν το 70% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρή. Πλεονεκτούν σε σχέση με τους ανακλαστικούς, στο ότι δε δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου. Ωστόσο, παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι μέρος της ενέργειας που απορροφάται από το τζάμι μεταδίδεται και στον εσωτερικό χώρο. Έτσι, η χρήση υαλοπινάκων με απορρόφηση θερμότητας μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του απαιτούμενου φορτίου ψύξης το καλοκαίρι καθώς μέρος της θερμότητας που απορροφάται από τον

υαλοπίνακα μεταδίδεται σύντομα στο εσωτερικό της κατασκευής. Η αποτελεσματικότητα του απορροφητικού υαλοπίνακα μπορεί να αυξηθεί, αν χρησιμοποιηθεί για την εξωτερική επιφάνεια διπλού υαλοπίνακα, οπότε η απορροφηθείσα ενέργεια απελευθερώνεται στο εξωτερικό περιβάλλον. [102]

Μια βασική παράμετρος της χρήσης απορροφητικών υαλοπινάκων είναι ο κίνδυνος του “θερμικού σοκ”, το οποίο προκαλείται από την ανομοιόμορφη έκθεση της επιφάνειας του γυαλιού στην ηλιακή ακτινοβολία, πράγμα το οποίο οδηγεί σε μεγάλες διαφορές της θερμοκρασιακής βαθμίδας, άρα στην δημιουργία τάσεων πέρα από τα όρια αντοχής του υαλοπίνακα και τελικά στην θραύση του. [109] Μείωση του κινδύνου επιτυγχάνεται με το πλευρικό τρύχισμα των γυαλιών, με την εφαρμογή κατάλληλων υλικών στερέωσης τους και με κατάλληλες κατασκευαστικές λύσεις. [105,109]

Ευεργετικά λειτουργεί η δυνατότητα ελεύθερης κυκλοφορίας του αέρα που έρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον, στο διάκενο μεταξύ δύο υαλοπινάκων. Στην περίπτωση αυτή ο εξωτερικός απορροφητικός υαλοπίνακας λειτουργεί ως ημιδιαφανές εξωτερικό σύστημα σκίασης.

Απορροφητικοί υαλοπίνακες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις στα ανοίγματα νότιας όψης, όταν για αρχιτεκτονικούς λόγους δεν επιλέγονται άλλοι πιο αποτελεσματικοί τρόποι σκίασης. Για τα ανοίγματα δυτικής και ανατολικής όψης, οι διπλοί υαλοπίνακες με εξωτερικό απορροφητικό υαλοπίνακα αποτελούν την ιδανική επιλογή. Οι απαιτήσεις ηλιοπροστασίας στα ανοίγματα αυτά είναι μικρότερες, οπότε η εφαρμογή ακριβών συστημάτων σκίασης είναι περιττή. Επίσης, η χρήση τους ενδείκνυται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η μη προσβολή της θέας από τα ανοίγματα είναι σημαντικός παράγοντας σχεδιασμού. [102]



Σχήμα 10.4: Απορροφητικός (αριστερά) και ανακλαστικός (δεξιά) υαλοπίνακας [108]

- **Υαλοπίνακες με επίστρωση χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e)**

Πρόκειται για διπλούς ή και τριπλούς υαλοπίνακες όπου στην επιφάνεια ενός φύλλου υαλοπίνακα που βλέπει προς το διάκενο εφαρμόζονται επιστρώσεις με χαμηλό συντελεστή εκπομπής. Πιο συγκεκριμένα, στους υαλοπίνακες αυτούς εφαρμόζονται στις επιφάνειες τους λεπτότατες, πρακτικά μη ορατές, επιστρώσεις από μέταλλα ή οξειδία μετάλλων χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e), [105] με σκοπό τη μείωση της εισόδου της ηλιακής θερμικής ακτινοβολίας προς το κτίριο ή της μεταφοράς ενέργειας, που προέρχεται από τα συστήματα θέρμανσης, φωτισμού, από τις εσωτερικές επιφάνειες του χώρου και από τους ίδιους του χρήστες του κτιρίου (ανάλογα με την επιφάνεια στην οποία τοποθετούνται). [102,108]

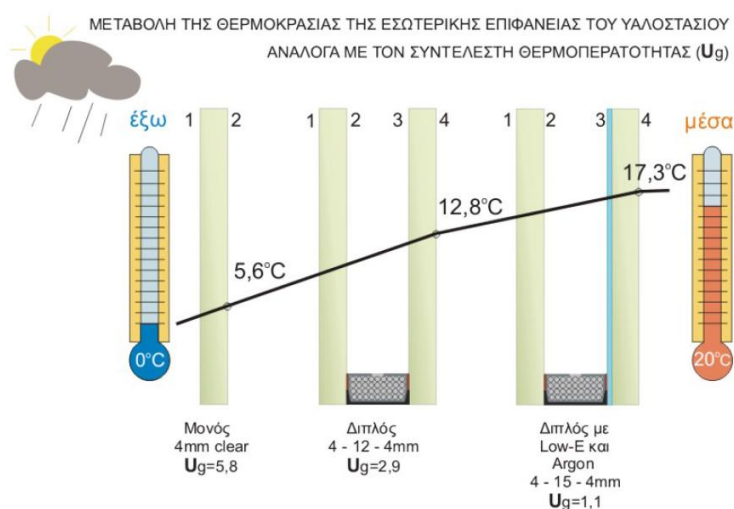
Η χαμηλής εκπομπής (low-e) επίστρωση είναι σχεδιασμένη να αυξάνει την ανάκλαση της προσπίπτουσας και απορροφούμενης από το γυαλί θερμότητας προς την πλευρά της πηγής της θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι, αντίθετα με τους κοινούς λευκούς ή έγχρωμους απορροφητικούς υαλοπίνακες, οι επιστρωμένοι low-e υαλοπίνακες απορροφούν, άρα και επανεκπέμπουν προς την ψυχρότερη πλευρά, πολύ μικρότερα ποσοστά ενέργειας, συμβάλλοντας στην διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου τον χειμώνα και την απώθηση της ζέστης προς τα έξω το καλοκαίρι, βελτιώνοντας την θερμική άνεση. [108]

Όπως είναι γνωστό, ο βασικός μηχανισμός μεταφοράς θερμικών φορτίων στους διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες είναι η ακτινοβολούμενη θερμότητα από ένα θερμό προς ένα ψυχρό υαλοπίνακα. Με την επικάλυψη της επιφάνειας του υαλοπίνακα που είναι στραμμένη προς το διάκενο, με υλικό χαμηλής εκπομπής, εμποδίζεται σημαντικό μέρος της ακτινοβολούμενης θερμότητας, με αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής διακίνησης θερμότητας δια του στοιχείου και τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας του. Συνεπώς με τη χρήση των υαλοπινάκων αυτών επιτυγχάνονται μειωμένες ενεργειακές καταναλώσεις. [105]

Η σύγχρονη τεχνολογία εφαρμογής επιστρώσεων χαμηλής εκπεμψιμότητας στους υαλοπίνακες προσφέρει εξελιγμένα προϊόντα με εξειδικευμένες ιδιότητες και λειτουργίες. Υπάρχουν αρκετοί τύποι υαλοπινάκων, με επιστρώσεις που κάνουν δυνατή τη μείωση των θερμικών ηλιακών κερδών (σημαντικό χαρακτηριστικό για τη θερινή περίοδο ή τις περιπτώσεις που κυριαρχούν οι απαιτήσεις για ψύξη), των θερμικών απωλειών (σημαντικό χαρακτηριστικό για τη χειμερινή περίοδο ή τις περιπτώσεις που κυριαρχούν οι απαιτήσεις για θέρμανση) και της θάμβωσης (σημαντικό χαρακτηριστικό για διάφορες συνθήκες φυσικού φωτισμού). [105]

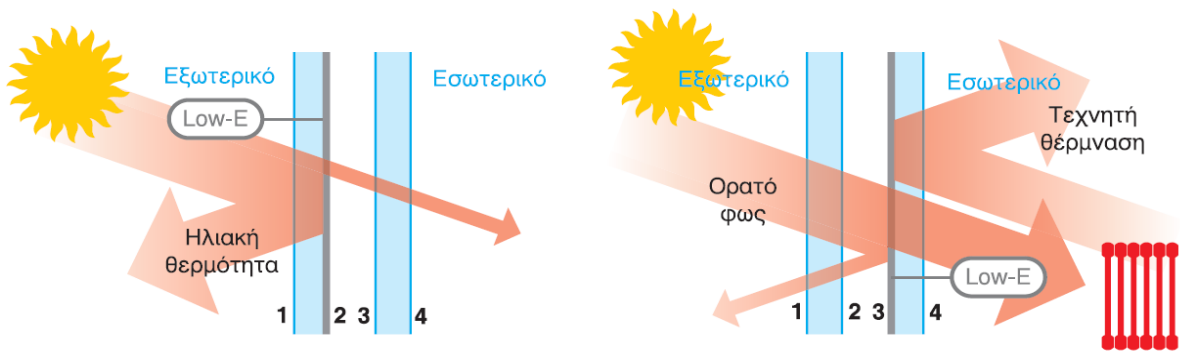
Ο συνδυασμός διπλών ή τριπλών υαλοπινάκων με επίστρωση χαμηλής εκπομπής και με πλήρωση του διακένου με ευγενή αέρια προσφέρει υαλοπίνακες που παρουσιάζουν ακόμη μικρότερες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας και συνεπώς μειωμένες θερμικές απώλειες. [105] Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων αυτών έχουν ήδη παρουσιαστεί στην ενότητα 3.9.2. Επιπλέον, παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες στις εσωτερικές επιφάνειες τους σε σχέση με τους άλλους τύπους υαλοπινάκων, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 10.5, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης σε περιπτώσεις με χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. [105]

Μάλιστα, συνδυασμοί κατάλληλων επιστρώσεων με βελτιωμένους θερμομονωτικούς διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες (με ευγενή, χαμηλής αγωγιμότητας αέρια στα διάκενα) και με υψηλής απόδοσης πλαίσια συμβάλλουν καθοριστικά στο σχεδιασμό και στην κατασκευή κτιρίων με σημαντικά χαμηλότερες τιμές στις θερμικές απώλειες και εντυπωσιακά μειωμένα τα ποσοστά των ενεργειακών καταναλώσεων, που οφείλονται στα κουφώματα. [105] Ενδεικτικοί συντελεστές θερμοπερατότητας κουφωμάτων με διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες διάφορων διαστάσεων, για διάφορους συντελεστές εκπομπής και για πλήρωση διακένου με αέρα, αργό και κρυπτό παρουσιάστηκαν στον πίνακα 3.12 στην ενότητα 3.9.3.



Σχήμα 10.5: Μεταβολή της θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα [108]

Για εφαρμογές σε κλιματικές συνθήκες, στις οποίες επικρατούν απαιτήσεις θέρμανσης, οι επιστρώσεις χαμηλής εκπεμψιμότητας εφαρμόζονται στην στραμμένη προς το διάκενο επιφάνεια του εσωτερικού υαλοπίνακα, έτσι ώστε να μειώνουν τις θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον και συνεπώς το κόστος θέρμανσης, χωρίς να εμποδίζουν το φυσικό φωτισμό. Αντίστροφα, για κλιματικές συνθήκες στις οποίες επικρατούν οι απαιτήσεις ψύξης, οι επιστρώσεις χαμηλής εκπεμψιμότητας τοποθετούνται στη στραμμένη προς το διάκενο επιφάνεια του εξωτερικού υαλοπίνακα, ώστε να μειώνουν τις ποσότητες των θερμικών φορτίων που μεταφέρει η ηλιακή ακτινοβολία προς τους εσωτερικούς χώρους (δηλαδή τα θερμικά ηλιακά κέρδη) και συνεπώς να μειώνουν τα έξοδα ψύξης, επιτρέποντας όμως το μέγιστο φυσικό φωτισμό. [105]



Σχήμα 10.6: Υαλοπίνακες με επίστρωση χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e) σε απαιτήσεις ψύξης (αριστερά) και σε απαιτήσεις θέρμανσης (δεξιά) [110]

Για τους βέλτιστους, κατά περίπτωση και ειδικές συνθήκες, συνδυασμούς χαμηλής εκπεμπιμότητας επιστρώσεων και τιμών του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g , σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Για κτίρια, στα οποία η θέρμανση αποτελεί προτεραιότητα, προτείνονται χαμηλής εκπεμπιμότητας υαλοπίνακες με υψηλές τιμές του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g . [105] Οι υαλοπίνακες αυτοί αφήνουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισχωρήσει στο εσωτερικό του χώρου ενώ δεν επιτρέπουν να διαφύγει η θερμότητα. [110] Αυτοί ακριβώς οι τύποι των υαλοπινάκων επιλέγονται κατά κανόνα για κτίρια που ακολουθούν τις αρχές του ηλιακού παθητικού σχεδιασμού. [105]
- Για κλιματικές συνθήκες που απαιτούν κυρίως ψύξη ιδανική επιλογή θεωρούνται οι χαμηλής εκπεμπιμότητας υαλοπίνακες που προσφέρουν χαμηλές τιμές του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g . [105] Οι υαλοπίνακες αυτοί μπλοκάρουν την ενέργεια του ήλιου και κρατούν δροσερό τον χώρο. [110]
- Για τις κλιματικές συνθήκες που απαιτούν και θέρμανση και ψύξη, η επιλογή χαμηλής εκπεμπιμότητας υαλοπινάκων συμβάλλει στη μείωση του συνολικού ετήσιου ενεργειακού κόστους, εφόσον στο πλαίσιο των δεδομένων λειτουργίας του κάθε συγκεκριμένου έργου και του ενεργειακού σχεδιασμού του συνδυαστούν με την επιλογή των κατάλληλων για την κάθε περίπτωση τιμών συντελεστή θερμικών ηλιακών κερδών (υψηλών, ενδιάμεσων ή χαμηλών τιμών του g). [105]

Η τεχνολογία των επιστρώσεων χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e) είναι σε θέση να προσφέρει προϊόντα με ιδιαίτερα χαμηλές τιμές του συντελεστή ηλιακών θερμικών κερδών, g , που χαρακτηρίζονται όμως από σημαντική μείωση της διαπερατότητας ορατής ακτινοβολίας ή εμφανίζονται ως ελαφρά χρωματισμένα. Τα συγκεκριμένα προϊόντα απευθύνονται σε εκείνες τις εφαρμογές, στις οποίες κυριαρχούν οι απαιτήσεις ψύξης και στις οποίες οι ελαφρά χρωματισμένοι υαλοπίνακες είναι αποδεκτοί ή επιθυμητοί. [105]

- **Ηλεκτροχρωμικοί**

Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικές και θερμικές) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος μικρής τάσης και χρησιμοποιούνται για την επίτευξη ικανοποιητικού επιπέδου σκίασης. [102] Πιο συγκεκριμένα, οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τη διαπερατότητα τους στο ηλιακό φως με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσης. Το ρεύμα μεταφέρεται με μικροσκοπικούς λεπτότατους αγωγούς σε μια ηλεκτροχρωμική επίστρωση, η οποία ενεργοποιείται και αλλάζει το χρωματισμό της από ανοιχτό σε σκοτεινό ή αντίστροφα και με αυτόν τρόπο ελαττώνει ή αυξάνει ανάλογα την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους. Η παροχή του ρεύματος πραγματοποιείται είτε με χειρισμούς και εντολές κατά βούληση του χρήστη είτε με αυτοματισμούς που στηρίζονται στη λειτουργία ειδικών φωτοαισθητήρων. [105]

- **Φωτοχρωμικοί**

Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας βάσει της ίδιας τεχνολογίας που εφαρμόζεται εδώ και χρόνια στα γυαλιά ηλίου. [102] Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση βαφών με οξειδία αλογόνων καθώς και διάφορα οργανικά ή ανόργανα συνθετικά υλικά. [45] Είναι ιδανικοί για τον έλεγχο της θάμβωσης, ωστόσο δεν αναχαιτίζουν επαρκώς την

ηλιακή θερμική ακτινοβολία. Προς το παρόν, το κόστος τους είναι υψηλό και δεν εφαρμόζονται σε κοινές εφαρμογές. [102]

- **Θερμοχρωμικοί**

Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμους, ανακλαστικούς. [102] Πιο συγκεκριμένα, οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τη διαπερατότητα τους στο ηλιακό φως με αλλαγή του χρωματισμού τους από ανοιχτό σε σκοτεινό με παθητικό τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ελαφρά χρωματισμένων θερμοχρωμικών μεμβρανών, που καθώς θερμαίνονται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, μειώνουν τη διαπερατότητα τους (σκοτεινιάζουν) και απορροφούν σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας που κατευθύνεται προς το εσωτερικό. Σε απουσία άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ο χρωματισμός των υαλοπινάκων 'ανοίγει', ώστε να επιτραπεί η είσοδος της διάχυτης ακτινοβολίας στους χώρους. Οι θερμοχρωμικές μεμβράνες ενσωματώνονται μεταξύ δύο υαλοπινάκων, συνθέτοντας ένα ενιαίο φύλλο, το οποίο στη συνέχεια αποτελεί μέρος ενός συνθετότερου στοιχείου (π.χ. διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα). [105]

- **Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων**

Η όψη της επιφάνειας αυτών των υαλοπινάκων μεταβάλλεται από γαλακτόχρωμη (αδιαφανή) σε διαφανή με την εφαρμογή τάσης. [102] Λειτουργούν παρόμοια με τους ηλεκτροχρωμικούς υαλοπίνακες. [105] Είναι χρήσιμοι για την διασφάλιση της ιδιωτικότητας, δεν παρέχουν όμως σημαντικό ενεργειακό κέρδος και εφαρμόζονται κυρίως σε στοιχεία εσωτερικών χώρων. [102]

10.3.3.4 Διακοσμητικοί υαλοπίνακες

Οι διακοσμητικοί υαλοπίνακες χρησιμοποιούνται για λόγους αισθητικής και κατά δεύτερο λόγο για τον έλεγχο εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας ή της ορατότητας. Ανάλογα με τη μέθοδο κατασκευής τους και το τελικό αποτέλεσμα στην εμφάνισή τους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: [102]

- **Υαλοπίνακες με ανάγλυφες επιφάνειες**

Οι υαλοπίνακες αυτοί κατασκευάζονται έτσι ώστε είτε η μία είτε και οι δύο επιφάνειες τους να φέρουν διακόσμηση με ανάγλυφα διακοσμητικά σχέδια, ταινίες ή ραβδώσεις, που σχηματίστηκαν από ειδικούς κυλίνδρους κατά την πρώτη φάση της παραγωγής τους. [45,102] Ανάλογα με τη μορφή και το βάθος του ανάγλυφου, τα προϊόντα αυτά μπορεί να εμποδίζουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και την ορατότητα σε διάφορα επίπεδα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μονοί σε χώρους μη θερμαινόμενους ή να τοποθετηθούν σε διπλούς θερμομονωτικούς υαλοπίνακες. [102] Βρίσκουν εφαρμογή ιδιαίτερα σε πολυτελείς κατασκευές. [45]

- **Τυπωμένοι υαλοπίνακες**

Οι υαλοπίνακες αυτοί έχουν τυπωμένα επαναλαμβανόμενα σχέδια στην επιφάνειά τους. Για την κατασκευή τους, έγχρωμη βαφή ωθείται μέσω λεπτού πλέγματος επάνω στην γυάλινη επιφάνεια. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας επιτρέπει υψηλές εκτυπωτικές ταχύτητες και τη δυνατότητα διαμόρφωσης περίπλοκων σχεδίων. Ανάλογα με το ποσοστό της επιφάνειας των υαλοπινάκων που καταλαμβάνεται από τα διακοσμητικά σχέδια, μειώνεται η διαπερατότητα τους στην ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και η ορατότητα. Οι υαλοπίνακες αυτοί χρησιμοποιούνται σε διάφορες διακοσμητικές εφαρμογές, αλλά και στην περίπτωση απαίτησης σχετικής οπτικής απομόνωσης μεταξύ δύο χώρων ή ακόμη και στην περίπτωση προστασίας των χώρων από την ηλιακή ακτινοβολία. Στην περίπτωση που τοποθετηθούν σε εξωτερικά κουφώματα, η διακοσμητική πλευρά τοποθετείται εσωτερικά. [102]

- **Υαλοπίνακες με αμμοβολή**

Η αμμοβολή είναι μία μέθοδος που μειώνει τη στιλπνότητα, αλλά και τη διαφάνεια του υαλοπίνακα. Η διαμόρφωση της επιφάνειας με αμμοβολή μπορεί να γίνει είτε με την εκτόξευση άμμου με την βοήθεια πεπιεσμένου αέρα επάνω στην επιφάνεια του γυαλιού είτε με την επίδραση διαφόρων χημικών ουσιών

(υδροφθορικό οξύ). Η αμμοβολή μπορεί να εφαρμοστεί είτε μερικά είτε σε όλη την επιφάνεια του υαλοπίνακα. Τα προϊόντα αυτά δε πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους με μεγάλη υγρασία, διότι η συμπύκνωση υδρατμών στην επιφάνεια τους μεταβάλλει την εμφάνισή τους παροδικά. [102]

10.3.3.5 Υαλοπίνακες ασφάλειας

Υαλοπίνακες ασφάλειας θεωρούνται αυτοί που αντέχουν σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές και μηχανικές καταπονήσεις. Τα κρύσταλλα ασφαλείας, λόγω των προαναφερθεισών ιδιοτήτων, χρησιμοποιούνται ευρέως όχι μόνο σε προθήκες καταστημάτων, αλλά και σε τράπεζες, σχολεία, κατοικίες για την ασφάλεια παιδιών, πισίνες, νοσοκομεία, πρεσβείες, αστυνομικά τμήματα, μουσεία. Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι: [102]

- **Ενισχυμένοι με πλέγμα**

Τα προϊόντα αυτά υπήρξαν οι πρώτοι υαλοπίνακες ασφάλειας σε παραβιάσεις, σε φωτιά και έναντι τραυματισμών καθώς κατά τη θραύση τους δεν εκτινάσσονται. Είναι κοινοί υαλοπίνακες με ενσωματωμένο χαλύβδινο πλέγμα στο μέσον του πάχους τους, το οποίο αποτελείται από τετράγωνους βρόγχους με μήκος πλευράς 12,5mm ή 25mm και πάχος σύρματος $\geq 0,42\text{mm}$. [45]

- **Θερμοενισχυμένοι**

Η θερμική επεξεργασία των υαλοπινάκων αυτών αυξάνει την αντοχή του γυαλιού σε απότομη θερμοκρασιακή μεταβολή και σχεδόν διπλασιάζει τη μηχανική του αντοχή. Οι υαλοπίνακες αυτοί αντέχουν σε ικανοποιητικό βαθμό στη φωτιά και στις μηχανικές καταπονήσεις, ενώ τείνουν να παραμείνουν στη θέση τους ακόμη και μετά την εμφάνιση ρωγμών στην επιφάνειά τους. [102]

- **Θερμοσκληρυμένοι**

Πρόκειται για αντιτραυματικά τζάμια τα οποία υφίστανται ειδική θερμική επεξεργασία και στη συνέχεια απότομη ψύξη με αεροβολή και των δύο επιφανειών. [45,109] Παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στις παραμορφώσεις και το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι η αντοχή τους σε κάμψη είναι πενταπλάσια της αντίστοιχης στους κοινούς υαλοπίνακες. Επίσης, χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή σε κρούση και ανθεκτικότητα στις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας. Όταν θραύονται δημιουργούνται μικρά σφαιρικά θραύσματα, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα τραυματισμών. [45] Είναι, λοιπόν, κατάλληλα για αντιτραυματική προστασία από σπάσιμο γυαλιού αλλά όχι για προστασία από πτώση. [109]

- **Χημικά ενισχυμένοι**

Εάν στη υαλομάζα επιδράσουν ειδικά άλατα, υπό συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, πραγματοποιείται αντικατάσταση μερικών ιόντων της με αποτέλεσμα την ενίσχυση του υλικού. Με τη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται υαλοπίνακες, των οποίων η μηχανική αντοχή βρίσκεται ανάμεσα σε αυτήν των θερμοενισχυμένων και των θερμοσκληρυμένων υαλοπινάκων. [102]

- **Πολυστρωματικοί υαλοπίνακες**

Κατασκευάζονται από δύο ή περισσότερα φύλλα γυαλιού με ενδιάμεσες πολυβινυλικές μεμβράνες πολύ μικρού πάχους. [102] Αφού έχουν τοποθετηθεί οι μεμβράνες ανάμεσα στα φύλλα γυαλιού, όλα μαζί υπόκεινται σε θερμότητα και πίεση μέσα σε κλίβανο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σταθερή προσκόλληση των μεμβρανών με τα τζάμια. [109] Η ειδικά κατασκευασμένη μεμβράνη απορροφά την ενέργεια πρόσκρουσης ή τα κύματα μιας έκρηξης και έτσι το τζάμι ακόμη και αν θρυμματιστεί, δε θα διαλυθεί, αποτρέποντας κάθε πιθανό τραυματισμό. [102] Οι παράγοντες που επηρεάζουν την τελική αντοχή είναι το πάχος και ο τύπος υάλωσης, όπως επίσης και το πάχος της μεμβράνης. [109] Η μηχανική αντοχή του τζαμιού μπορεί να αυξηθεί έως και 18 φορές, δημιουργώντας ένα αόρατο αδιαπέραστο τείχος ασφαλείας, που απαλλάσσει τους επιχειρηματίες από την ανάγκη τοποθέτησης κάγκελων ή αντιασθητικών σιδερικών μπροστά στις προθήκες. Το γυαλί που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των τζαμιών αυτών μπορεί να είναι διαφανές, χρωματισμένο μέσα στη μάζα του, σκληρυμένο, ανάλογα με τις πρόσθετες απαιτήσεις. [102]

Χαρακτηριστικό αυτών των υαλοπινάκων είναι μια πράσινη απόχρωση που οφείλεται στα τριοξειδία του σιδήρου και γίνεται εντονότερη σε αυτά τα προϊόντα λόγω της συγκόλλησης πολλών υαλοπινάκων μαζί. Εντούτοις, σύγχρονα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά αναιρούν και αυτό το μειονέκτημα με αύξηση βέβαια του κόστους. [102]

Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι οι υαλοπίνακες αυτοί λόγω του αυξημένου πάχους τους και της μεμβράνης, ενισχύουν την ηχομόνωση και την προστασία από υπεριώδη ακτινοβολία σε σχέση με αντίστοιχου πάχους απλή υάλωση. Μπορούν, ακόμη, να δημιουργήσουν αισθητική διαφοροποίηση όπως με την χρήση έγχρωμης μεμβράνης. [109]

Ο χαρακτηρισμός αυτού του είδους των υαλοπινάκων γίνεται ανάλογα με τον αριθμό και το πάχος των υαλοπινάκων που συσσωρεύονται, αλλά και το πάχος των μεμβρανών που ενσωματώνονται. Έτσι, ο χαρακτηρισμός 4.4-1 σημαίνει ότι το προϊόν αποτελείται από δύο υαλοπίνακες πάχους 4mm και μεμβράνη 1,0×1,2(mm), ενώ ο 6.8.6-2 σημαίνει ότι ο υαλοπίνακας αποτελείται από δύο εξωτερικούς υαλοπίνακες πάχους 6mm, έναν ενδιάμεσο πάχους 8mm και δύο μεμβράνες 2,0×1,2(mm). [102]

Στην κατηγορία των πολυστρωματικών υαλοπινάκων ανήκουν οι υαλοπίνακες ασφάλειας σε τραυματισμούς που κατασκευάζονται από φύλλα απλού ή θερμοενισχυμένου τζαμιού με πολύ λεπτές ενδιάμεσες μεμβράνες, οι οποίες συγκρατούν τα τεμάχια του τζαμιού σε περίπτωση θραύσης. Επίσης στην ίδια κατηγορία ανήκουν και οι υαλοπίνακες ασφάλειας σε παραβιάσεις. Αυτοί κατασκευάζονται από πολλαπλά φύλλα ενισχυμένου τζαμιού και σε συνδυασμό με το πάχος των μεμβρανών, τα τζάμια χαρακτηρίζονται από διάφορους βαθμούς ασφάλειας, ξεκινώντας από ασφάλεια σε πτώσεις αντικειμένων και φτάνοντας σε ασφάλεια σε βολές. Ανάλογα με τον αριθμό των φύλλων κρυστάλλου και μεμβράνης, διακρίνονται σε στρωματοποιημένα, αντιβανδαλικά και αλεξίσφαιρα κρύσταλλα. [102] Οι αλεξίσφαιρες υαλώσεις κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την αντίσταση τους σε διάφορα όπλα και είδη πυρομαχικών. Πρόκειται για πολύ ειδικά τζάμια που πολύ σπάνια συναντώνται στα συνήθη εξωτερικά κουφώματα, διότι λόγω ιδιαίτερα μεγάλου απαιτούμενου πάχους υάλωσης δεν έχουν διάκενο αέρα και συνεπώς έχουν κακές θερμομονωτικές ιδιότητες. Για να έχουν διάκενο (διπλοί υαλοπίνακες) απαιτούνται μεγάλου πάχους διατομές. [109] Τέλος, όταν ανάμεσα σε δύο μεμβράνες υαλοπινάκων ασφάλειας τοποθετείται δίκτυο από λεπτά χάλκινα σύρματα, το οποίο σε περίπτωση θραύσης των κρυστάλλων ενεργοποιεί το σύστημα συναγερμού, προκύπτουν υαλοπίνακες ασφάλειας-συναγερμού. [102]



Σχήμα 10.7: Αλεξίσφαιρο τζάμι (υαλοπίνακας triplex)

10.3.3.6 Πυράντοχοι υαλοπίνακες [102]

Ο ρόλος των υαλοπινάκων στην πυροπροστασία ενός κουφώματος είναι καθοριστικός, καθώς αυτοί αποτελούν μεγάλο τμήμα της επιφάνειας του. Οι απαιτήσεις πυροπροστασίας ποικίλλουν, ενώ σε κάθε περίπτωση πρέπει οι υαλοπίνακες, τα πλαίσια και τα μέσα στήριξης και λειτουργίας να πληρούν τις ίδιες προδιαγραφές. Οι υαλοπίνακες ανάλογα με τη συμπεριφορά τους σε κατάσταση πυρκαγιάς, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες με βάση τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Εξασφάλιση δομικής ακεραιότητας και ευστάθειας.

Οι υαλοπίνακες αυτοί παρουσιάζουν μηχανική αντοχή και σταθερότητα στη φωτιά και στα θερμά αναφλέξιμα αέρια. Έτσι, καθορίζεται η κατηγορία πυραντίστασης (E), που αναφέρεται στην ακεραιότητα και ευστάθεια του υαλοπίνακα, η οποία επιπλέον προσδιορίζεται από τη χρονική διάρκεια σε λεπτά, που τα κουφώματα πληρούν αυτήν την απαίτηση (30, 60, 90, 120 min). Υπάρχουν δύο κατηγορίες τέτοιων υαλοπινάκων, οι

υαλοπίνακες ειδικής χημικής σύνθεσης και οι υαλοπίνακες ασφάλειας ενισχυμένοι με πλέγμα. Οι πρώτοι διατηρούνται ολόσωμοι και εμποδίζουν τη διέλευση της φλόγας και του καπνού, αλλά επιτρέπουν τη μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία και συναγωγή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι θερμοσκληρυνόμενοι από ανθρακοπυριτικό γυαλί, οι οποίοι διατηρούνται ολόσωμοι μετά από έκθεση 90 min σε φλόγα.

- Εξασφάλιση θερμικής μόνωσης

Συχνά υπάρχει πρόσθετη απαίτηση από τους υαλοπίνακες να αποτρέπουν την μετάδοση θερμότητας στη μη εκτεθειμένη στη φωτιά, πλευρά. Η επίδοσή τους σε αυτό το χαρακτηριστικό καθορίζεται από την κατηγορία πυραντίστασης (EW). Αναφέρεται στην ακεραιότητα, στην ευστάθεια και στον περιορισμό της θερμικής ακτινοβολίας στην προστατευόμενη πλευρά, ώστε να μην υπερβαίνει την τιμή των 15kW/m^2 . Σημειώνεται ότι, η κατηγορία (EW) εξασφαλίζει τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας (E), αλλά επιπλέον περιορίζει και τη μετάδοση της θερμικής ακτινοβολίας και συνεπώς τον κίνδυνο αυτανάφλεξης ή πιθανών τραυματισμών.

Οι υαλοπίνακες που πληρούν αυτή την απαίτηση ανήκουν είτε στους υαλοπίνακες με ειδική ανακλαστική επικάλυψη, οι οποίοι παραμένουν διάφανοι κατά τη διάρκεια της φωτιάς είτε στους απλούς υαλοπίνακες με ενδιάμεσες μονωτικές στρώσεις. Στο εσωτερικό των δεύτερων αυτών υαλοπινάκων τοποθετείται ειδικό θερμοδιογκούμενο υλικό, το οποίο υπό κανονικές θερμοκρασίες είναι διαφανές. Όμως με την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας διογκώνεται και μετατρέπεται σε λευκή αφρώδη αδιαφανή μάζα, που εμποδίζει τη μετάδοση της θερμότητας τόσο με ακτινοβολία, όσο και με συναγωγή. Κατά τη διάρκεια της φωτιάς ο υαλοπίνακας που βρίσκεται στην εκτεθειμένη πλευρά θρυμματίζεται, αλλά παραμένει στη θέση του και διατηρεί τη δομική του ακεραιότητα. Τέτοιοι υαλοπίνακες αντέχουν 30 ως 120min στην επίδραση της φωτιάς, ανάλογα με τον αριθμό των θερμοδιογκούμενων φύλλων τους.

10.3.3.7 Αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες [102]

Σημαντική μείωση στο κόστος καθαρισμού των κουφωμάτων προσφέρουν οι αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες, οι οποίοι οφείλουν τις ιδιότητες αυτοκαθαρισμού σε ειδικές επικαλύψεις πολύ μικρού πάχους, ώστε να μην επηρεάζεται η διαφάνεια του γυαλιού. Οι επικαλύψεις αυτές τοποθετούνται κατά τη φάση κατασκευής υαλοπινάκων. Ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος, καθιστούν την επιφάνεια του γυαλιού είτε υδρόφιλη, οπότε προκαλεί συσσωμάτωση μεγάλων σταγονιδίων νερού που παρασύρουν μαζί τους ρύπους και τη σκόνη είτε υδροφοβική, οπότε δημιουργείται ένας υμένας νερού στην επιφάνεια του υαλοπίνακα που καθαρίζει και στεγνώνει γρήγορα την επιφάνειά του. Το τζάμι από την εξωτερική πλευρά έχει μια ελαφριά μπλε απόχρωση και φαίνεται φωτεινότερο, ενώ από το εσωτερικό του κτιρίου δεν διακρίνεται καμία διαφορά. Οι αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες τοποθετούνται όπως και οι συμβατικοί υαλοπίνακες. Θα πρέπει όμως να προσεχθεί η επιφάνειά τους να προστατευθεί από βαφές, κονιάματα, τσιμέντο και να καθαριστεί άμεσα με ήπια καθαριστικά, καθώς ρύποι αυτού του είδους δεν μπορούν να διασπαστούν.

10.3.3.8 Υαλοπίνακες με ενσωμάτωση μεμβρανών για αυξημένες απαιτήσεις [102]

Η ενσωμάτωση μεμβρανών στη μάζα ενός υαλοπίνακα μπορεί να βελτιώσει ορισμένα χαρακτηριστικά υαλοπινάκων, προορισμένων για ειδικές απαιτήσεις. Έτσι, επιπλέον διακρίνονται οι υαλοπίνακες:

- με αντιηλιακές μεμβράνες που προσφέρουν αντιηλιακή προστασία σε διάφορα επίπεδα, χωρίς μείωση ορατότητας
- με μεμβράνες που προσφέρουν αντοχή έναντι επιφανειακών φθορών και άριστη εξωτερική επιφάνεια για πολλά χρόνια
- με μεμβράνες με προστασία έναντι της υπεριώδους ακτινοβολίας, που προστατεύουν τα αντικείμενα στον εσωτερικό χώρο από τον αποχρωματισμό εξαιτίας του ηλιακού φωτός, εμποδίζοντας την είσοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας. Είναι κατάλληλοι για μουσεία, εκθεσιακούς χώρους, βιβλιοθήκες και εμπορικά καταστήματα
- με διακοσμητικές μεμβράνες που αυξομειώνουν το επίπεδο διαύγειας της προθήκης, ανάλογα με την οπτική γωνία παρατήρησης, προσελκύοντας την προσοχή του κοινού

10.3.3.9 Υαλοπίνακες εξειδικευμένων χρήσεων [102]

Οι υαλοπίνακες ειδικών χρήσεων πρόκειται για:

- Υαλοπίνακες παρατήρησης μιας κατεύθυνσης (καθρέπτες) οι οποίοι ανήκουν στην κατηγορία των πολυστρωματικών υαλοπινάκων και τοποθετούνται πάντα ανάμεσα σε ένα φωτεινό και ένα σκοτεινό χώρο. Ο χρήστης στο φωτεινό χώρο βλέπει την εμφάνιση καθρέφτη, ενώ ο χρήστης στο σκοτεινό χώρο βλέπει το φωτεινό χώρο.
- Υαλοπίνακες ηλεκτρομαγνητικής προστασίας οι οποίοι πρόκειται για υαλοπίνακες με ενδιάμεσα ειδικά πλαστικά φύλλα, τα οποία λειτουργούν ως φράγμα στην επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Χρησιμοποιούνται σε κουφώματα χώρων που λειτουργούν ηλεκτρονικά συστήματα, η λειτουργία των οποίων μπορεί να διαταραχθεί από την ύπαρξη εξωτερικών ηλεκτρικών πεδίων.
- Υαλοπίνακες προστασίας από τις ακτίνες Χ οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε χώρους όπως εργαστήρια και νοσοκομεία.

10.4 Τα πλαίσια

Ως υλικά κατασκευής των πλαισίων των κουφωμάτων χρησιμοποιούνται το ξύλο και τα βιομηχανικά προϊόντα του ξύλου, διάφορα κράματα μετάλλων, κυρίως αλουμινίου, συνθετικά υλικά ή και συνδυασμός υλικών. Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται αναλυτική περιγραφή των πλαισίων των κουφωμάτων βάσει του υλικού κατασκευής τους και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά κριτήρια επιλογής του κατάλληλου υλικού του πλαισίου.

10.4.1 Τα ξύλινα πλαίσια [102]

Το ξύλο χρησιμοποιείται τόσο για την κατασκευή των διατομών πλαισίων για εξωτερικά κουφώματα, όσο και για την κατασκευή εσωτερικών θυρών και αποτελεί τη συχνότερη επιλογή για κουφώματα παραδοσιακών κατοικιών. Αποτελεί το πρώτο υλικό που ιστορικά χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή κουφωμάτων και άλλων δομικών στοιχείων. Τα προηγούμενα χρόνια, βέβαια, είχε περιοριστεί η εφαρμογή του από υλικά με μεγαλύτερο χρόνο ζωής και μικρότερο κόστος αγοράς και συντήρησης και εμφανιζόταν συνήθως σε κατασκευές με έντονο παραδοσιακό χαρακτήρα. Εντούτοις, σήμερα οι τάσεις στη σύγχρονη αρχιτεκτονική, τείνουν να επαναφέρουν τη χρήση του στις σύγχρονες κατοικίες με οικολογικό προσανατολισμό. Ανάμεσα στα υπόλοιπα υλικά απαιτεί τη μικρότερη ποσότητα ενέργειας για την επεξεργασία των διατομών και την κατασκευή ενός συστήματος κουφώματος. Είναι υλικό ανανεώσιμο, ανακυκλώσιμο και πλήρως βιοδιασπώμενο, εντελώς φιλικό στο περιβάλλον.

Τα ξύλινα κουφώματα κατασκευάζονται από ποικιλία υλικών με βάση τη φυσική ξυλεία και παράγωγα αυτής. Τα παράγωγα ξύλου, σε σύγκριση με τη φυσική ξυλεία, παρουσιάζουν βελτιωμένη συμπεριφορά σε υγρασία, αντοχή σε παράσιτα και μύκητες και ικανοποιητική μηχανική αντοχή. Γενικά, τα είδη ξυλείας που χρησιμοποιούνται στα κουφώματα εμφανίζουν ευρεία διακύμανση ως προς τα χαρακτηριστικά τους, την αντοχή τους στο χρόνο, την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης αλλά και το κόστος τους. Κατά κύριο λόγο, για την κατασκευή των ξύλινων πλαισίων προτιμάται η σκληρή ξυλεία που προέρχεται από όλα τα πλατύφυλλα δένδρα (δρυ, καρυδιά κτλ.) και διακρίνεται για τις μηχανικές της αντοχές, την αντοχή της στη φθορά και τη μικρή υγραπορροφητικότητα της (ανθεκτικότητα στη σήψη). Εντούτοις, τα ξύλα αυτά έχουν αυξημένο κόστος και δυσκολότερη επεξεργασία.

Οι διατομές της κάσας και του φύλλου θα πρέπει να έχουν κατάλληλες διαστάσεις, ώστε να είναι σε θέση να αναλάβουν τις καταπονήσεις που προέρχονται από το ίδιο βάρος τους, την ανεμοπίεση και τις φορτίσεις λόγω λειτουργίας τους. Για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων, τα φύλλα του κουφώματος κατασκευάζονται με ορθοστάτες διατομής 45-50mm και τραβέρσες διατομής 35-40mm. Για ανοιγόμενα παράθυρα ή εξωστόθυρες, η ελάχιστη διατομή κάσας είναι 90mm×90mm και η ελάχιστη πατούρα υποδοχής φύλλου 15mm×30mm. Για κουφώματα πλάτους μεγαλύτερου των 3m απαιτείται η τοποθέτηση ενδιάμεσων ορθοστατών. Τέλος, για την αποφυγή ξεφλουδίσματος και ρωγμών στο ξύλο, οι ακμές των ξυλοτεμαχίων δε πρέπει να στρογγυλεύονται με ακτίνα $\geq 2\text{mm}$.

Όσον αφορά τις ιδιότητες των σύγχρονων ξύλινων κουφωμάτων αξίζει να αναφερθεί ότι παρουσιάζουν μεγάλη σταθερότητα, παρέχουν άριστη θερμομόνωση, ηχομόνωση και προστασία έναντι των καιρικών

συνθηκών. Το ξύλο είναι φυσικό θερμομονωτικό υλικό λόγω της ύπαρξης κυψελίδων αέρα στο εσωτερικό του. Έχει μεγαλύτερη θερμομονωτική ικανότητα από το αλουμίνιο και από το χάλυβα. Η επιτυχής στεγανοποίηση των αρμών του συστήματος, συμβάλλει επίσης σημαντικά στη θερμομονωτική του ικανότητα, καθώς έτσι παρεμποδίζεται η κίνηση αέρα διαμέσου του κουφώματος. Επίσης, η πορώδης δομή του βελτιώνει και την ηχομονωτική του ικανότητα, καθώς όταν ηχητικά κύματα προσπίπτουν στην επιφάνεια του ξύλου, ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας εισέρχεται στη μάζα του και η επανειλημμένη διάθλαση και ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων μέσα σε αυτή, προκαλεί την απορρόφηση μέρους της ενέργειας. Επιπλέον, η χρήση του ξύλου ή των παραγώγων του για την κατασκευή κουφωμάτων εξασφαλίζει σε αυτά σταθερότητα, επιτεδότητα και αντοχή στην κρούση, ενώ συγχρόνως προσφέρει τελική επιφάνεια έτοιμη να δεχτεί οποιαδήποτε διακοσμητική ή προστατευτική επεξεργασία. Η ξύλινη επιφάνεια διατηρεί πάντα τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, δε φορτίζεται ηλεκτροστατικά, είναι ευχάριστη στην αφή, δημιουργεί αίσθηση ζεστασιάς, παρουσιάζει ευκολία κατεργασίας και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής με την κατάλληλη συντήρηση.

Στα μειονεκτήματα του ξύλου πρέπει να αναφερθούν οι παραμορφώσεις που αναπτύσσει με την πρόσληψη υγρασίας και η ανισοτροπία του (η διαφοροποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων του στις τρεις διαστάσεις). Έτσι, η περιεκτικότητα σε υγρασία των ξυλοτεμαχίων για κατασκευή κουφωμάτων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 18% για εξωτερικά κουφώματα και το 14% για εσωτερικά. Επίσης, οι βασικότεροι παράγοντες απαξίωσης των ξυλοτεμαχίων είναι η ανάπτυξη μυκήτων και άλλων ζωικών παραγόντων (σαράκι). Για την ανάπτυξη των μυκήτων, απαραίτητη είναι η ύπαρξη υγρασίας (μεγαλύτερης από 20%), ενώ δείκτης της αντοχής του ξύλου στους μύκητες είναι το χρώμα και η πυκνότητα του. Σημαντικά μειονεκτήματα αποτελούν και η συχνή συντήρηση των ξύλινων κουφωμάτων καθώς και η συμπεριφορά του ξύλου απέναντι στη φωτιά. Σήμερα, ωστόσο, στην αγορά διατίθενται προϊόντα για την προστασία των ξύλινων επιφανειών με επάλειψη ή ψεκασμό, που συνδυάζουν πολλές ιδιότητες, όπως ανθεκτικότητα σε μύκητες, σε υγρασία και σε φωτιά.

10.4.2 Τα πλαίσια από κράματα αλουμινίου [102]

Τα προϊόντα από αλουμίνιο κυριαρχούν σήμερα στην οικοδομική των όψεων των κτιρίων, καθώς το αλουμίνιο ή πιο συγκεκριμένα, ορισμένα κράματα του, αποτελούν άριστη επιλογή, τόσο για νέες κατασκευές, όσο και για ανακαινίσεις παλαιών κτισμάτων, ακόμη και κτιρίων με ιστορική αξία.

Η ιδανική σχέση μηχανικής αντοχής/βάρους καθιέρωσε τη χρήση του αλουμινίου στα κουφώματα. Η υψηλή μηχανική αντοχή του παρέχει διαστασιακή ακρίβεια και μικρή παραμορφωσιμότητα, η οποία είναι απαραίτητη για την επίτευξη πολύ καλής λειτουργικότητας, αλλά και για τη διατήρηση των υψηλών ενεργειακών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων καθόλη τη διάρκεια ζωής τους. Λόγω της αντοχής του, μάλιστα, το αλουμίνιο βρίσκει εφαρμογή και στην κατασκευή συρόμενων κουφωμάτων. Επιπλέον, η διέλαση (παραγωγική διαδικασία μορφοράβδων, προφίλ αλουμινίου) επιτρέπει την εύκολη μορφοποίηση των διατομών σε διάφορα σχήματα, οπότε αυξάνονται οι σχεδιαστικές επιλογές και ικανοποιούνται όλες οι τεχνικές αναγκαιότητες.

Μολονότι η παραγωγική διαδικασία του πρωτόχυτου αλουμινίου είναι εξαιρετικά δαπανηρή (ενεργειακά), η δυνατότητα ανακύκλωσης του με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και επίτευξη εφάμιλλων ιδιοτήτων έναντι του πρωτόχυτου αλουμινίου, το καθιστά κατάλληλο δομικό υλικό στη σημερινή εποχή με τις αυξημένες ανάγκες για ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων.

Σημαντικό, επίσης, πλεονέκτημα για τη χρήση του αλουμινίου σε εξωτερικούς χώρους είναι η φυσική ανθεκτικότητά του στις διαβρωτικές συνθήκες του περιβάλλοντος, καθώς άμεσα μόλις εκτίθεται στην ατμόσφαιρα δημιουργείται στην επιφάνεια του μια λεπτή στρώση του οξειδίου του αλουμινίου, η οποία προστατεύει το υλικό που βρίσκεται στις ενδότερες στρώσεις. Η στρώση αυτή δε μπορεί να απομακρυνθεί, επομένως καθίσταται αποτελεσματική προστασία του αλουμινίου καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του.

Μειονέκτημα των στοιχείων αλουμινίου είναι ότι προσβάλλονται από το έντονα όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον. Ακόμη, η μεγάλη θερμική αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι επιβαρυντική για τη θερμομονωτική ικανότητα των συστημάτων αλουμινίου, κατάσταση η οποία αναιρείται μερικώς με τη χρήση σύνθετων διατομών αλουμινίου με θερμοδιακοπή.

Όσον αφορά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος αλουμινίου, αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό αποτελείται από προφίλ διέλασης αλουμινίου, τα οποία ανάλογα από τις τεχνικές απαιτήσεις μπορεί να είναι μονοθαλαμικά ή πολυθαλαμικά. Φέρουν επίσης, διάφορες εγκοπές οι οποίες χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση των εξαρτημάτων, απαραίτητων για την λειτουργία του κουφώματος. Το πάχος τοιχωμάτων

της κατασκευής αλλά και οι διαστάσεις της καθορίζουν τις μηχανικές αντοχές του συστήματος. Με κατάλληλο συνδυασμό διαφόρων διατομών αλουμινίου είναι δυνατό να κατασκευασθεί κάθε είδους μορφής ή μεγέθους κούφωμα. Για την επιλογή της κατάλληλης διατομής εξωτερικού κουφώματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής και να προσδιορίζεται το κατάλληλο φορτίο ανεμοπίεσης. Πιο συγκεκριμένα, η σχέση του πλάτους προς το ύψος του φύλλου υπολογίζεται με βάση το μέγιστο επιτρεπόμενο βέλος κάμψης του, το οποίο συνήθως δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4‰ του μήκους του.

Μια σημαντική διάκριση στα συστήματα αλουμινίου είναι η διαφοροποίησή τους, ως προς την ύπαρξη θερμοπλαστικού υλικού (θερμοδιακοπή) στη διατομή των πλαισίων τους, τόσο της κάσας, όσο και των φύλλων, το οποίο απομονώνει την εξωτερική από την εσωτερική επιφάνεια του πλαισίου.

Τα προφίλ χωρίς θερμοδιακοπή, γνωστά και ως 'κρύα' συστήματα χρησιμοποιούνται σε κουφώματα εσωτερικών χώρων ή εξωτερικών χώρων χωρίς απαίτηση θερμομόνωσης. Οι διατομές είναι συνήθως μονοθαλαμικές και εμφανίζουν εγκοπές για την τοποθέτηση των απαραίτητων εξαρτημάτων. Το κόστος αγοράς τους είναι χαμηλότερο έναντι των συστημάτων με θερμοδιακοπή, προσφέρουν όμως χαμηλή θερμομονωτική ικανότητα και εμφανίζουν σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες ή με υψηλά ποσοστά υγρασίας, συμπύκνωση υδρατμών. Ωστόσο, ως επί το πλείστον στην Ελλάδα τοποθετούνται εξωτερικά κουφώματα χωρίς θερμοδιακοπή.

Τα προφίλ με θερμοδιακοπή, γνωστά και ως θερμοδιακοπόμενα προφίλ, αποτελούνται από δύο προφίλ αλουμινίου, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σκληρό πολυμερές υλικό (πολυαμίδιο), μέσω ειδικής βιομηχανικής επεξεργασίας (συρραφή). Οι διατομές αυτών των συστημάτων είναι πολυθαλαμικές και σε μερικές περιπτώσεις για την περαιτέρω βελτίωση της θερμομονωτικής τους ικανότητας προστίθενται σε ορισμένους θαλάμους θερμομονωτικό υλικό (συνήθως αφρώδης πολυουρεθάνη). Το πολυαμίδιο, το οποίο έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα σε σχέση με το αλουμίνιο, δεν επιτρέπει τη μετάδοση της θερμότητας από τον εξωτερικό χώρο στον εσωτερικό και αντίστροφα. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του πολυαμιδίου τόσο καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες αποκτά το σύστημα, ενώ η χρήση θερμοδιακοπόμενου πλαισίου αλουμινίου βελτιώνει το δείκτη θερμομόνωσης του περισσότερο από 20% έναντι αυτής που επιτυγχάνεται με τη χρήση απλού, 'ψυχρού' συστήματος. Επιπλέον, εκτός από την επίτευξη καλύτερων θερμομονωτικών ιδιοτήτων, με την τοποθέτηση του πολυαμιδίου στα προφίλ αλουμινίου αποτρέπεται και το φαινόμενο της συμπύκνωσης των υδρατμών. Είναι, όμως, σημαντικό να παρατηρηθεί ότι τα άκαμπτα συνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα θερμοδιακοπόμενα προφίλ δεν θα πρέπει να θραύονται ή να αποσυναρμολογούνται από τις διατομές αλουμινίου υπό την επίδραση της ανεμοπίεσης ή διαφόρων δονήσεων.



Σχήμα 10.8: Κούφωμα αλουμινίου με θερμοδιακοπή

10.4.3 Τα πλαίσια από συνθετικά υλικά [102]

Τα συνθετικά υλικά από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) εμφανίστηκαν στην Ελλάδα τη δεκαετία του 1980 και από τότε επεκτάθηκε η χρήση τους κυρίως για κατασκευές σε εξωτερικούς χώρους. Από τα συνθετικά υλικά, για την κατασκευή κουφωμάτων χρησιμοποιείται κυρίως το σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (σκληρό PVC, PVC-U ή uPVC) σε ράβδους διαφόρων διατομών. Κάθε διατομή συνθετικού κουφώματος μπορεί να είναι μονοθαλαμική ή πολυθαλαμική.

Σημαντικό στοιχείο για την επιλογή ενός συνθετικού κουφώματος αποτελεί η μεγάλη ανθεκτικότητα του και η διάρκεια ζωής του, χωρίς ιδιαίτερες εργασίες συντήρησης, σε συνάρτηση με το χαμηλό κόστος αγοράς του. Το σκληρό PVC δεν προσβάλλεται από την υγρασία και εμφανίζει σημαντική ανθεκτικότητα στους συνήθεις ατμοσφαιρικούς παράγοντες (όξινη βροχή, βιομηχανική ρύπανση κτλ.). Σύμφωνα με εργαστηριακές δοκιμές, τα συνθετικά κουφώματα παρουσιάζουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 20 χρόνια.

Βασικό επίσης πλεονέκτημα των συνθετικών κουφωμάτων είναι η καλή θερμομονωτική ικανότητα, η οποία οφείλεται στη διαμόρφωση πολυθαλαμικών διατομών, τόσο για την κάσα, όσο και για το φύλλο. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των θαλάμων, τόσο η θερμομονωτική τους ικανότητα βελτιώνεται. Στην αγορά διατίθενται επίσης συνθετικά κουφώματα με θερμομονωτικό υλικό στο εσωτερικό κάποιου θαλάμου, γεγονός που βελτιώνει τη θερμομονωτική τους συμπεριφορά, αυξάνοντας όμως δυσανάλογα το κόστος αγοράς.

Οι μηχανικές αντοχές αυτών των συστημάτων δεν είναι υψηλές, για αυτό δε χρησιμοποιούνται για την κατασκευή συρόμενων συστημάτων ή για κουφώματα μεγάλων ανοιγμάτων. Επίσης, δεν συνιστώνται για την κατασκευή ανοιγο-ανακλινόμενων κουφωμάτων, διότι επιβαρύνεται η κάτω γωνιακή τους στήριξη. Για την αποφυγή των προβλημάτων αυτών και την επίτευξη ικανοποιητικών μηχανικών αντοχών, τοποθετείται 'φρακαριστά' στο εσωτερικό κάποιου θαλάμου της διατομής, μεταλλική διατομή U από γαλβανισμένο χάλυβα ή αλουμίνιο. Για την προστασία της μεταλλικής ενίσχυσης από διάβρωση, ο θάλαμος αυτός δεν επιτρέπεται να διαπερνάται από οπές αερισμού του κουφώματος, ενώ κατά την κατασκευή του κουφώματος απαιτείται προσοχή, ώστε να αποφεύγονται διατρήσεις ή κακώσεις των τοιχωμάτων του θαλάμου αυτού. Σημαντική είναι επίσης και η εξασφάλιση της υδατοστεγανότητας του θαλάμου.

Η σχετική ευκολία καμπύλωσης των ράβδων από σκληρό PVC αποτελεί συνέπεια μιας βασικής ιδιότητας του υλικού (θερμοπλαστικό) και συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα υλικά, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κουφωμάτων. Με κατάλληλο εξοπλισμό και τεχνογνωσία είναι δυνατό να κατασκευασθούν κουφώματα με καμπύλες μορφές σε ποικιλία, με συνεχείς διατομές. Η ελάχιστη ακτίνα κάμψης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διατομής.

Τα θερμοκρασιακά όρια αξιοπιστίας του υλικού κυμαίνονται μεταξύ -40°C έως $+80^{\circ}\text{C}$ περίπου. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το υλικό καθίσταται εύθραυστο, ενώ με την υπέρβαση του άνω ορίου μειώνονται η σκληρότητα και η δυσκαμψία του. Για το λόγο αυτό συνίσταται τα εξωτερικά κουφώματα από συνθετικό υλικό να είναι λευκού ή ανοιχτού χρώματος. Επίσης, σε παλαιότερους τύπους κουφωμάτων παρατηρούνταν αποχρωματισμός (κιτρίνισμα) κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στα σύγχρονα, όμως, συνθετικά κουφώματα έχουν βελτιωθεί τα χαρακτηριστικά που αφορούν τον αποχρωματισμό τους. Ακόμη, σημαντική ιδιότητα των κουφωμάτων αυτών είναι ότι το σκληρό PVC δύσκολα αναφλέγεται και αποσβένεται.

Όσον αφορά τις διαστάσεις των συνθετικών κουφωμάτων πρέπει να σημειωθεί ότι οι μέγιστες διαστάσεις αυτών είναι γενικά μικρότερες έναντι των υπολοίπων τύπων καθώς δεν ξεπερνούν το 1,5m, για συνήθεις κατασκευές, ενώ η αναλογία πλάτους/ύψους δεν υπερβαίνει την τιμή 1,25. Σε κάθε περίπτωση το βέλος κάμψης δεν πρέπει να υπερβαίνει το L/300, όπου L το μήκος του στοιχείου ή τα 8mm για διπλούς υαλοπίνακες. Επίσης το βέλος κάμψης κάθετα προς την επιφάνεια του κουφώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3mm.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση του PVC ως υλικού θα πρέπει να αποφεύγεται από άποψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τελευταία όμως διατίθενται συνθετικά προϊόντα, τα οποία ανακυκλώνονται και έτσι ελαχιστοποιούν την επιβάρυνση στο περιβάλλον.

10.4.4 Τα σύνθετα συστήματα πλαισίων [102]

Τα τελευταία χρόνια διατίθενται στην αγορά υβριδικά συστήματα, στα οποία δύο πλαίσια σύνθετης διατομής από διαφορετικά υλικά συνδυάζονται, δημιουργώντας ένα νέο σύστημα με τα πλεονεκτήματα και των δύο υλικών. Οι συνήθεις συνδυασμοί είναι ξύλινο με συνθετικό πλαίσιο ή ξύλινο με πλαίσιο αλουμινίου. Η 'ζεστασιά' του ξύλου στην εσωτερική πλευρά των κουφωμάτων συνδυάζεται με την ανθεκτικότητα σε διάβρωση και την ασφάλεια του αλουμινίου στην εξωτερική πλευρά. Τα δύο τμήματα της διατομής συμμετέχουν εξίσου στην αντοχή και στη συμπεριφορά του κουφώματος.

Ωστόσο, η πιθανότητα υγραποίησης στην επιφάνεια επαφής των δύο υλικών, το μεγάλο πλάτος και συνήθως το κόστος των στοιχείων αυτών είναι τα βασικά τους μειονεκτήματα. Επίσης, η ποικιλία αισθητικών επιλογών στα συστήματα αυτά είναι περιορισμένη, καθώς προϋποθέτουν τη 'συνεργασία' της τεχνολογίας του ξύλου και της τεχνολογίας αλουμινίου ή του πλαστικού.

Βασικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν κατά την κατασκευή τέτοιου είδους κουφωμάτων είναι:

- Η σύνδεση των διαφορετικών τμημάτων της διατομής τους με τρόπο τέτοιο, ώστε η διατομή ως σύνολο να είναι ολόσωμη, ανθεκτική και να έχει ομοιόμορφη τεχνική συμπεριφορά.
- Να μην κινδυνεύει το ξύλινο τμήμα της διατομής από την υγρασία που επιδρά στο εξωτερικό μεταλλικό τμήμα της, αλλά και από την υγρασία που προέρχεται από τον εσωτερικό χώρο η οποία μπορεί να εισχωρήσει στο ξύλο και να παγιδευτεί στη μάζα του.
- Η αντιμετώπιση του διαφορετικού βαθμού συστολής και διαστολής των δύο υλικών, τα οποία επιπλέον υφίστανται διαφορετικές θερμικές επιδράσεις από το περιβάλλον.

10.4.5 Κριτήρια επιλογής των πλαισίων

Τα πλαίσια στα σύγχρονα κουφώματα κατασκευάζονται από ξύλο, αλουμίνιου, συνθετικά υλικά ή και συνδυασμούς των υλικών αυτών, όπως αναλυτικά περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες. Βασικό κριτήριο επιλογής του πλαισίου του κουφώματος είναι η θερμομονωτική του ικανότητα. Η συμβολή της επιφάνειας των πλαισίων στη συνολική επιφάνεια του στοιχείου είναι σημαντική, φθάνοντας στα μικρότερου μεγέθους κουφώματα μέχρι το 30%, με αποτέλεσμα η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε πλαισίου να επηρεάζει ανάλογα τη θερμομονωτική και ενεργειακή συμπεριφορά του κουφώματος. [105]

Η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε πλαισίου εξαρτάται τόσο από το υλικό κατασκευής, όσο από τη διαμόρφωση της διατομής του. Η εφαρμογή πλαισίων με χαμηλό συντελεστή θερμοδιαπερατότητας επιτυγχάνει χαμηλότερες τιμές στις θερμικές απώλειες και στις ενεργειακές καταναλώσεις και αύξηση των θερμοκρασιών στις εσωτερικές επιφάνειες των πλαισίων, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 10.4, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για τη θερμική άνεση σε περιπτώσεις με χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. [105] Όπως παρουσιάζεται και στον παρακάτω πίνακα, ξύλινα πλαίσια αλλά και πολυθαλαμικά συνθετικά πλαίσια παρουσιάζουν σημαντικά καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες σε σχέση με τα πλαίσια αλουμίνιου. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των πλαισίων των κουφωμάτων έχουν ήδη παρουσιαστεί στην ενότητα 3.9.1.1 στον πίνακα 3.6.

Πίνακας 10.4: Χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής συμπεριφοράς των πλαισίων με βάση το υλικό κατασκευής και τη διαμόρφωση των διατομών τους. [105]

Υλικό πλαισίου	U-value [W/(m ² K)]	Θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα με εξωτ. θερμοκρασία -10°C & εσωτ. θερμοκρασία +20°C
Ξύλο	1,4 - 1,7	13,0 - 15,0°C
Συνθετικό υλικό		
- PVC (2 θαλάμων)	2,8	9,0°C περίπου
- PVC (7 θαλάμων)	1,1	15,0°C περίπου
- με πλήρωση αφρού πολυουρεθάνης	1,7 - 2,1	11,0 - 14,0°C
Αλουμίνιο		
- χωρίς θερμοδιακοπή	περίπου 5,8	-2,0°C περίπου
- με θερμοδιακοπή	2,8 - 3,5	6,0 - 9,0°C
- προφίλ βέλτιστης θερμικής απόδοσης	περίπου 1,5	14,0°C περίπου
Πλαίσια υψηλής θερμομόνωσης	περίπου 0,8	17,0°C περίπου

Υπολογίζεται με βάση εκτεταμένες έρευνες από το πεδίο των εφαρμογών ότι πλαίσια με κακή θερμομονωτική συμπεριφορά υποβαθμίζουν έως και 25% τα ενεργειακά κέρδη που προσφέρουν οι διπλοί θερμομονωτικοί υαλοπίνακες και έως 70% τα ενεργειακά κέρδη που προσφέρουν οι ίδιες ποιότητας τριπλοί. Είναι σαφές, λοιπόν, ότι για να αξιοποιηθεί η εφαρμογή των σύγχρονων υψηλής ενεργειακής απόδοσης υαλοπινάκων στα κουφώματα, απαιτούνται ανάλογες βελτιωμένες αποδόσεις και από τα πλαίσια. [105]

Ωστόσο, το υλικό κατασκευής των πλαισίων καθορίζει εκτός από τη θερμομονωτική συμπεριφορά τους και άλλα χαρακτηριστικά με ιδιαίτερη σημασία για τη λειτουργία των κουφωμάτων και την αντοχή τους στη διάρκεια ζωής τους. [105] Συνεπώς, το υλικό κατασκευής των πλαισίων μπορεί να επιλέγεται και με κριτήρια όπως την ικανότητα χρωματισμού του, το μέγεθος, την αντοχή στο χρόνο, τη δυνατότητα συντήρησης και επισκευής, την στεγανοποιητική του ικανότητα και την πιθανότητα υγροποίησης των υδρατμών, την ηχομονωτική του ικανότητα, την προστασία διάρρηξης και την ευκολία καθαρισμού του, σε συνδυασμό πάντα με τις θερμομονωτικές του ιδιότητες, τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της κατασκευής, το κόστος αλλά και τις απαιτήσεις των χρηστών. Στον παρακάτω πίνακα 10.5 αξιολογούνται πλαίσια από διάφορα υλικά και βαθμολογούνται οι επιδόσεις τους με βάση τα παραπάνω κριτήρια επιλογής.

Πίνακας 10.5: Αξιολόγηση πλαισίων με βάση το υλικό κατασκευής τους [105]

Κριτήρια επιλογής	Αλουμίνιο	Ξύλο		Συνθετικό	
	Με θερμοδιακοπή	Με λαζούρα εμπότισμού	Με επικαλυπτικό χρώμα	PVC	PUR
Χρωματισμός	1 - 2	2 - 4	1 - 2	2 - 4	2 - 4
Διαμόρφωση προφίλ	2 - 3	1	1	2 - 3	3 - 4
Μέγεθος	1	2	2	2 - 3	3 - 4
Αντοχή στο χρόνο	1 - 2	2 - 3	2	1 - 2	1 - 2
Στεγανότητα	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1..2
Θερμομόνωση	2 - 3	1	1	1	1
Υγροποίηση υδρατμών	2 - 3	1	1	2	2
Ηχομόνωση	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Προστασία διάρρηξης	2	3	3	2	3
Καθαρισμός	2	2	2	2	2
Δυνατότητα συντήρησης	1 - 2	3	3	1 - 2	1 - 2
Δυνατότητα επισκευής	2 - 4	2 - 3	2 - 3	2 - 4	2 - 5

1=πολύ καλό, 2=καλό, 3=ικανοποιητικό, 4=ανεκτό, 5=μη ικανοποιητικό

Πηγή: *Ινστιτούτο Τεχνολογίας Κουφωμάτων (ift) Rosenheim.*

10.5 Τύποι κουφωμάτων ως προς τον τρόπο ανοίγματος [102]

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι κουφωμάτων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι τα ανοιγόμενα-ανακλινόμενα, τα συρόμενα, τα ανασηκούμενα συρόμενα και τα συστήματα τύπου φυσούνας.

Τα ανοιγόμενα ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε συστήματα με περιστροφή περί κατακόρυφου άξονα και σε συστήματα με περιστροφή περί οριζόντιου άξονα. Τα συστήματα αυτά παρέχουν καλύτερη θερμομονωτική συμπεριφορά από τα συρόμενα, καθώς τα επίπεδα υδατοστεγανότητας και ανεμοστεγανότητας που επιτυγχάνονται είναι υψηλότερα. Μειονέκτημα των ανοιγο-ανακλινόμενων κουφωμάτων είναι ότι για το άνοιγμα τους απαιτούν χώρο στο εσωτερικό του κτιρίου, πλεονεκτούν όμως καθώς παρέχουν όλο το άνοιγμα στο χρήστη και προσφέρουν καλύτερο αερισμό.

Τα συρόμενα συστήματα ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής διακρίνονται σε συρόμενα με οριζόντια κίνηση, σε συρόμενα με κατακόρυφη κίνηση, σε ανασηκούμενα-συρόμενα συστήματα και σε αρθρωτά (φυσούνες). Τα συρόμενα κουφώματα με οριζόντια κίνηση είναι αρκετά διαδεδομένα στην ελληνική αγορά και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των κουφωμάτων αλουμινίου που τοποθετήθηκαν κατά τις δεκαετίες '70 και '80. Ωστόσο, η θερμομονωτική τους ικανότητα είναι μικρότερη έναντι αυτής των ανοιγόμενων ή ανακλινόμενων συστημάτων. Τα ανασηκούμενα συρόμενα συστήματα παρέχουν πολύ καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα από αυτή των υπόλοιπων συρόμενων συστημάτων και εφάμιλλη των αντίστοιχων ανοιγόμενων. Τα αρθρωτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλους αίθριους χώρους, για κάλυψη πισίνας, σε εστιατόρια, καφετέριες και η θερμομονωτική τους ικανότητα εξαρτάται κυρίως από το είδος του υαλοπίνακα που θα χρησιμοποιηθεί και όχι τόσο από τον τύπο του πλαισίου στήριξης.

10.6 Η συμβολή των κουφωμάτων στην εξοικονόμηση ενέργειας

Οι μακροκλιματικές και μικροκλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός και ο σκιασμός των ανοιγμάτων, ο τύπος και η ποιότητα του αρχιτεκτονικού και ενεργειακού σχεδιασμού του κάθε έργου διαμορφώνουν το ευρύτερο πεδίο αξιοποίησης των ενεργειακών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων, καθώς μάλιστα αυτά αποτελούν σημαντικούς και σε πολλές περιπτώσεις κρίσιμους κόμβους στο ενεργειακό σύστημα των κτιρίων. Θερμικές απώλειες από τις επιφάνειες τους, υψηλότερες από τα υπόλοιπα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, υψηλές τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους ή και υψηλές τιμές της φωτοδιαπερατότητας τους μπορούν να προκαλέσουν συχνά προβλήματα θέρμανσης, ψύξης ή άνεσης στους χώρους του κτιρίου.

Υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης ενέργειας, τα κουφώματα θα πρέπει:

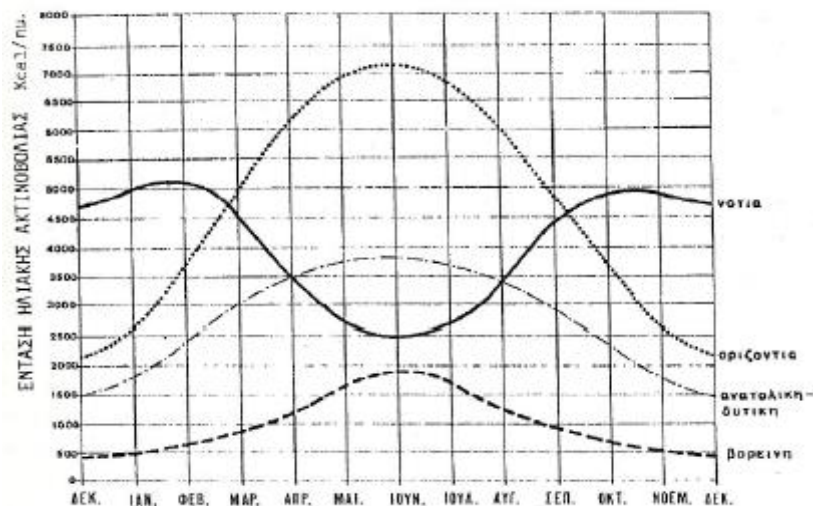
- σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν θέρμανση, δηλαδή κατά τη χειμερινή περίοδο, να συμβάλλουν στην μείωση των θερμικών απωλειών, με εξασφάλιση της δυνατότητας επαρκούς αερισμού των εσωτερικών χώρων και να μεγιστοποιούν τα ηλιακά κέρδη, ώστε να αντισταθμίζονται ή ακόμη και να υπερκαλύπτονται οι θερμικές τους απώλειες.
- σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν ψύξη, δηλαδή κατά τη θερινή περίοδο, να συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση του θερμικού κέρδους και στη συνεπακόλουθη μείωση των ψυκτικών φορτίων, ενώ ταυτόχρονα να εξυπηρετούν την απομάκρυνση θερμότητας μέσω φυσικού αερισμού και παθητικού δροσισμού. [105]

Οι κυριότεροι παράμετροι των υαλοπινάκων, και συνεπώς των κουφωμάτων ως σύνολο, που καθορίζουν την ενεργειακή τους απόδοση και τη συμβολή τους στην ενεργειακή εξοικονόμηση είναι ο προσανατολισμός, το μέγεθος και το ποσοστό των υαλοπινάκων επί του κελύφους, ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους, ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους, ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας του στοιχείου καθώς και ο συνδυασμός αυτών. Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζεται η συμβολή των παραμέτρων αυτών στην θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους.

10.6.1 Ο προσανατολισμός, το μέγεθος και το ποσοστό των υαλοπινάκων

Ο προσανατολισμός των υαλοπινάκων αποτελεί σημαντική παράμετρο στην αξιοποίηση και στον έλεγχο της ηλιακής ενέργειας καθώς από αυτόν εξαρτάται η ηλιακή ακτινοβολία που τελικά προσπίπτει στους υαλοπίνακες και συνεπώς τα ηλιακά θερμικά κέρδη αυτών. Ο σωστός, λοιπόν, προσανατολισμός των υαλοπινάκων αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα αλλά και για αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι. [7] Προκειμένου να εξασφαλίσουμε μεγάλα ηλιακά θερμικά κέρδη κατά τη χειμερινή περίοδο και ελάχιστα κατά τη καλοκαιρινή αρκεί να χρησιμοποιούνται μεγάλα ανοίγματα στο νότο, μέτρια στην ανατολή και δύση και μικρά έως καθόλου ανοίγματα στο βορρά. [18]

Τα νότια ανοίγματα δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα σε σχέση με τα ανοίγματα των άλλων προσανατολισμών, ενώ το καλοκαίρι δέχονται μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία από τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα. [7] Γενικώς, οι υάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτιρίου με νότιο προσανατολισμό ή με απόκλιση $\pm 30^\circ$ ανατολικά ή δυτικά του νότου δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους με τον πιο ευνοϊκό τρόπο (σχήμα 10.9), ενώ παράλληλα δέχονται τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιασμού κατά τη χειμερινή περίοδο. Συνεπώς, τα νότια ανοίγματα πετυχαίνουν την αποδοτικότερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας το χειμώνα ενώ παράλληλα με το κατάλληλο σκίαστρο μειώνουν τον κίνδυνο υπερθέρμανσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. [18]

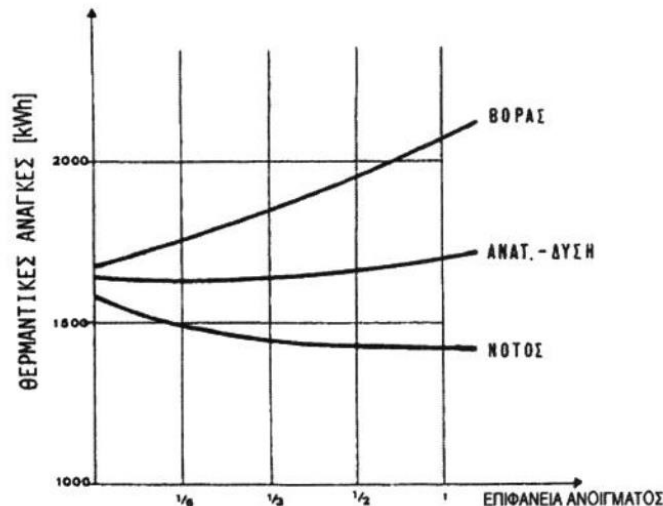


Σχήμα 10.9: Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνειες διαφορετικού προσανατολισμού ανά μήνα για περιοχή 40° βόρειου γεωγραφικού πλάτους. [99]

Τα ανοίγματα στο βορρά δέχονται μόνο διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και όχι άμεση. Για το λόγο αυτό πρέπει να είναι περιορισμένης επιφάνειας καθώς παρουσιάζουν ελάχιστα ηλιακά κέρδη το χειμώνα και μεγάλες απώλειες. [7] Βέβαια, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό των κτιρίων, διότι βοηθούν στην καλύτερη ποιότητα φωτισμού στο χώρο και επίσης παρέχουν τη δυνατότητα διαμπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου. [18]

Η χρήση ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων στα κτίρια συνίσταται κυρίως για λόγους φυσικού φωτισμού ή θέας. [7] Οι υαλοπίνακες με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό συνεισφέρουν επίσης στη θέρμανση του χώρου κατά τους χειμερινούς μήνες αλλά σε σημαντικά μικρότερο βαθμό σε σχέση με τα νότια ανοίγματα. [18] Επιπλέον, ιδιαίτερα τα δυτικά ανοίγματα παρουσιάζουν δυσμενή συμπεριφορά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, διότι δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία μετά το μεσημέρι με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του κτιρίου. [7] Γενικά στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα πρέπει να προβλέπεται σκίαση κατά προτίμηση εξωτερική και κατακόρυφου τύπου [7] έτσι ώστε να ελέγχονται τα θερμικά κέρδη κατά τη θερινή περίοδο. [18]

Έγινε, λοιπόν, αντιληπτή η άμεση σχέση μεταξύ του μεγέθους των υαλοπινάκων και του προσανατολισμού αυτών με στόχο την επίτευξη της βέλτιστης εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και συνεπώς την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Σημαντική, επίσης, κρίνεται και η επίδραση της μεταβολής του ποσοστού των υαλοπινάκων συναρτήσει του προσανατολισμού αυτών στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα (σχήμα 10.10) αυξανόμενου του ποσοστού των υαλοπινάκων με νότιο προσανατολισμό μειώνονται οι ανάγκες για θέρμανση του κτιρίου. Αντίθετα, αυξανόμενου του ποσοστού των υαλοπινάκων με βόρειο προσανατολισμό αυξάνεται η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου για θέρμανση.



Σχήμα 10.10: Επίδραση της μεταβολής του ποσοστού των υαλοπινάκων συναρτήσει του προσανατολισμού αυτών στην ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης [99]

Τέλος, μια άλλη, πολύ σημαντική παράμετρος των υαλοπινάκων που καθορίζει την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από αυτούς και συνεπώς τα ηλιακά θερμικά κέρδη αυτών, καθώς επίσης και τις θερμικές απώλειες διαμέσου αυτών και συνεπώς επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας σε ένα κτίριο είναι το ποσοστό των υαλοπινάκων επί του κελύφους δηλαδή η επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι υαλοπίνακες στο κτιριακό κέλυφος. Σε μελέτη [112] που έχει διεξαχθεί για την 21^η Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας για ένα τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς, ελέγχεται και εξετάζεται η συνδυασμένη επίδραση της μόνωσης και των υαλοπινάκων στην ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης των κτιρίων. Σύμφωνα, λοιπόν, με τη μελέτη αυτή αποδείχθηκε ότι για σταθερό πάχος της μόνωσης, αυξανόμενου του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος επιτυγχάνεται μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης όπως αναμενόταν. Η αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος συνεπάγεται την αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας η οποία υπερκαλύπτει τις απώλειες αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων οι οποίες αυξάνουν λόγω της αύξησης της επιφάνειας αυτών.

10.6.2 Ο βέλτιστος συνδυασμός των θερμικών και τεχνικών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας

Τα κυριότερα θερμικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των κουφωμάτων που συνθέτουν την ενεργειακή τους απόδοση και προσδιορίζουν την συμπεριφορά τους ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων U_w , ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους g_w και ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας τους. Η θερμομονωτική ικανότητα των κουφωμάτων σε συνδυασμό με τη θερμομονωτική ικανότητα των υπόλοιπων δομικών στοιχείων του κελύφους αποβλέπει στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, με βέλτιστη θωράκιση του φλοιού απέναντι στη διακίνηση θερμικών φορτίων. [105] Στοχεύει στη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο αλλά και την προστασία του κτιρίου από τους κινδύνους υπερθέρμανσης κατά τη θερινή. Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος, όπως ήδη παρουσιάστηκε, αντιπροσωπεύει την ικανότητα του κουφώματος να μεταφέρει τη θερμότητα που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία στους εσωτερικούς χώρους η οποία είναι άλλοτε επιθυμητή και άλλοτε όχι αναλόγως των κλιματικών συνθηκών. [103,105] Ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας του κουφώματος αντιπροσωπεύει την ικανότητα του στοιχείου να μεταφέρει το φυσικό ηλιακό φως στους εσωτερικούς χώρους και συνεπώς συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που οφείλεται στον τεχνητό φωτισμό. [105]

Η γνώση της επίδρασης των τριών αυτών παραμέτρων στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων καθώς και της συνδυασμένης επίδρασης των παραμέτρων αυτών σε συνάρτηση με τις κλιματικές συνθήκες και τον

προσανατολισμό των κουφωμάτων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή και τοποθέτηση στα κτίρια υαλοπινάκων που θα παρουσιάζουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά με στόχο την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας.

Αποτελέσματα ερευνών από το διεθνή χώρο, με συνολικές ενεργειακές προσομοιώσεις σε κτίρια κατοικιών (μεμονωμένων μικρού ύψους και πολυκατοικιών μέσου ύψους), καταλήγουν συνοπτικά στα ακόλουθα συμπεράσματα για την επίδραση των τριών συντελεστών στην ενεργειακή απόδοση τυπικών κτιρίων κατοικίας, για κλιματικά δεδομένα ανάλογα των ελληνικών: [105]

- Η επίδραση του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , του κουφώματος στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι σημαντική
- Η επίδραση του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g_w , στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι καθοριστική
- Η συνδυασμένη επίδραση του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , και του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g_w , στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι βέλτιστη για τιμές $U_w=1,8W/m^2K$ και $g_w=0,45$.
- Με το συγκεκριμένο συνδυασμό η αύξηση της επιφάνειας των κουφωμάτων με νότιο προσανατολισμό μειώνει τις καταναλώσεις σε όλες τις επιμέρους κλιματικές ζώνες και το κούφωμα παράγει περισσότερη ενέργεια από όση καταναλώνει. [105]

Συνοπτικά, με βάση τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι:

- Σε κτίρια, στα οποία η θέρμανση αποτελεί προτεραιότητα, οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , των κουφωμάτων θα πρέπει να είναι οι μικρότερες δυνατές και οι τιμές του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g_w , να είναι οι υψηλότερες δυνατές.
- Σε κτίρια στα οποία προτεραιότητα αποτελεί η ψύξη, οι τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους, g_w , θα πρέπει να είναι οι χαμηλότερες δυνατές, με πρόνοια για την εξασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων φωτοδιαπερατότητας.
- Σε κτίρια που απαιτούν θέρμανση και ψύξη, η χρήση κουφωμάτων με χαμηλές τιμές τόσο του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , όσο και του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους, g_w , εξοικονομεί ενέργεια. Στην ίδια περίπτωση, εφόσον χρησιμοποιηθούν στοιχεία σκιασμού, θα πρέπει να επιλέγονται υψηλές τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και χαμηλές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας. [105]

Σε πολλές περιπτώσεις, η βέλτιστη λύση οδηγεί στην επιλογή στοιχείων με διαφορετικούς συντελεστές για διαφορετικές θέσεις και προσανατολισμούς:

- Σε ψυχρά κλίματα, θα πρέπει να επιλέγεται η τοποθέτηση στοιχείων με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , στο βορρά και στοιχείων με υψηλό συντελεστή κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας, g_w , στο νότο.
- Σε θερμά κλίματα, όπου η υπερθέρμανση αποτελεί σημαντικό και συνηθισμένο πρόβλημα, επιδιώκεται η επιλογή στοιχείων που εξασφαλίζουν υψηλή διαπερατότητα στην ορατή ακτινοβολία (που σημαίνει ανεμπόδιστο φυσικό φωτισμό), ενώ εμποδίζουν την είσοδο της ανεπιθύμητης, εκτός του ορατού φάσματος, θερμικής κυρίως ακτινοβολίας. [105]
- Η χρήση κουφωμάτων με χαμηλό συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας είναι ιδανική επιλογή για τις ανατολικές και δυτικές όψεις κατοικιών, καθώς έτσι επιτυγχάνεται ικανοποιητικός έλεγχος της ηλιακής θερμικής ενέργειας, ενώ παράλληλα θα πρέπει να εξασφαλίζονται και οι συνθήκες οπτικής άνεσης. [102]

10.6.3 Η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω χρήσης βελτιωμένων υαλοπινάκων

Όπως ήδη παρουσιάστηκε, τα παράθυρα των κτιρίων συντελούν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων γιατί από αυτά μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας, τόσο το χειμώνα όπου χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, όσο και το καλοκαίρι που εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων. Τα παράθυρα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και πλαίσια κουφωμάτων με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες. [7] Οι διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες με πλήρωση διακένου με αέρα

παρουσιάζουν βελτιωμένες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες ενώ για ακόμη αποδοτικότερες ενεργειακά λύσεις η αγορά έχει εμπλουτιστεί με βελτιωμένους θερμομονωτικούς διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες, στους οποίους ο ξηρός αέρας πλήρωσης των διακένων αντικαθίσταται από τα ευγενή αέρια. [105] Επιπλέον, διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες με επιστροφή χαμηλής εκπομπής (Low-e) και με πλήρωση διακένου με αέρα ή ευγενή αέρια παρουσιάζουν ακόμη καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες. Σε συνδυασμό με τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες, τα παράθυρα θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες, οι οποίες μπορεί να επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε κτίρια κακής κατασκευής ή παλαιά. [7]

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ και τα όρια που θέτει για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες, καθίσταται υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια. Έτσι, για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων (πλαισίων), μειώνει τις θερμικές απώλειες διαμέσου των κουφωμάτων και αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμηση ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά. Σε κάθε περίπτωση η εξοικονομούμενη ενέργεια από κάθε επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας στο κέλυφος του κτιρίου, εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου, τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά και το κλίμα της περιοχής. [7]

Ενδεικτικά το ΚΑΠΕ προσομοίωσε ένα τυπικό διαμέρισμα 100 τετραγωνικών μέτρων σε 4 πόλεις με χαρακτηριστικό κλίμα στην Ελλάδα και υπολόγισε την εξοικονόμηση ενέργειας που θα επιφέρει η αντικατάσταση παλαιών παραθύρων με μονά τζάμια με νέα, τα οποία θα έχουν διπλούς υαλοπίνακες τριών τύπων (συνήθη διπλό με διάκενο 4 και 6 χιλιοστά και διπλό χαμηλής εκπομπής με υλικό πλήρωσης αργό). Σημειώνεται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από τα τζάμια καθώς και από τη βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων που συνεπάγεται την εξάλειψη των διαρροών του αέρα από χαραμάδες. Το ποσό της εξοικονομούμενης ενέργειας που προκύπτει για κάθε τύπο υαλοπίνακα και του αντίστοιχου πετρελαίου σε ετήσια βάση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 10.6. [7]

Πίνακας 10.6: Εξοικονόμηση ενέργειας/πετρελαίου σε τυπικό διαμέρισμα από τη χρήση διπλών και βελτιωμένων υαλοπινάκων σε 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας [7]

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΣΕ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ			
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση πετρελαίου (λίτρα)
ΦΛΩΡΙΝΑ	Διπλός 4-6-4	12.216	1.222
	Διπλός 4-12-4	14.381	1.438
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	16.421	1.642
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	Διπλός 4-6-4	8.551	855
	Διπλός 4-12-4	10.007	1.001
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	11.604	1.160
ΑΘΗΝΑ	Διπλός 4-6-4	5.192	519
	Διπλός 4-12-4	6.016	602
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό	7.473	747
ΧΑΝΙΑ	Διπλός 4-6-4	4.191	419
	Διπλός 4-12-4	4.449	445
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	5.491	549

11. Η υγρασιμότητα της κτιριακής κατασκευής

11.1 Εμφάνιση και δράση της υγρασίας

Η προστασία ενός κτιρίου από την υγρασία αποτελεί μια σημαντική παράμετρο σχεδιασμού και κατασκευής του κτιρίου που ρυθμίζει σε υψηλό βαθμό την αντοχή του στο χρόνο. Η φθοροποιός δράση της υγρασίας, όποια και αν είναι η πηγή προέλευσής της, οδηγεί σταδιακά στην πρόκληση κατασκευαστικών αστοχιών αλλά και δυσάρεστων λειτουργικών καταστάσεων που επηρεάζουν αρνητικά το μικρόκλιμα στους εσωτερικούς χώρους. [113]

Οι πρώτες ενδείξεις για την παρουσία υγρασίας συνήθως γίνονται αντιληπτές από επιφανειακές φθορές στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, όπως ομοιόμορφη επισκόπιση των χρωμάτων, μεμονωμένες κηλίδες στους τοίχους, εκτενείς ή περιορισμένες κηλίδες στην οροφή και εμφάνιση μυκήτων και μούχλας. Στην πραγματικότητα όμως αυτή έχει ήδη προσβάλλει το δομικό στοιχείο σε μεγάλο βάθος και έχει επιφέρει κακώσεις. [50]

Η παρουσία της μπορεί να επιφέρει στα υλικά φυσικές, χημικές και μηχανικές αλλοιώσεις, να μειώσει τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και να συντείνει στην ανάπτυξη επιβλαβών φυτικών ή ζωικών μικροοργανισμών. [50] Η εκτεταμένη προσβολή των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής από την υγρασία έχει αρνητικές επιπτώσεις ως προς την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους, καθώς μπορεί να δημιουργήσει ένα χώρο ανθυγιεινό για τους χρήστες και τελικά ακατάλληλο για διαμονή. [5,113] Επιπλέον, η μείωση της θερμομονωτικής ικανότητας των δομικών υλικών έχει ως συνέπεια να αυξηθεί το κόστος θέρμανσης και συγχρόνως η θέρμανση να μην είναι επαρκής. [5]

Η πολυπλοκότητα του μηχανισμού δράσης της υγρασίας σε συνδυασμό με τη δυσκολία της πραγματοποίησης εργασιών αποκατάστασης, καθιστά αναγκαία τη λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων στεγανοποιητικής προστασίας, σχεδιαστικών και κατασκευαστικών, στη φάση σχεδιασμού του κτιρίου. [113]

11.1.1 Μορφές υγρασίας [50]

Οι διάφορες μορφές υγρασίας που προσβάλλουν τα κτίρια είναι οι εξής:

- Η υγρασία εδάφους οφείλεται σε υπόγεια ή επιφανειακά νερά, που βρίσκονται στο έδαφος. Ανέρχεται στις κατασκευές από τα θεμέλια μέσω των τριχοειδών αγγείων των υλικών.
- Η υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης οφείλεται στην συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα, όταν αυτοί έρθουν σε επαφή με μια ψυχρή εσωτερική επιφάνεια, της οποίας η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από το σημείο δρόσου.
- Η υγρασία λόγω διάχυσης των υδρατμών είναι μια μορφή συμπύκνωσης που εκδηλώνεται στο εσωτερικό των κατασκευών κατά τη διάχυση των υδρατμών, όταν οι τελευταίοι βρεθούν σε κατάσταση κορεσμού.
- Η υγρασία λόγω βροχής οφείλεται στα νερά της βροχής που προσβάλλουν εξωτερικά τους τοίχους και τα δώματα, είτε απευθείας είτε από ανάκλαση στα περιμετρικά των κτιρίων πλακόστρωτα, πεζοδρόμια και κράσπεδα. Δεν φτάνει στην εσωτερική τους επιφάνεια παρά μόνο αν η δόμηση τους είναι ελαττωματική, ή παρουσιάζει φθορές. Ένα υγρό όμως δομικό στοιχείο μπορεί να γίνει πρόξενος επιφανειακής συμπύκνωσης στην εσωτερική πλευρά του.
- Η υγρασία λόγω σφαλμάτων στην κατασκευή ή πλημμελούς συντήρησης, συνήθως οφείλεται σε διαρροές, σε θραύση αγωγών και σε λανθασμένες κλίσεις δωματίων.
- Η υγρασία των νέων κατασκευών οφείλεται στο νερό που αναμείχθηκε με τα οικοδομικά υλικά κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

11.2 Στεγανοποιητικά υλικά

Τα στεγανοποιητικά υλικά προστατεύουν τις κατασκευές από την υγρασία και παρεμποδίζουν τη διείσδυση του νερού στα επί μέρους δομικά στοιχεία τους. Τα υλικά αυτά παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, η έννοια του οποία επεξηγείται σε επόμενη ενότητα.

Σήμερα, στο εμπόριο κυκλοφορεί ένα πλήθος στεγανοποιητικών υλικών, ποικίλης προέλευσης και ποικίλων χαρακτηριστικών, με τα οποία μπορεί κανείς να προσφέρει την κατάλληλη προστασία στις κατασκευές. [50] Η επιλογή του κατάλληλου υλικού ή του κατάλληλου συστήματος στεγανοποίησης δεν υπακούει σε σταθερούς κανόνες, ούτε αποτελεί μονόδρομο. Σε κάθε κατασκευή θα πρέπει να συνεκτιμηθεί μια σειρά παραγόντων που έχουν να κάνουν με τον τύπο και την ηλικία του κτιρίου, τις απαιτήσεις τοποθέτησης του στεγανοποιητικού υλικού, τις κλιματικές συνθήκες, τη χρήση και την καταπόνηση του δομικού στοιχείου, και το κόστος της κάθε λύσης. Σε κάθε περίπτωση, όμως, το στεγανοποιητικό υλικό που θα εφαρμοσθεί θα πρέπει να παρέχει πλήρη στεγανοποιητική προστασία στο σύνολο των στρώσεων του δομικού στοιχείου, να μπορεί να παρακολουθεί τις μικρομετακινήσεις των επάλληλων στρώσεων λόγω συστολοδιαστολών, να μην αλλοιώνεται από την επίδραση των ακραίων θερμοκρασιακών συνθηκών, να συνεργάζεται απόλυτα με τα υπόλοιπα δομικά υλικά και στην περίπτωση βατών δωματίων να μπορεί να παραλαμβάνει υψηλά φορτία και να αντέχει σε μηχανικές καταπονήσεις. Τέλος, εφόσον αποτελεί την τελική επικαλυπτική στρώση, θα πρέπει να μην προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία και τους διάφορους χημικούς διαλύτες, που προκύπτουν από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους με την πτώση της βροχής και γενικώς θα πρέπει να μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά σε φυσικές και χημικές καταπονήσεις. [50,114]

11.2.1 Οι κατηγορίες στεγανοποιητικών υλικών και τα χαρακτηριστικά τους

Ανάλογα με την χημική τους προέλευση, τα στεγανοποιητικά υλικά μπορούν να διακριθούν σε ασφαλικά, πλαστικά, σιλικόνες, υλικά δύο συστατικών, στεγανοποιητικές κονίες ή ανόργανα υλικά, στεγανοποιητικά μάζας και στέρα υλικά.

✓ Ασφαλτικά υλικά

Στην κατηγορία των ασφαλικών περιλαμβάνεται μια μεγάλη κατηγορία υλικών, που έχουν ως βασική πρώτη ύλη την άσφαλο, είτε φυσικής είτε τεχνητής προέλευσης. Τα βασικά χαρακτηριστικά της ασφάλτου είναι η συγκολλητική ικανότητά της και οι υγρομονωτικές ιδιότητές της. [45] Τα σημαντικά πλεονεκτήματα των υλικών αυτών είναι: [50]

- Η αντοχή τους στην επίδραση χημικών ουσιών
- Η διηλεκτρική τους ικανότητα, δηλαδή η μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Η θερμοπλαστικότητα τους, δηλαδή η ικανότητα τους να πλαστικοποιούνται με την επίδραση της θερμότητας μέχρι ρευστοποίησης και να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση με την επάνοδο της θερμοκρασίας στα συνηθισμένα επίπεδα (ψύξη)
- Η υψηλή συγκολλητική τους ικανότητα, που επιτρέπει τόσο την καλή πρόσφυση σε άλλα δομικά υλικά, όσο και τη διαμόρφωση μιας ενιαίας στεγανής επιφάνειας
- Το σχετικά χαμηλό κόστος τους

Το μεγάλο μειονέκτημα τους είναι η φθορά τους στην έκθεση της υπεριώδους ακτινοβολίας και η μειωμένη ανθεκτικότητά τους στις καιρικές καταπονήσεις. Για αυτό το λόγο δεν πρέπει να παραμένουν εκτεθειμένα στην ατμόσφαιρα και κυρίως στον ήλιο, αλλά να προστατεύονται είτε με πρόσθετη επικαλυπτική στρώση είτε με αυτοπροστατευτική στρώση που έχουν επικολλημένη στη μία τους όψη.

Ανάλογα με τη μορφή τους, τη φυσική τους κατάσταση και το τρόπο που εφαρμόζονται, τα ασφαλικά υλικά διακρίνονται σε άμορφα, ρευστά και σχηματοποιημένα. Η κάθε κατηγορία έχει συνήθως διαφορετική χρήση.

Στα άμορφα ασφαλικά υλικά υπάγονται τα ασφαλικά που προέρχονται από την επεξεργασία της ασφάλτου (ή της πίσσαςφάλτου) με άλλα αδρανή, καταλύτες κτλ. υπό την επίδραση συνήθως υψηλών θερμοκρασιών. Σε αυτά περιλαμβάνονται η καθαρή άσφαλος, η χυτή άσφαλος, η ασφαλτόκολλα, οι ασφαλικές μαστίχες κ.α. Τα ίδια δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια για την στεγανοποίηση μιας κατασκευής, αλλά είτε χρησιμεύουν για την παραγωγή άλλων ασφαλικών υλικών είτε λειτουργούν βοηθητικά ή συμπληρωματικά. [50]

Τα ρευστά ασφαλικά υλικά διακρίνονται σε ασφαλικά βερνίκια και γαλακτώματα και χρησιμοποιούνται είτε ως βοηθητικά στεγανοποιητικά υλικά είτε ως κύρια υλικά στεγανοποίησης. [50] Τα ασφαλτικά γαλακτώματα

προέρχονται από τη γαλακτοποίηση ή γαλάκτωση της ασφάλτου η οποία είναι ένας τρόπος διάλυσης της ασφάλτου σε νερό που έχει το πλεονέκτημα να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ψυχρά ή θερμά αδρανή. Είναι κατάλληλα για στεγανωτικές επαλείψεις και αντιδιαβρωτική προστασία επιφανειών διαφόρων υλικών. Χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία φράγματος υδρατμών, για στεγανοποιήσεις θεμελίων, δαπέδων, τοίχων, επίπεδων και κεκλιμένων στεγών καθώς και στην επικάλυψη αρμών και ρωγμών. Χρησιμοποιούνται επίσης, ως υπόστρωμα για την εφαρμογή ασφαλτικών μεμβρανών και άλλων ασφαλτικών υλικών. Είναι υψηλών απαιτήσεων και είναι συμβατά με σκυρόδεμα, οπτόπλινθο, ξύλο, μέταλλο, γυψοσανίδα, πολυουρεθάνη και με ασφαλτικά υλικά, αλλά δεν έχουν σταθερό πάχος εφαρμογής. [45] Τα ασφαλτικά βερνίκια είναι ομοιογενή διαλύματα πετρελαϊκής ασφάλτου ή πισσασφάλτου αναμειγμένα σε οργανικούς διαλύτες. Καλό είναι να αποφεύγεται η επάλειψη τους σε πορώδεις επιφάνειες, διότι κατά ένα ποσοστό τους απορροφώνται από αυτές. Χρησιμοποιούνται είτε ως βοηθητικά υλικά για την προεπάλειψη επιφανειών οι οποίες θα επικαλυφτούν με ασφαλτικές μεμβράνες είτε ως κύρια στεγανοποιητικά υλικά για πρόχειρες στεγανοποιήσεις καθώς και για προστασία σωλήνων, δεξαμενών και ξύλινων ή χάρτινων επιφανειών. [50]

Στα σχηματοποιημένα ασφαλτικά υλικά υπάγονται τα ασφαλτικά κορδόνια, τα ασφαλτικά φύλλα και οι ασφαλτικές μεμβράνες. Τα ασφαλτικά κορδόνια είναι εύκαμπτα, μεγάλης ελαστικότητας υλικά με μεγάλο μήκος και μικρή διατομή και με στεγανοποιητικές ιδιότητες. Χρησιμεύουν στη συμπλήρωση και σφράγιση αρμών διαστολής, καθώς και σε μεγάλου ανοίγματος ρωγμών. [50]

Τα ασφαλτικά φύλλα περιέχουν ως συνδετική ύλη άσφαλο και είναι οπλισμένες με υαλοπίλημα ή πολυεστέρα υψηλής σταθερότητας, ενώ είναι δυνατόν να οπλιστούν και με πορώδες χαρτί, με χαρτόνι, με υαλόπλεγμα ή και άλλους σύνθετους συνδυασμούς οπλισμών. [45] Ο οπλισμός προσδίδει στα ασφαλτικά φύλλα μεγαλύτερη ελαστικότητα, ενώ αυξάνει τα όρια μηχανικής αντοχής σε εφελκυσμό, κάμψη, θλιπτική πίεση, επιμήκυνση θραύσης και διάτρηση. Επίσης, επιτρέπει στα ασφαλτικά φύλλα να παρακολουθούν τις συστολοδιαστολές των δομικών στοιχείων, που προκαλούνται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς να σκίζονται ή να ρηγματώνονται και αυξάνει την αντοχή τους στη σήψη και γενικώς στις χημικές φθορές. [50] Οι ασφαλτικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την προστασία από το νερό της βροχής και γενικότερα σε εφαρμογές της στεγανοποίησης, ενώ διάτρητες ασφαλτικές μεμβράνες είναι δυνατόν να τοποθετούνται στην κατασκευή και για δημιουργία εξαεριστικών στρώσεων. Η συνηθισμένη μορφή των ασφαλτικών μεμβρανών είναι σε ρολά $1 \times 10^{\pm 20} \text{ m}$ και το βάρος τους κυμαίνεται, συνήθως, από $3 \pm 6 \text{ Kg/m}^2$. [45]

Στην περίπτωση που ο οπλισμός είναι χαρτί ή χαρτόνι και αναλόγως του ασφαλτικού υλικού φέρουν συνήθως την ονομασία ασφαλτόχαρτα ή πισσόχαρτα. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις καλούνται συνήθως ασφαλτόπανα ή ασφαλτικές μεμβράνες. Τα ασφαλτόπανα, ανάλογα με την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης ασφάλτου και των προσοδιδόμενων σε αυτά ιδιοτήτων, διακρίνονται σε κοινά ασφαλτόπανα, πλαστομερή, ελαστομερή και αυτοκόλλητα. Τέλος, ως ειδική κατηγορία μπορούν να θεωρηθούν τα ελαστοπλαστομερή, που συνδυάζουν τις ιδιότητες των πλαστομερών και ελαστομερών. [50]

Η επάνω επιφάνεια της μεμβράνης μπορεί είτε να μείνει ελεύθερη είτε να επικαλυφθεί από φύλλο αλουμινίου, πολυαιθυλενίου ή από στρώση ψηφίδων ορυκτής προελεύσεως. [45,50] Ειδικές επικαλύψεις είναι δυνατόν να γίνουν με χαλαζιακή άμμο, γεωύφασμα και έγχρωμο αλουμίνιο. [45] Οι ψηφίδες χρησιμεύουν για να προστατεύουν τα στεγανοποιητικά φύλλα από τη γήρανση που προκαλεί η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το φύλλο αλουμινίου εκτός από την προστασία που προσφέρει έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας, βοηθά και στην ανάκλαση του μεγαλύτερου μέρους της. Για αυτό το λόγο αυτή η κατηγορία ασφαλτικών φύλλων προορίζεται να αποτελέσει την τελική αποκαλυπτική στρώση της επιφάνειας που πρόκειται να στεγανοποιηθεί. Αντιθέτως, τα γυμνά ασφαλτικά φύλλα μετά την εφαρμογή τους θα πρέπει να επικαλύπτονται με μία προστατευτική στρώση, που θα τα προφυλάσσει από την καταστρεπτική επίδραση του ήλιου. [50]

Παρουσιάζονται συνοπτικά οι κυριότερες ιδιότητες των ασφαλτικών φύλλων και μεμβρανών ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους: [50]

- Τα πισσόχαρτα και ασφαλτόχαρτα είναι ασφαλτικά φύλλα από πορώδες χαρτί ή χαρτόνι που έχει εμποτιστεί σε ασφαλτικά υλικά και χρησιμεύουν κυρίως ως κύρια στεγανοποιητική στρώση σε κατασκευές χωρίς μεγάλες απαιτήσεις προστασίας και ως φράγμα υδρατμών. Είναι φθηνά υλικά αλλά με περιορισμένη διάρκεια ζωής.
- Τα κοινά ασφαλτόπανα παρασκευάζονται με εμβαπτισμό του οπλισμού σε οξειδωμένη άσφαλο. Παρουσιάζουν υψηλές μηχανικές και χημικές αντοχές, μπορεί όμως να παραμορφωθούν από υψηλή

θερμοκρασία λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση δωματίων, τοιχίων από σκυρόδεμα, αργολιθοδομών, οπτοπλινθοδομών, θεμελίων, υπόγειων χώρων και παντός τύπου οριζόντια ή κατακόρυφα δομικά στοιχεία. [50]

- Τα πλαστομερή ασφαλτόπανα συνήθως έχουν οπλισμό από πολυεστερικά υφάσματα ή υαλοπίλημα. Ο οπλισμός έχει εμβαπτιστεί σε μείγμα ασφαλτικού υλικού, διαφόρων χημικών βελτιωτικών και θερμοπλαστικών πολυμερών, τα οποία προσδίδουν ιδιότητες πλαστομερούς συμπεριφοράς στην άσφαλτο. [114] Έχουν εφαρμογή στη στεγανοποίηση δωματίων και στεγών από σκυρόδεμα ή ξύλο, δεξαμενών και υδραυλικών έργων, στην προστασία υπόγειων χώρων, θεμελίων, οδών, γεφύρων και υπόγειων σηράγγων. Παρουσιάζουν πολύ υψηλές αντοχές στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, στις καιρικές μεταβολές, στις μεγάλες συστολοδιαστολές, στις ακραίες θερμοκρασίες και στις μηχανικές καταπονήσεις, αλλά έχουν υψηλό κόστος. [50]
- Τα ελαστομερή ασφαλτόπανα παράγονται με τον εμβαπτισμό του οπλισμού τους σε μείγμα ασφάλτου διυλιστηρίου, ελαστοπλαστικών υλικών και διαφόρων χημικών πρόσμεικτων. Έχουν οπλισμό από πολυεστερικές ίνες, υαλοπίλημα, ή γυαλόπλεγμα. [50] Έχουν πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, περισσότερη ελαστικότητα και είναι ανθεκτικότερα σε χαμηλές θερμοκρασίες. [114] Προσφέρονται για χρήση σε ψυχρά κλίματα και σε επιφάνειες με αυξημένες απαιτήσεις ελαστικότητας της στεγανοποιητικής στρώσης (π.χ. σε μεταλλικές στέγες). Γενικά, χρησιμοποιούνται στη στεγανοποιητική προστασία δωματίων, στεγών, υπόγειων χώρων και θεμελίων καθώς και ως φράγμα υδρατμών. [50]
- Τα ελαστοπλαστομερή ασφαλτόπανα παράγονται με εμβαπτισμό του οπλισμού τους σε μείγμα πλαστομερών και ελαστομερών υλικών, με αποτέλεσμα να συνδυάζουν τις ιδιότητες τόσο των πλαστομερών όσο και των ελαστομερών ασφαλτόπανων. Το ποσοστό των πολυμερών επηρεάζει άμεσα την αντοχή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες και τη διάρκεια ζωής τους. [114] Επίσης, έχουν τις ίδιες εφαρμογές με τις παραπάνω δυο κατηγορίες ασφαλτόπανων και παράλληλα είναι κατάλληλα και για χρήση στα φυτεμένα δώματα. [50]
- Τα αυτοκόλλητα ασφαλτόπανα παράγονται με εμβαπτισμό του οπλισμού τους σε μείγμα ελαστομερών υλικών στη μάζα των οποίων έχουν προστεθεί ειδικές ρητίνες, που προσδίδουν αυτοκόλλητες ιδιότητες στη μάζα του ασφαλτικού μείγματος. [114] Έχουν εύκολη εφαρμογή παρουσιάζουν ευρεία χρήση σε οριζόντιες και κατακόρυφες επιφάνειες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως φράγμα υδρατμών. [50]

✓ Συνθετικά ή πλαστικά υλικά

Τα συνθετικά ή πλαστικά υλικά είναι κατά κανόνα θερμοπλαστικά υλικά, έχουν δηλαδή την ιδιότητα με τη θέρμανση να μαλακώνουν και σε υψηλές θερμοκρασίες να ρευστοποιούνται, ενώ με την ψύξη να επανέρχονται στην πρότερη τους κατάσταση. Επίσης πολλά από αυτά είναι ελαστομερή, έχουν, δηλαδή, την ικανότητα με την άσκηση εφελκυστικών τάσεων σε συνηθισμένες θερμοκρασίες να επιμηκύνονται μέχρι διπλασιασμού του μήκους τους και κατόπιν όταν παύουν να ασκούνται επί αυτών οι εφελκυστικές τάσεις, να επανέρχονται σταδιακά στο αρχικό τους μέγεθος. Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις, καθώς και στην επίδραση πολλών οργανικών διαλυτών. Διακρίνονται σε άμορφα, ρευστά και σχηματοποιημένα.

Στα άμορφα πλαστικά υλικά υπάγονται οι διαφορές πλαστικές μαστίχες και οι πλαστικοί στόκοι. Τα υλικά αυτά είναι κολλώδεις ή ημικολλώδεις πάστες και αποτελούν μείγματα διαφόρων πλαστικών υλών όπως ακρυλικών, πολυαιθυλενίου, πολυισοβουτυλενίου, με σκόνη αδρανών. Δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια για τη στεγανοποίηση μιας κατασκευής, άλλα ως βοηθητικά, σε συνεργασία με ρευστά ή σχηματοποιημένα πλαστικά υλικά, ή και σε εφαρμογές όπως για τη σφράγιση οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών διαστολής και για τη κάλυψη ρηγματώσεων.

Τα ρευστά πλαστικά υλικά διακρίνονται σε βερνίκια και γαλακτώματα. Υπερτερούν έναντι των ασφαλτικών ρευστών υλικών ως προς τον τρόπο εφαρμογής τους, ενώ παρουσιάζουν μεγαλύτερες αντοχές στην επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος της ατμόσφαιρας. Ορισμένα από αυτά, όμως, υστερούν ως προς τη προσφερόμενη στεγανοποιητική προστασία. Τα πλαστικά βερνίκια είναι κολλοειδή διαλύματα πλαστικών ή ελαστομερών υλικών σε πτητικούς διαλύτες. Χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά υλικά, δηλαδή ως επικαλυπτικές στρώσεις ασφαλτικών φύλλων για προστασία από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, ως προεπαλείψεις για τη διάστρωση πλαστικών γαλακτωμάτων ή τη συγκόλληση πλαστικών φύλλων. Τα πλαστικά γαλακτώματα είναι κατά κανόνα παχύρρευστα υγρά κυρίως ακρυλικής ή βυνιλικής βάσης

ή έχουν ως κύριο συστατικό το συνθετικό καουτσούκ. Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπαχθεί και ο αφρός πολυουρεθάνης, καθαρός ή με πρόσμεικτα. Ωστόσο, η πολυουρεθάνη εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία καταστρέφεται και χάνει τις στεγανοποιητικές και θερμομονωτικές της ιδιότητες. Τα πλαστικά γαλακτώματα μπορούν να παρακολουθούν τις ανωμαλίες του υποστρώματος και να επιτρέπουν μέσω των πόρων τους τη διάχυση των υδρατμών των εσωτερικών χώρων. Έχουν κυρίως εφαρμογή στη σφράγιση αρμών και ρηγματώσεων, στη στεγανοποίηση στεγών και σπανιότερα δωματίων με χαμηλές στεγανοποιητικές απαιτήσεις και στη προστασία τοίχων και τοιχίων υγρών χώρων.

Τα σχηματοποιημένα πλαστικά υλικά διακρίνονται σε πλαστικά κορδόνια και πλαστικά φύλλα ή πλαστικές μεμβράνες. Τα πλαστικά κορδόνια αποτελούνται από πλαστικό καουτσούκ ή αφρώδη συνθετικά ελαστικά και παρουσιάζουν τις ίδιες χρήσεις με τα ασφαλτικά κορδόνια.

Τα πλαστικά φύλλα και οι μεμβράνες είναι συνθετικά προϊόντα και μπορούν να προσφέρουν πλήρη στεγανοποιητική προστασία. Διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στις μεμβράνες πολυισοβουτυλενίου και πολυβυτιλοχλωριδίου (γνωστές ως μεμβράνες PVC) και στις μεμβράνες συνθετικού καουτσούκ (γνωστές ως μεμβράνες EPDM). Οι μεμβράνες αυτές ανήκουν στα θερμοπλαστικά υλικά. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε ρολά πλάτους 1m έως 6m και μεγάλου μήκους 10m έως 30m. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,3mm έως 2,2mm. Ανάλογα με την επιδιωκόμενη χρήση παράγονται μεμβράνες με οπλισμό ή χωρίς οπλισμό, που παρεμβάλλεται στη μάζα τους κατά το στάδιο της παραγωγής τους. Ως οπλισμός, συνήθως, χρησιμοποιείται υαλούφασμα, υαλόπλεγμα, συνθετικά πιλήματα, πολυεστερικά φύλλα, μεταλλικά ελάσματα και άλλα υλικά, κυρίως συνθετικά.

Οι μεμβράνες πολυισοβουτυλενίου και πολυβυτιλοχλωριδίου αποτελούν μια σειρά ρητινούχων προϊόντων με βάση το πολυισοβουτυλένιο και πολυβυτιλοχλωρίδιο. Το πολυισοβουτυλένιο είναι προϊόν του αέριου ισοβουτυλενίου, που προέρχεται από την προδιάσπαση των πετρελαίων. Το πολυβυτιλοχλωρίδιο είναι προϊόν πολυμερισμού του βυτιλοχλωριδίου και προέρχεται από ακετυλένιο με την προσθήκη σε αυτό υδροχλωρίου. Και τα δύο υλικά δεν επηρεάζονται από υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, καταστρέφονται όμως από τη φωτιά. Έχουν υψηλή αντοχή σε χημικούς διαλύτες, είναι αδιάλυτα σε βενζίνες και άλλους διαλύτες και δεν προσβάλλονται από το πετρέλαιο, τα λίπη και τα διάφορα οξειδωτικά μέσα. Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, επιτυγχάνουν απόλυτη στεγανότητα στο νερό, αλλά και στη διάχυση υδρατμών και προσφέρονται για στεγανοποίηση των περισσότερων σχεδόν οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών. Τα φύλλα πολυισοβουτυλενίου προσφέρονται περισσότερο για προστασία θεμελίων και υπόγειων χώρων, ενώ τα φύλλα πολυβυτιλοχλωριδίου είναι περισσότερο κατάλληλα για την προστασία δωματίων και κεκλιμένων στεγών. [50]

Οι μεμβράνες συνθετικού καουτσούκ EPDM αποτελούνται από συνθετικό κόμμι (καουτσούκ). Τα ελαστομερή καουτσούκ EPDM είναι θερμοπλαστικά και παράγονται με βάση το μονομερές αιθυλένιο. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα χάρη στην εξαιρετική αντίστασή τους στις μηχανικές καταπονήσεις, στη θερμότητα, στη γήρανση και στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Έχουν εξαιρετική χημική αντίσταση, καθώς και αντίσταση στην ηλιακή ακτινοβολία. [45] Μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν σε κάθε είδους οριζόντιες ή κατακόρυφες επιφάνειες, κυρίως όμως σε στέγες και δώματα στα οποία μπορούν να αποτελέσουν και την τελική επικάλυψη πάνω από τη θερμομονωτική στρώση. [50]

Στα πλαστικά φύλλα ανήκουν και τα φύλλα πολυαιθυλενίου τα οποία διακρίνονται σε φύλλα χαμηλής ή υψηλής πυκνότητας. [11] Πρόκειται για πλαστικά υλικά, τα οποία παρασκευάζονται με διεργασίες πολυμερισμού, είναι θερμοπλαστικά και ανακυκλώσιμα. Το πολυαιθυλένιο μεγάλης πυκνότητας (HPDE) είναι, συνήθως, σκληρό και άκαμπτο υλικό. Οι μηχανικές αντοχές του και η σκληρότητά του εξαρτώνται από την πυκνότητά του. Παρουσιάζει μεγάλη χημική αντίσταση, έχει πολύ υψηλή αντοχή σε κρούση, ενώ αλλοιώνεται από την επίδραση του φωτός. [45]

✓ Σιλικόνες

Οι σιλικόνες είναι ομάδα υλικών ανόργανης και οργανικής δομής. Το μόριο στη δομή του έχει ρίζα οξειδίου του πυριτίου, που περιβάλλεται από οργανικές ομάδες υδρογονανθράκων. Πριν από τη χρήση τους αραιώνονται με νερό. Χαρακτηριστική ιδιότητά τους είναι ο υδροαπωθητικός χαρακτήρας που αναπτύσσουν επάνω στις επιφάνειες που επικαλύπτουν. Απωθούν έτσι το νερό της βροχής, επιτρέποντας όμως την αναπνοή των επιφανειών, καθώς διεισδύουν στους πόρους των υλικών και σχηματίζουν μια λεπτή διαφανή μεμβράνη στην επιφάνειά τους.

Στο εμπόριο οι σιλικόνες συναντώνται υπό μορφή βερνικιών, γαλακτωμάτων και διαλυμάτων καθώς και σε μαστίχες με βάση το σιλικονούχο καουτσούκ. Τα διαλύματα σιλικόνης έχουν εφαρμογή επάνω σε υλικά, όπως σκυρόδεμα, λίθους, τούβλα, κεραμίδια και επιχρίσματα. Επιλέγονται κυρίως για την προστασία των όψεων από τη βροχή και από την ανάπτυξη βρύων και μυκήτων στην επιφάνεια τους. Ωστόσο, η χρήση τους πρέπει να αποφεύγεται καθώς παρατηρήθηκε ότι η προστατευτική τους ικανότητα σε εφαρμογές μειώθηκε με τα χρόνια και δημιουργήθηκαν προβλήματα σε τοπικά σημεία της επιφάνειας, λόγω απορρόφησης του νερού. Τα γαλακτώματα σιλικόνης προστίθενται στα κονιάματα και στα επιχρίσματα, προκειμένου να καταστήσουν μια πρόσφιη κτιρίου αδιαπέραστη από τη βροχή. Οι μαστίχες σιλικονούχου καουτσούκ χρησιμοποιούνται για τη σφράγιση αρμών διαστολής από σκυρόδεμα, αρμών σε πισίνες, κουζίνες και μπάνια. Χρησιμοποιούνται, ακόμη, για τη συμπλήρωση των αρμών που δημιουργούνται μεταξύ κουφωμάτων αλουμινίου και των οικοδομικών επιφανειών. [50]

✓ Υλικά δύο συστατικών

Πρόκειται για δύο χωριστά υλικά, η σύνθεση των οποίων παράγει το επιθυμητό στεγανοποιητικό υλικό. Τα δύο υλικά αναμειγνύονται λίγο πριν τη χρήση τους και είτε αντιδρούν αμοιβαία, είτε το ένα προκαλεί χημική μεταβολή του άλλου, με αποτέλεσμα να επέρχεται σκλήρυνση του τελικού προϊόντος, που αποκτά παράλληλα τις στεγανοποιητικές του ιδιότητες. Τα υλικά δύο συστατικών μετά την σκλήρυνση τους αποκτούν υψηλή αντοχή σε χημικές ουσίες καθώς και σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Παρουσιάζουν καλή στεγανότητα και ελαστικότητα αλλά έχουν υψηλό κόστος. Επίσης, ο σύντομος χρόνος σκλήρυνσης τους επιβάλλει ταχεία και περιορισμένη εφαρμογή και αυστηρή αναλογία ανάμειξης. Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση διακρίνονται σε πολυεστέρες, σε πολυεποξειδία (εποξεικές ρητίνες) και σε οργανικά πολυσουλφίδια. Οι πολυεστέρες έχουν τη μορφή πολτού ή παχύρρευστου υγρού και βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στη στεγανοποίηση δαπέδων. [50] Οι εποξεικές ρητίνες υπό υγρή μορφή χρησιμοποιούνται, συνήθως, ως υλικό πλήρωσης ρωγμών σκυροδέματος ή τοιχοποιίας, ή για επικολήσεις λεπτών μεταλλικών φύλλων και σύνθετων υλικών στις επιφάνειες του σκυροδέματος. [45] Τέλος, τα οργανικά πολυσουλφίδια παρουσιάζουν υψηλές αντοχές στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, σε ακραίες ακραίες θερμοκρασίας και σε χημικές ουσίες και χρησιμοποιούνται για τη σφράγιση αρμών από μάρμαρο, σκυρόδεμα και μέταλλο. [50]

✓ Στεγανοποιητικές κονίες (υλικά δύο συστατικών) [50]

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται όλες οι στεγανοποιητικές κονίες, που προέρχονται από ανόργανα υλικά. Αναμειγνύονται με νερό και σχηματίζουν πολτό. Προσφύονται πάνω σε επιφάνειες με βασικό υλικό το τσιμέντο, ενώ δε χρησιμοποιούνται πάνω σε τούβλα, κεραμίδια, λίθους και σε ασβεστοκονίαμα. Διακρίνονται σε κονίες διείσδυσης, επιφανειακές κονίες και διογκούμενες κονίες. Οι κονίες διείσδυσης εισχωρούν μέσα στο σκυρόδεμα ή στο τσιμεντοκονίαμα και φράζουν τους πόρους της επιφάνειας που πρόκειται να στεγανοποιηθεί. Προστατεύουν την κατασκευή από την πλευρά που προσβάλλεται από την υγρασία και χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση υπογείων με τοίχια από οπλισμένο σκυρόδεμα, ανώγειων κατασκευών από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, τοίχων με επιχρίσματα από πεταχτό τσιμεντοκονίαμα και τσιμεντόλιθων. Οι επιφανειακές κονίες διαστρώνονται πάνω στην επιφάνεια που πρόκειται να στεγανοποιηθεί και προσφέρονται κυρίως για προστασία τοιχωμάτων υπογείων από την εσωτερική τους πλευρά και για την αντιμετώπιση προβλημάτων υγρασίας σε υφιστάμενες κατασκευές. Οι διογκούμενες κονίες εφαρμόζονται αμιγείς, με προσθήκη μόνο νερού, είτε σε επισκέψιμα δώματα ως τελική επικάλυψη είτε σε βατά δώματα αλλά με μια προστατευτική στρώση από τη μηχανική φθορά.

✓ Στεγανοποιητικά μάζας [50]

Τα στεγανοποιητικά μάζας είναι αδρανή υλικά σε σκόνη που αναμειγνύονται στο σκυρόδεμα ή στο επιχρίσμα, φράζουν τους πόρους τους και τα διάκενα ανάμεσα στη μάζα τους και παρεμποδίζουν τη διέλευση της υγρασίας μέσω αυτών. Τέτοια υλικά είναι ο χαλαζίας, το ανθρακικό ασβέστιο, η θηραϊκή γη, η άργιλος και ορισμένες πυριτικές ενώσεις, οι ενώσεις ρητινών των οποίων η στεγανοποιητική προστασία οφείλεται στις υδροαπωθητικές τους ιδιότητες καθώς και ορισμένοι υδρογονάνθρακες οι οποίοι αποσυντίθενται και γεμίζουν τους πόρους του σκυροδέματος. Τα στεγανοποιητικά μάζας συμβάλλουν στην βελτίωση της εργασιμότητας και της πλαστιμότητας του μείγματος, ενισχύουν τις αντιδιαβρωτικές ιδιότητες του σκυροδέματος, παρεμποδίζουν τη διείσδυση του νερού στη μάζα του και επιτρέπουν την διαπνοή του. Βρίσκουν εφαρμογή σε

παντός τύπου υπόγειες κατασκευές από σκυρόδεμα, σε εξώστες, βεράντες, καθώς και σε εσωτερικούς χώρους, που από τη χρήση τους έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό, όπως αποχωρητήρια και λουτρά.

✓ Στερεά υλικά [50]

Τα υλικά αυτά έχουν κοινό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι στην τελική τους μορφή παρουσιάζονται ως στέρεα υλικά υπό τύπο φύλλων, μεμβρανών ή πλάκων, που δεν επιτρέπουν τη διέλευση του νερού μέσα από τη μάζα τους. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να προστατεύονται τα ευπαθή σημεία και να σφραγίζονται οι αρμοί μεταξύ των πλάκων. Τέτοια υλικά, μπορεί να είναι:

- τα διάφορα ανοξειδωτα μεταλλικά ελάσματα ή φύλλα από χαλκό, γαλβανισμένη λαμαρίνα, αλουμίνιο κ.α.
- οι επίπεδες ή κυματοειδής πλάκες αμιαντοσιμέντου ή συνθετικών υλικών
- οι φυσικές πλάκες από ορυκτά υλικά, όπως μαλτεζόπλακες, μάρμαρα ή σχιστολιθικές πλάκες υπό κλίση,
- οι τεχνητές πλάκες από ορυκτά υλικά, όπως μωσαϊκού και κεραμικά πλακίδια εφυσωμένα ή μη

11.2.2 Τα συνηθέστερα στεγανοποιητικά υλικά [50]

Η στεγανοποίηση με ασφατικά γαλακτώματα είναι η πιο απλή και η πιο διαδεδομένη μορφή στεγανής προστασίας των κτιρίων στον ελληνικό χώρο, εξαιτίας του χαμηλού κόστους της, της ευκολότερης εφαρμογής της ακόμη και από μη εξειδικευμένο συνεργείο και της ικανότητας της να εφαρμόζονται και σε ελαφρώς υγρές επιφάνειες. Ωστόσο, η λύση αυτή επιλεγόταν κυρίως παλαιότερα που η αξία της στεγανοποίησης δεν είχε γίνει απόλυτα συνειδητή και δεν είχαν εκτιμηθεί η σημασία των μειονεκτημάτων που εμφάνιζε. Μάλιστα στις περισσότερες περιπτώσεις οι εργασίες ήταν κακής ποιότητας, χαμηλών απαιτήσεων και χωρίς προδιαγραφές και κανόνες εφαρμογής, για αυτό και οι κακοτεχνίες ήταν πολλές και η διάρκεια ζωής της στεγανοποιητικής στρώσης περιορισμένη. Έχει διαπιστωθεί γενικά ότι τα επαλειφτικά υλικά δεν επιτυγχάνουν τη δημιουργία μεμβράνης ομοιόμορφου πάχους κατά την εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται ασθενή σημεία στον στεγανό υμένα. Ενίοτε επίσης, επαναγαλακτοποιούνται ή δεν προλαβαίνουν να αποβάλουν έγκαιρα τους διάφορους διαλύτες. Ένα άλλο μειονέκτημα τους είναι η δημιουργία φυσαλίδων αέρα στη μάζα τους, στις οποίες εύκολα διεισδύει και εγκλωβίζεται νερό. Αυτό όταν εξατμιστεί, πολλαπλασιάζει τον όγκο του περίπου κατά 1500 φορές με αποτέλεσμα από τις υψηλές τάσεις που αναπτύσσονται να προκαλούνται σχισμές στον υμένα στεγανοποίησης.

Σήμερα που οι απαιτήσεις σε μία κατασκευή είναι πολύ υψηλότερες, έχουν κερδίσει σημαντικό έδαφος οι ασφατικές μεμβράνες, δηλαδή τα διαφόρων τύπων σχηματοποιημένα ασφατικά υλικά (ελαστομερή, πλαστομερή, ελαστοπλαστομερή, αυτοκόλλητα κτλ.). Λόγω της δομής τους, όπως προαναφέρθηκε παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως μεγάλη ελαστικότητα, αυξημένα όρια μηχανικής αντοχής, αντοχή στις συστολοδιαστολές των δομικών στοιχείων, που προκαλούνται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς να σκίζονται ή να ρηγματώνονται, αντοχή στη σήψη και στις χημικές φθορές. Ακόμη, αναλόγως του τρόπου παρασκευής τους μπορεί να παρουσιάζουν αντοχή στη γήρανση από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, αντοχή στις καιρικές συνθήκες, στις υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, μεγάλη διάρκεια ζωής και εύκολη εφαρμογή.

Τα πλαστικά υλικά πρόκειται για σειρά προϊόντων, που πρόεκυψαν από την επεξεργασία του πετρελαίου από τη δεκαετία του '60 και μετά. Είναι σχετικά σύγχρονα υλικά και για αυτό λόγο αυτό δεν είναι πλήρως γνώστη η αντοχή των περισσότερων εξ αυτών στο χρόνο. Στον ελληνικό χώρο δεν έχουν βρει ακόμη ευρεία εφαρμογή, παρά μόνο κάποιες ειδικές κατηγορίες από αυτά, όπως οι μεμβράνες PVC και τα φύλλα πολυαιθυλενίου. Γενικά, χαρακτηρίζονται για τις υψηλές αντοχές τους στις μεγάλες θερμοκρασίες, στις συστολοδιαστολές, στις μηχανικές καταπονήσεις και στην επίδραση πολλών οργανικών διαλυτών. Ωστόσο, παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία στην εφαρμογή και μεγαλύτερο κόστος συγκριτικά με τα αντίστοιχα ασφατικά υλικά.

11.3 Η έννοια της υγραμετρίας των χώρων [66]

Η έννοια της υγραμετρίας των χώρων αναφέρεται στο λόγο της παραγόμενης ποσότητας υδρατμών στο χώρο W σε gr/h προς τον ρυθμό ανανέωσης του αέρα του χώρου N σε m^3/h . Για λόγους καθορισμού ενιαίων κανόνων διαπίστωσης κινδύνων συμπυκνώσεων (επιφανειακών ή στη μάζα των οικοδομικών στοιχείων) οι χώροι κατατάσσονται συμβατικά στους παρακάτω τέσσερις τύπους από πλευράς υγραμετρίας:

- Χώρος χαμηλής υγραμετρίας όπου $W/N \leq 2.5 \text{ gr/m}^3$.
- Χώρος μέσης υγραμετρίας όπου $2.5 < W/N \leq 5 \text{ gr/m}^3$.
- Χώρος έντονης υγραμετρίας όπου $5.0 < W/N \leq 7.5 \text{ gr/m}^3$.
- Χώρος πολύ έντονης υγραμετρίας όπου $W/N > 7.5 \text{ gr/m}^3$.

Κατά γενικό κανόνα τα κτίρια ανάλογα με την χρήση και τον τρόπο κατοίκησης κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες με την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι προβλεπόμενοι από τους κανονισμούς ρυθμοί ανανέωσης του αέρα.

- Κτίρια χαμηλής υγραμετρίας: Υπάγονται τα κτίρια γραφείων που δεν κλιματίζονται, τα σχολεία ημερήσιας φοίτησης, ορισμένες κατοικίες εξοπλισμένες με ελεγχόμενο μηχανικό αερισμό και ειδικά συστήματα απομάκρυνσης των υδρατμών στα σημεία παραγωγής τους που μόλις δημιουργούνται (π.χ. απορροφητήρες κουζίνας).
- Κτίρια μέσης υγραμετρίας: Υπάγονται τα κτίρια κατοικιών στους χώρους που περιλαμβάνονται οι κουζίνες και οι υγροί χώροι, όταν δεν υπάρχει υπερκατοίκηση.
- Κτίρια έντονης υγραμετρίας: Υπάγονται τα κτίρια κατοικιών με μέτριο αερισμό, με υπερκατοίκηση καθώς και ορισμένα βιομηχανικά κτίρια.
- Κτίρια πολύ έντονης υγραμετρίας: Υπάγονται τα ειδικά κτίρια, κύρια βιομηχανικά, όπου απαιτείται διατήρηση υψηλής σχετικής υγρασίας, όπως και τα κτίρια με κοινόχρηστους υγρούς χώρους ή κτίρια κολυμβητηρίων.

11.4 Η υγρασία του αέρα

Όπως είναι γνωστό ο αέρας περιέχει στη μάζα του υδρατμούς που όμως δεν είναι ορατοί και γι' αυτό δεν γίνονται αντιληπτοί. Η ποσότητα αυτή των συκρατούμενων υδρατμών εξαρτάται από την πίεση και από τη θερμοκρασία του αέρα. Από τους δύο παράγοντες η επίδραση του πρώτου θεωρείται αμελητέα και γι' αυτό συνήθως δεν λαμβάνεται υπόψη. Η επίδραση του δεύτερου όμως είναι σημαντική. Με την άνοδο της θερμοκρασίας αυξάνεται και η ικανότητα του αέρα να συκρατεί υδρατμούς, ενώ με την πτώση της θερμοκρασίας η ικανότητα του αυτή μειώνεται. Αυτή η περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς μπορεί να μετρηθεί σε τιμές απόλυτες και σχετικές.

- Στην πρώτη περίπτωση ορίζεται ως η ποσότητα των υδρατμών που εμπεριέχεται στη μονάδα όγκου του αέρα. Καλείται απόλυτη υγρασία και εκφράζεται συνήθως σε gr/m^3 .
- Στη δεύτερη ορίζεται ως ο λόγος της ποσότητας των υδρατμών που εμπεριέχεται στον αέρα σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία προς τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συκρατηθεί στον ίδιο όγκο αέρα και στην ίδια θερμοκρασία. Καλείται σχετική υγρασία και εκφράζεται ως ποσοότητα επί τοις εκατό (%). [26]

Για μια ορισμένη θερμοκρασία η περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς δεν είναι δυνατόν να ξεπεράσει μια καθορισμένη τιμή. Ο αέρας, ο οποίος για μια καθορισμένη θερμοκρασία περιέχει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα υδρατμών, ονομάζεται κορεσμένος και η πίεση των υδρατμών ονομάζεται τάση κορεσμένων υδρατμών, P_s . Τόσο η δυνάμενη περιεκτικότητα του κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς όσο και η τάση των κορεσμένων υδρατμών εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. [5]

Η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η υγραποίηση των υδρατμών του αέρα, όταν αυτός ψυχθεί, ονομάζεται σημείο υγραποίησης, t_s , ή σημείο δρόσου. Η τιμή της σχετικής υγρασίας, φ , στο σημείο υγραποίησης είναι ίση με 100 (%). Το σημείο υγραποίησης των υδρατμών μπορεί να προσδιορίζεται από τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία του αέρα. [5]

11.5 Η διακίνηση της υγρασίας μέσα από μια κατασκευή-τοιχοποιία

Η διακίνηση της υγρασίας μέσα από τα μέλη μιας κατασκευής πραγματοποιείται είτε με τη μορφή νερού είτε με τη μορφή υδρατμών. [5]

Με τη μορφή νερού η υγρασία διακινείται μέσα από τα μέλη κατασκευής διαμέσου των τριχοειδών αγγείων των υλικών προς την κατεύθυνση, όπου η σχετική υγρασία έχει τη μικρότερη τιμή, οπότε το νερό εξατμίζεται ευκολότερα. Αυτό συμβαίνει σε υλικά, τα οποία έχουν τριχοειδείς πόρους, όπως κεραμικά υλικά, γύψος, πλίνθοι, κ.ά. [5]

Με τη μορφή υδρατμών η υγρασία διακινείται μέσα από τα μέλη κατασκευής προς την κατεύθυνση, όπου η τιμή της απόλυτης υγρασίας είναι μικρότερη, δηλαδή εκεί όπου η μερική τάση των υδρατμών είναι μικρότερη. [5] Η μετακίνηση των υδρατμών η οποία γίνεται από την πλευρά της κατασκευής με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση υδρατμών προς την πλευρά με τη μικρότερη, οφείλεται στη διαφορετική πίεση που ασκούν οι υδρατμοί στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου και αποσκοπεί στην εξίσωση των συγκεντρώσεων στους δύο χώρους, προκειμένου να εξισωθούν οι εκατέρωθεν πιέσεις. Όταν επέλθει αυτή η ισορροπία, η εκδήλωση του φαινομένου σταματά. [27] Η διακίνηση της υγρασίας με τη μορφή υδρατμών ονομάζεται διαπίδωση ή διάχυση των υδρατμών. [5]

Το καλοκαίρι η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι υψηλή και επομένως είναι δυνατόν να αντιστραφεί η φορά διακίνησης της θερμότητας και της υγρασίας, δηλαδή να γίνει διακίνηση από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο της κατασκευής. Επειδή, όμως, το καλοκαίρι τα παράθυρα συνήθως παραμένουν ανοιχτά, η διαφορά της μερικής τάσης των υδρατμών μέσα-έξω γίνεται μηδέν και συνεπώς δεν γίνεται διάχυση των υδρατμών. Συγχρόνως, η υγρασία με τη μορφή νερού κινείται στους τριχοειδείς σωλήνες και προς τις δύο πλευρές του εξωτερικού τοίχου, όπου και εξατμίζεται, αφού η σχετική υγρασία του αέρα έχει την ίδια τιμή έξω και μέσα στην κατασκευή. [5]

11.6 Η υγροποίηση των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια μιας κατασκευής-τοιχοποιίας

Το φαινόμενο της υγροποίησης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια μιας κατασκευής, θα εκδηλωθεί πιο εύκολα στις ψυχρότερες επιφάνειες, καθώς ο αέρας που έρχεται σε επαφή με αυτές χάνει μέρος της θερμοκρασίας του λόγω μετάδοσης της θερμότητας. Καθώς στις χαμηλότερες θερμοκρασίες περιορίζεται η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει, μεταπίπτει σε κατάσταση κορεσμού, δημιουργώντας περίσσεια υδρατμών που επικάθονται στις επιφάνειες υπό μορφή σταγονιδίων. [27] Αρκεί προς τούτο η επιφανειακή θερμοκρασία της κατασκευής να είναι μικρότερη από το σημείο υγροποίησης, t_s , των υδρατμών του αέρα στον εσωτερικό χώρο, [5] δηλαδή χαμηλότερη της θερμοκρασίας στην οποία αρχίζει η συμπύκνωση των υδρατμών για δεδομένη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα του χώρου. Έτσι, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία των επιφανειών τόσο ευκολότερα ενδέχεται να γίνει υγροποίηση των υδρατμών. [27] Η υγρασία, η οποία αποτίθεται από τον αέρα στα μέλη της κατασκευής, ονομάζεται νερό συμπύκνωσης. Σε αυτή τη περίπτωση η υγροποίηση των υδρατμών μπορεί να οφείλεται είτε σε ανεπαρκή θερμομόνωση, είτε σε θέρμανση ψυχθέντων χώρων. [5]

Η ανεπαρκής θερμομόνωση έχει ως αποτέλεσμα να είναι χαμηλή η θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια των μελών της κατασκευής. Η ελάχιστη δυνατή θερμομόνωση για να αποφευχθεί η υγροποίηση των υδρατμών υπολογίζεται είτε από το μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{\max} , είτε από την αντίστοιχη ελάχιστη αντίσταση θερμοδιαφυγής R_{\min} που δίνονται από τις σχέσεις : [5]

$$U_{\max} = \frac{a_i \cdot (t_{Li} - t_s)}{t_{Li} - t_{La}} \left[W / (m^2 K) \right] \quad (11.1)$$

$$R_{\min} = \frac{t_{Li} - t_{La}}{a_i \cdot (t_{Li} - t_s)} - \frac{a_i}{a_a} \left[m^2 K / W \right] \quad (11.2)$$

όπου t_s το σημείο υγροποίησης των υδρατμών του αέρα του εσωτερικού χώρου. Τα υπόλοιπα μεγέθη έχουν ήδη περιγραφεί στο κεφάλαιο 3. [5]

Ο έλεγχος για την υγραποίηση των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια κατασκευής γίνεται με τη σύγκριση των μεγεθών R και U της κατασκευής προς τα αντίστοιχα R_{\min} και U_{\max} . Έτσι, όταν ισχύει $R_{\min} < R$ και $U_{\max} > U$ τότε δεν γίνεται υγραποίηση πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν ταυτοχρόνως, δηλαδή όταν ισχύει η μία θα ισχύει οπωσδήποτε και η άλλη. Αντίθετα, όταν είναι $R_{\min} > R$ και $U_{\max} < U$ τότε γίνεται υγραποίηση των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Για να αποφευχθεί η υγραποίηση αυτή πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να μειωθεί η τιμή του συντελεστή U της κατασκευής και να γίνει μικρότερος από την τιμή του U_{\max} .

Στην περίπτωση ψυχθέντων χώρων, κατά τη θέρμανση αυτών οι επιφάνειες των τοίχων θερμαίνονται με βραδύ ρυθμό σε σχέση με τον αέρα του χώρου, με αποτέλεσμα να γίνεται υγραποίηση των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής για κάποιο χρονικό διάστημα. [5]

Επιπλέον, υγραποίηση των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής μπορεί να γίνει και από την αυξημένη υγρασία του αέρα του χώρου. [5] Συνήθως, στον αέρα υπάρχει μικρότερη ποσότητα υδρατμών από τη δυνάμενη να συγκρατηθεί. Ο αέρας έχει, δηλαδή, περιθώρια να συγκρατήσει επιπλέον ποσότητες υδρατμών. Όταν, όπως, για οποιονδήποτε λόγο αυξηθεί η ποσότητα των υδρατμών, δηλαδή αυξηθεί η σχετική υγρασία του αέρα τότε διευκολύνεται η υγραποίηση των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Αν, επίσης, για οποιονδήποτε λόγο η ποσότητα των υδρατμών φθάσει στη μέγιστη δυνάμενη να συγκρατηθεί, τότε ο αέρας βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού και κάθε επιπλέον ποσότητα υδρατμών καταπίπτει υπό μορφή σταγονιδίων, που επικάθονται στις επιφάνειες. Ομοίως, όταν μειωθεί η θερμοκρασία του κορεσμένου αέρα, χωρίς καν να προστεθεί νέα ποσότητα υδρατμών, δημιουργούνται πλεονάζοντες υδρατμοί, που επειδή δε μπορούν να συγκρατηθούν, υγραποιούνται και επικάθονται υπό μορφή σταγονιδίων στις περιμετρικές ψυχρές επιφάνειες. [27] Συνεπώς, πρέπει να γίνεται κατάλληλος εξερισμός των χώρων, κυρίως στις κουζίνες, στα λουτρά και στα υπνοδωμάτια, ώστε να αποφεύγεται η ανεπιθύμητη αύξηση της υγρασίας μέσα στους χώρους αυτούς. [5]

Σε κάθε περίπτωση, οι συμπυκνωθέντες υδρατμοί θα διαποτίσουν την κατασκευή και θα μειώσουν τη θερμική της αντίσταση, άρα θα αυξήσουν τις απώλειες θερμότητας. Αργότερα, όταν εκλείψουν οι λόγοι που προκάλεσαν το φαινόμενο (άνοδος της θερμοκρασίας ή πτώση της σχετικής υγρασίας), οι συμπυκνωθέντες υδρατμοί επαναποδίδονται στην ατμόσφαιρα. [27]

11.7 Η υγραποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό μιας κατασκευής-τοιχοποιίας

Όπως προαναφέρθηκε, όταν μεταξύ των δύο όψεων ενός εξωτερικού υδρατμοδιαπερατού δομικού στοιχείου επικρατεί διαφορετική συγκέντρωση υδρατμών, τότε εμφανίζεται το φαινόμενο της διάχυσης των υδρατμών ως μια ροή υδρατμών από την πλευρά με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση προς την πλευρά με τη μικρότερη, που αποσκοπεί στην εξίσωση των συγκεντρώσεων στους δύο χώρους ώστε να εξισωθούν οι εκατέρωθεν πιέσεις. [27]

Κατά τη διάχυση των υδρατμών μέσα από ένα δομικό στοιχείο, οι υδρατμοί διέρχονται μέσω των πόρων των υλικών, αναμειγνύομενοι με τις μικρές ποσότητες αέρα που εμπεριέχεται σε αυτούς. Αν μεταξύ των δύο όψεων του δομικού στοιχείου επικρατεί διαφορετική θερμοκρασία, τότε στις διαδοχικές του στρώσεις η θερμοκρασία βαίνει μειούμενη από τη θερμή προς τη ψυχρή όψη. Αυτή όμως η πτώση της θερμοκρασίας επηρεάζει και τη δυνάμενη να συγκρατηθεί ποσότητα των υδρατμών στον αέρα των πόρων των υλικών. [27]

Είναι γνωστό ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του αέρα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί αυτός να συγκρατήσει στη μονάδα του όγκου του, ενώ, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μικρότερη είναι και η δυνάμενη ποσότητα υδρατμών. [27] Έτσι, κατά τη διάχυση των υδρατμών, όταν στο εσωτερικό της κατασκευής η θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία υγραποίησης των υδρατμών, t_s , τότε γίνεται υγραποίηση των υδρατμών με αποτέλεσμα να υγρανθεί η κατασκευή και να μειωθεί η θερμομονωτική της ικανότητα. [5] Το μέρος των υδρατμών που δε θα υγραποιηθεί θα συνεχίσει την πορεία τους προς το εξωτερικό περιβάλλον. Οι υδρατμοί που υγραποιούνται συγκρατούνται ως υγρασία στους πόρους του υλικού και από εκεί είτε απομακρύνονται αργότερα δια της εξάτμισης και των τριχοειδών αγγείων είτε εγκλωβίζονται και παραμένουν μέσα στους πόρους του υλικού. [50]

Αν και αυτή η μορφή υγρασίας δεν είναι ορατή, μπορεί να υπολογιστεί. Αν είναι γνωστές οι εσωτερικές και οι εξωτερικές τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα καθώς και τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των στρώσεων του δομικού στοιχείου, είναι δυνατό μέσω κατάλληλης υπολογιστικής μεθοδολογίας να ελεγχθεί το ενδεχόμενο συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών. [5]

Στο σημείο αυτό είναι ανάγκη να εισάγουμε ορισμένες βασικές έννοιες, προκειμένου να εξηγήσουμε στη συνέχεια τη διαδικασία ελέγχου της υγροποίησης των υδρατμών μέσα στο εσωτερικό της κατασκευής.

Ως συντελεστής διαπερατότητας των υδρατμών Δ ορίζεται η ποσότητα των υδρατμών σε Kg, η οποία διέρχεται λόγω διαπίδυσης σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m^2 και πάχος d (m), όταν η διαφορά των μερικών τάσεων των υδρατμών μεταξύ των δύο επιφανειών είναι 1 χιλιοστό στήλης υδραργύρου και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής διαπερατότητας των υδρατμών μετράται σε χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό μέτρο, ανά ώρα και χιλιοστό στήλης υδράργυρου ($\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmQS}$). Για ομοιογενή υλικά ισχύει: [5]

$$\Delta = \frac{\delta}{d} \left[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmQS}) \right] \quad (11.3)$$

Ως αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών $1/\Delta$ ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή διαπερατότητας των υδρατμών. Η αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών μετράται σε $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmQS}/\text{Kg}$. [5]

Η αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών $1/\Delta$ μιας κατασκευής αποτελούμενης από στρώσεις ομογενών υλικών ορίζεται ως: [5]

$$\frac{1}{\Delta} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\Delta_i} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \dots + \frac{d_n}{\delta_n} \quad \left[(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmQS})/\text{kg} \right] \quad (11.4)$$

όπου d_1, d_2, \dots, d_n τα πάχη των διάφορων στρώσεων των υλικών και

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ οι αντίστοιχοι συντελεστές αγωγιμότητας των υδρατμών των υλικών [5]

Ως συντελεστής αγωγιμότητας των υδρατμών δ ορίζεται η ποσότητα των υδρατμών σε Kg, η οποία διέρχεται, λόγω διαπίδυσης (διάχυσης), σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m^2 και πάχος 1m , όταν η διαφορά των μερικών τάσεων των υδρατμών μεταξύ των δύο επιφανειών είναι 1 χιλιοστό στήλης υδράργυρου (1mm QS) και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η μερική τάση των υδρατμών τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής αγωγιμότητας των υδρατμών μετράται σε χιλιόγραμμα ανά μέτρο, ανά ώρα και χιλιοστό στήλης υδράργυρου ($\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmQS}$). [5] Συνδέεται με την αντίσταση διαπίδυσης των υδρατμών, μ , με τη σχέση:

$$\delta = \frac{0,085}{\mu} \left[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmQS}) \right] \quad (11.5)$$

Ως αντίσταση διαπίδυσης των υδρατμών ή ως συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, μ ορίζεται ο αριθμός, ο οποίος δείχνει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η αντίσταση κατά τη διαπίδυση των υδρατμών μέσα από ένα στρώμα ομοιογενούς υλικού από την αντίσταση κατά τη διαπίδυση των υδρατμών μέσα από στρώμα αέρα ίσου πάχους στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών είναι καθαρός αριθμός. [5] Εκφράζει στην ουσία τη δυσκολία με την οποία διαχέονται υδρατμοί διαμέσου της μάζας του υλικού και συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του υλικού. [96] Αντίθετα, όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία.

Έχοντας παρουσιάσει όλες τις απαραίτητες έννοιες, μπορούμε να προχωρήσουμε στη διαδικασία ελέγχου της υγροποίησης των υδρατμών. Πιο συγκεκριμένα για τον έλεγχο της υγροποίησης των υδρατμών μέσα στο εσωτερικό της κατασκευής πρέπει να προσδιοριστούν τόσο οι μερικές τάσεις των υδρατμών, P_n , όσο και οι αντίστοιχες τάσεις των κορεσμένων υδρατμών, P_{sn} , σε συνάρτηση με το πάχος της τοιχοποιίας, δηλαδή οι συναρτήσεις $P_n = f(d)$ και $P_{sn} = f(d)$, αντιστοίχως και να γίνει η γραφική απεικόνισή τους στο ίδιο διάγραμμα.

Όσον αφορά τον υπολογισμό των τάσεων των κορεσμένων υδρατμών, γνωρίζοντας ότι αυτή εξαρτάται από τη θερμοκρασία, αρκεί, λοιπόν, για τον υπολογισμό τους να είναι γνωστή η θερμοκρασία σε κάθε διαχωριστική επιφάνεια των διαφόρων στρώσεων, καθώς και η θερμοκρασία του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.

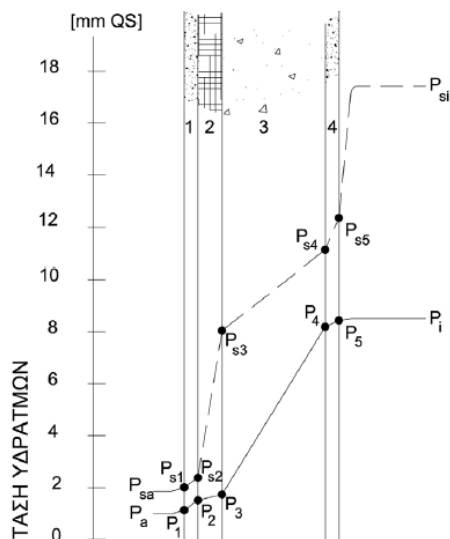
Όσον αφορά τον υπολογισμό των μερικών τάσεων των υδρατμών, προκύπτει ότι η μερική τάση των υδρατμών στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής έχει την ίδια τιμή με τη μερική τάση των υδρατμών στο εξωτερικό περιβάλλον. Η διαφορά των μερικών τάσεων των υδρατμών στα άκρα κάθε στρώσης της κατασκευής, όταν είναι $P_{n+1} > P_n$, δίνεται από τη σχέση : [5]

$$\Delta P_n = P_{n+1} - P_n = \frac{\Delta_n}{\Delta} \cdot (P_i - P_a) \quad (11.6)$$

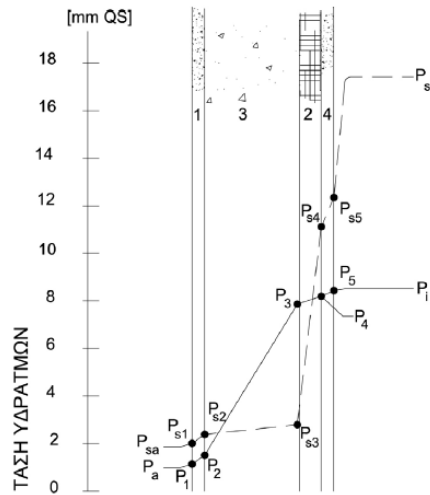
όπου Δ_n είναι ο συντελεστής διαπερατότητας των υδρατμών μιας στρώσης και Δ είναι συντελεστής διαπερατότητας των υδρατμών της κατασκευής. [5]

Γνωρίζοντας, λοιπόν, την μερική τάση της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής και υπολογίζοντας κάθε φορά διαδοχικά τη διαφορά της μερικής πίεσης σε κάθε στρώση μπορούμε να υπολογίσουμε τη μερική πίεση σε κάθε διαχωριστική επιφάνεια των διαφόρων στρώσεων της κατασκευής.

Από το διάγραμμα που πρόκειται να υπολογιστεί από τις γραφικές απεικονίσεις των συναρτήσεων $P_n = f(d)$ και $P_{sn} = f(d)$ δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί η ακριβής θέση του σημείου υγροποίησης μέσα στην κατασκευή, μπορεί να γίνει όμως έλεγχος τις πιθανότητας υγροποίησης των υδρατμών στην κατασκευή. Όταν η μερική τάση των υδρατμών σε κάθε σημείο μέσα στην κατασκευή είναι μικρότερη από την αντίστοιχη τάση των κορεσμένων υδρατμών, τότε οι δύο αυτές καμπύλες δεν τέμνονται. Στην περίπτωση αυτή δεν γίνεται υγροποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό της κατασκευής, όπως φαίνεται και στο σχήμα 11.1. Αντίθετα, όταν οι δύο αυτές καμπύλες τέμνονται, τότε γίνεται υγροποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό της κατασκευής, όπως φαίνεται και στο σχήμα 11.2. [5]



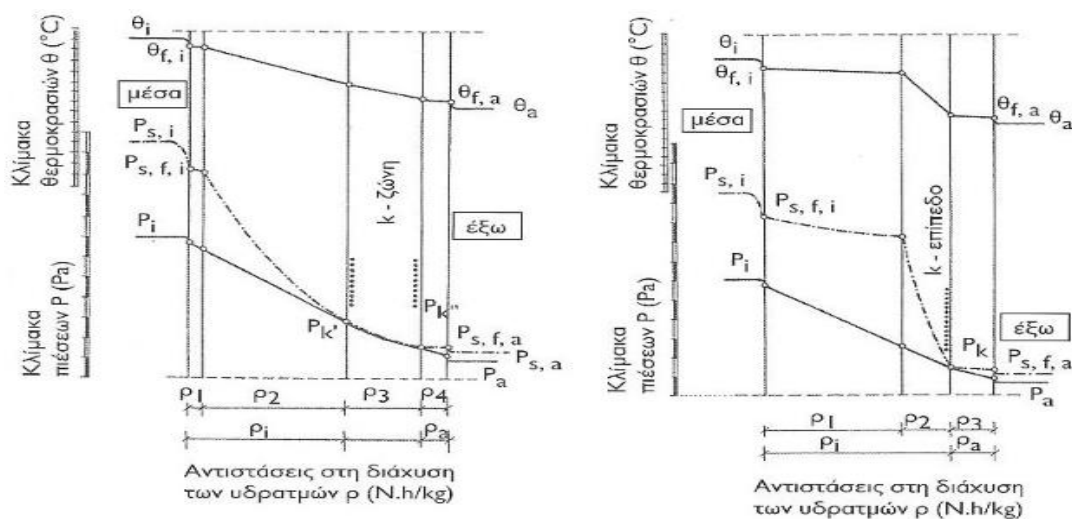
Σχήμα 11.1: Διαγράμματα των μερικών τάσεων των υδρατμών, P_n , και των τάσεων των κορεσμένων υδρατμών, P_{sn} , συναρτήσεως του πάχους των στρώσεων μιας κατασκευής στο εσωτερικό της οποίας δεν γίνεται υγροποίηση των διαχεόμενων υδρατμών [5]



Σχήμα 11.2: Διαγράμματα των μερικών τάσεων των υδρατμών, P_n , και των τάσεων των κορεσμένων υδρατμών, P_{sn} , συναρτήσει του πάχους των στρώσεων μιας κατασκευής στο εσωτερικό της οποίας γίνεται υγροποίηση των διαχεόμενων υδρατμών [5]

Προκειμένου να υπολογιστεί το σημείο μέσα στην κατασκευή, όπου γίνεται η υγροποίηση των υδρατμών κατασκευάζεται διάγραμμα όπου στον οριζόντιο άξονα καταχωρούνται οι αντιστάσεις στη διάχυση υδρατμών $1/\Delta$ και στον κατακόρυφο άξονα οι τάσεις πιέσεων P . Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζεται το διάγραμμα της τάσης των κορεσμένων υδρατμών, P_{sn} , διαμέσου της κατασκευής σε συνάρτηση με την αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών, $1/\Delta$, καθώς και το διάγραμμα της μερικής τάσης των υδρατμών, P_n , διαμέσου της κατασκευής σε συνάρτηση με την αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών, $1/\Delta$. Αν οι δύο καμπύλες συναντηθούν, στη θέση εκείνη θα δημιουργηθεί συμπύκνωση. [5]

Η υγρασία συμπύκνωσης μπορεί να εκτείνεται σε μια ευρύτερη περιοχή, οπότε πρόκειται για ζώνη συμπύκνωσης ή να περιορίζεται σε μια στενή περιοχή, στο διαχωριστικό επίπεδο δύο διαδοχικών στρώσεων όποτε πρόκειται για επίπεδο συμπύκνωσης. Συνήθως, η υγρασία συμπύκνωσης εμφανίζεται στην διεπιφάνεια που ορίζεται από την ψυχρή πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης και της στρώσης που έρχεται σε επαφή με αυτή, [27] διότι εκεί παρατηρείται απότομη πτώση της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια της τάσης κορεσμού, η οποία σε εκείνη τη θέση ταυτίζεται με τη μερική τάση των υδρατμών. [50]



Σχήμα 11.3: Το διάγραμμα της τάσης των κορεσμένων υδρατμών καθώς και το διάγραμμα της μερικής τάσης των υδρατμών σε συνάρτηση με την αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών (ως ρ συμβολίζονται οι αντιστάσεις στη διάχυση των υδρατμών που παραπάνω συμβολίστηκαν ως $1/\Delta$)

Έχει υπολογισθεί για τα ελληνικά δεδομένα, των σχετικά ήπιων κλιματικών συνθηκών, και για συνήθεις καταστάσεις, το ενδεχόμενο να συμπυκνωθούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί είναι μικρό, όπως μικρή είναι η ποσότητα των υδρατμών που θα φτάσουν να συμπυκνωθούν. Η ποσότητα αυτή, όταν αναπτυχθούν ευνοϊκότερες συνθήκες, θα εξατμισθεί και θα επαναποδοθεί στην ατμόσφαιρα. Αλλά και στον ελληνικό χώρο το φαινόμενο παρουσιάζεται εντονότερο και μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στις κατασκευές, όπως για παράδειγμα: [27]

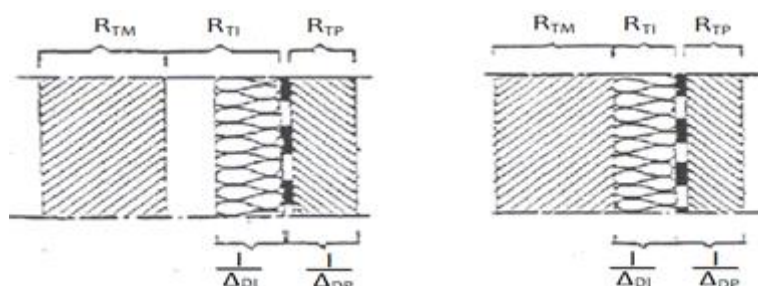
- σε χώρους με δυσμενείς εξωτερικές κλιματικές συνθήκες,
- σε πολύ υγρούς χώρους, όπως μπάνια, κουζίνες, χημικά εργαστήρια,
- σε χώρους με μεγάλο αριθμό ατόμων, που δεν εξαιρίζονται ικανοποιητικά, όπως μπορεί να συμβαίνει σε εκκλησίες, θεατρικές αίθουσες και αίθουσες διαλέξεων, αίθουσες συνάθροισης κοινού κ.α.
- σε χώρους, αδιαφόρως των κλιματικών συνθηκών, οι τοίχοι των οποίων είναι καλυμμένοι στην εξωτερική τους επιφάνεια με στρώσεις πρακτικά αδιαπέραστες από τους υδρατμούς (προστατευτικές επαλείψεις, διακοσμητικά πλακίδια κτλ.) και επίσης,
- σε σύνθετα δομικά στοιχεία με λανθασμένη διαδοχή των στρώσεων τους. [27,50]

Σε όλες τις περιπτώσεις συνήθως το μόνο που απαιτείται είναι να ληφθεί μέριμνα για την εκτόνωση των υδρατμών ή για την ανακοπή της πορείας τους στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, πριν να προλάβουν να φθάσουν στην επικίνδυνη περιοχή. [27]

11.8 Το πάχος της θερμομόνωσης για την αποφυγή συμπυκνώσεων υδρατμών στις τοιχοποιίες [59]

Στις δικέλυφες τοιχοποιίες με ενδιάμεσο διάκενο ή όχι (αεριζόμενο ή μη), δεν θα πρέπει να εμφανίζονται συμπυκνώσεις υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια της θερμομόνωσης. Για την αποφυγή συμπυκνώσεων στην εσωτερική επιφάνεια του θερμομονωτικού υλικού θα πρέπει η θερμική αντίσταση R_{TI} του θερμομονωτικού υλικού (περιλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης του ενδιάμεσου κενού όταν αυτό υπάρχει) να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη της θερμικής αντίστασης R_{TP} του εσωτερικού τοιχώματος. Βάσει αυτού καθορίζεται αναλόγως και το πάχος του μονωτικού υλικού.

Στις δικέλυφες τοιχοποιίες με ενδιάμεσο μη αεριζόμενο διάκενο ή όχι, δεν θα πρέπει να εμφανίζονται συμπυκνώσεις υδρατμών στο πάχος της θερμομόνωσης. Ο κίνδυνος συμπύκνωσης των υδρατμών στο πάχος του θερμομονωτικού υλικού προέρχεται κυρίως από την υπάρχουσα σχετική υγρασία του αέρα στο εσωτερικό των χώρων και αυξάνει όσο χαμηλότερη γίνεται η εξωτερική θερμοκρασία και μειώνεται η θερμική αντίσταση R_{TM} του εξωτερικού στοιχείου του διπλού τοίχου. Ανάλογα με την υγραμετρία των χώρων διακρίνονται τρεις περιπτώσεις για την αποφυγή της συμπύκνωσης των υδρατμών στο πάχος του θερμομονωτικού υλικού. Αν η υγραμετρία των εσωτερικών χώρων W/N είναι μικρότερη των 5 gr/m^3 δεν εφαρμόζονται ιδιαίτεροι κανόνες, θα πρέπει όμως η θερμική αντίσταση R_{TI} του θερμομονωτικού υλικού (περιλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης του ενδιάμεσου κενού όταν αυτό υπάρχει) να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη της θερμικής αντίστασης R_{TP} του εσωτερικού τοιχώματος. Εφόσον οι εσωτερικοί χώροι έχουν έντονη υγραμετρία, για να αποφευχθούν οι συμπυκνώσεις στο πάχος του θερμομονωτικού υλικού, θα πρέπει η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών $1/\Delta_{DP}$ του εσωτερικού στοιχείου (ενδεχομένως συμπληρωμένο με φράγμα υδρατμών) να είναι τέτοια ώστε $\Delta_{DP} < 0,60 \text{ gr/m}^2\text{hmmHg}$. Στην περίπτωση τοποθέτησης φράγματος υδρατμών μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και του εσωτερικού τοίχου, αυτό παρεμποδίζει τη διάχυση υδρατμών διαμέσου του δομικού στοιχείου. Τέλος, αν η υγραμετρία των χώρων είναι πολύ έντονη απαιτείται ιδιαίτερη μελέτη.



Σχήμα 11.4: Θερμικές αντιστάσεις και αντιστάσεις στη διάχυση υδρατμών, των δομικών στρώσεων μιας δικέλυφης τοιχοποιίας [59]

11.9 Το φράγμα υδρατμών

Όταν γίνεται υγροποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό κατασκευής, για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο, πρέπει να τοποθετηθεί μια πρόσθετη στρώση, η οποία ονομάζεται φράγμα υδρατμών. Το φράγμα υδρατμών πρέπει να τοποθετείται πριν από τη στρώση στην οποία γίνεται η υγροποίηση των υδρατμών, κατά την κατεύθυνση της διάχυσης των υδρατμών. [5]

Τα φράγματα υδρατμών πρόκειται για υλικά που έχουν πολύ υψηλές τιμές της αντίστασης διάχυσης των υδρατμών, μ , και παρεμποδίζουν τη διέλευση τους μέσα από τη μάζα του δομικού στοιχείου. [27] Ως τέτοια υλικά χρησιμοποιούνται οι διάφοροι τύποι ασφαλτοπάνων, ασφαλτόχαρτα, πισσόχαρτα, ασφαλικές επαλείψεις, φύλλα από αλουμίνιο, φύλλα πολυαιθυλενίου και άλλων πλαστικών υλών, πλαστικά υλικά με τη μορφή λωρίδων και πλαστικά χρώματα μη υδατοπερατά μαρμάρινες επικαλύψεις κτλ. [5,27]

Οι τιμές του συντελεστή μ των υλικών κυμαίνονται σε ένα πολύ μεγάλο εύρος. Έτσι, υλικά όπως τα ασφαλτόπανα, τα πλαστικά φύλλα, το γυαλί ή το φύλλο αλουμινίου επιτρέπουν απειροελάχιστα ως καθόλου τη διέλευση των υδρατμών μέσα από τη μάζα τους και λειτουργούν ως φράγμα υδρατμών. Άλλα υλικά, όπως τα κεραμικά πλακίδια, τα πλακίδια υαλοπηφίδων και οι ορθομαρμαρώσεις προβάλλουν υψηλότερη από τα άλλα υλικά αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών και μπορεί να λειτουργήσουν ως φράγμα υδρατμών σε ένα δομικό στοιχείο, του οποίου τα υλικά των υπολοίπων στρώσεων προβάλλουν πολύ μικρότερη αντίσταση. Ομοίως, μεγάλη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζουν οι διάφορες ασφαλικές επαλείψεις και ορισμένες αδιάβροχες βαφές που δεν είναι υδρατμοδιαπερατές. [27]

11.10 Το φράγμα υδρατμών και η 'αναπνοή' των εξωτερικών τοιχοποιιών

Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα το φράγμα υδρατμών στο εσωτερικό ενός τοίχου μιας συμβατικής κατοικίας δεν έχει αποδειχτεί ότι είναι απαραίτητο. [50] Βασική αρχή είναι να αφήνεται το δομικό στοιχείο να 'αναπνέει' ελεύθερα και τίποτα να μην παρεμποδίζει τη διάχυση των υδρατμών μέσα από τις στρώσεις του. Ακόμη και αν παρατηρηθεί συμπύκνωση μικρής ποσότητας των υδρατμών, αυτή όταν αναπυχθούν ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες, θα εξατμισθεί και θα επαναποδοθεί στην ατμόσφαιρα. [27]

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών μπορεί να κριθεί απαραίτητη, όπως όταν υπάρχει κάποια άλλη στρώση στην τοιχοποιία η οποία έχει τοποθετηθεί για διαφορετικούς λόγους αλλά λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών, [27] όταν οι χώροι είναι υγροί ή όταν παρουσιάζεται υγροποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό της κατασκευής η οποία δεν αντιμετωπίζεται με άλλον τρόπο. Αν κριθεί απαραίτητη η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών, θα πρέπει να γίνει ύστερα από μελέτη, ώστε να αποβεί επωφελής για την κατασκευή, διότι ανάλογα με τη θέση μιας στρώσης που λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών, με τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων στρώσεων, με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας και με τη χρήση του χώρου, το φράγμα υδρατμών μπορεί να αποβεί επωφελές ή επιζήμιο για μια κατασκευή. [50]

Στόχος, σε κάθε περίπτωση είναι η σειρά των στρώσεων των υλικών στα διάφορα δομικά στοιχεία να είναι τέτοια ώστε αφενός να δημιουργείται ένα άνετο, σταθερό και υγιεινό εσωκλίμα για τους χρήστες στους εσωτερικούς χώρους και αφετέρου η κατασκευή να λειτουργεί με τις μικρότερες δυνατές καταπονήσεις. [27]

Στην κατεύθυνση αυτή παρουσιάζονται ορισμένοι βασικοί κατασκευαστικοί κανόνες, βάσει των οποίων κρίνεται η τοποθέτηση ή όχι φράγματος υδρατμών αλλά και στην περίπτωση που επιλέγεται η χρήση αυτού, κρίνεται η ευνοϊκή ή η επιζήμια τοποθέτηση του.

- Στη περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης ενός δομικού στοιχείου περιορίζεται στο ελάχιστο ο κίνδυνος να σχηματισθεί συμπύκνωση λόγω διάχυσης των υδρατμών, και προφανώς δεν απαιτείται η χρήση φράγματος υδρατμών. [27]
- Σε μια τοιχοποιία που ευνοεί τη διάχυση των υδρατμών η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών έχει δυσάρεστες συνέπειες. Παρεμποδίζει τη διέλευση των υδρατμών και αναστέλλει την ικανότητα εξατμισοδιαπνοής της τοιχοποιίας. Κατά γενική αρχή όσο μικρότερη είναι η αντίσταση της διατομής στη διάχυση των υδρατμών, τόσο μεγαλύτερη δυνατότητα εξατμίσεως έχει η υγρασία και αντίστροφα. [50]
- Η θέση του φράγματος υδρατμών, όταν αυτό επιλέγεται για την προστασία της κατασκευής, να τοποθετείται από τη θερμή πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης. Είναι λανθασμένη ενέργεια η τοποθέτηση ενός πρακτικά αδιαπέραστου από τους υδρατμούς υλικού στην ψυχρή της πλευρά. [27]

- Σε μια τοιχοποιία (με θερμομόνωση πυρήνα ή με εσωτερική θερμομόνωση) υγρού χώρου με μεγάλο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, το φράγμα υδρατμών μπορεί να είναι ευεργετικό για μια ευαίσθητη θερμομονωτική στρώση, όταν τοποθετηθεί πριν από αυτή και όσο το δυνατό πλησιέστερα προς την εσωτερική πλευρά του τοίχου. Οι υδρατμοί του εσωτερικού χώρου παρεμποδίζονται να φτάσουν στη θερμομονωτική στρώση, συγκρατούνται στις προηγούμενες στρώσεις και επαναποδίδονται στον εσωτερικό χώρο όταν μειωθεί η σχετική του υγρασία. [50]
- Αντίθετα, σε μια τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα ή με εσωτερική θερμομόνωση είναι λανθασμένη ενέργεια η τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών μετά τη θερμομονωτική στρώση. Το φράγμα υδρατμών σε αυτή τη περίπτωση όχι μόνο θα εμποδίσει την αναπνοή της τοιχοποιίας αλλά θα συμβάλλει αποφασιστικά και στη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών. [27] Οι υδρατμοί που διεισδύουν στο δομικό στοιχείο συμπυκνώνονται στην επιφάνεια του φράγματος υδρατμών, προσβάλλουν τη θερμομονωτική στρώση και μειώνουν ή και αχρηστεύουν ακόμη τις θερμομονωτικές της ιδιότητες. [50]
- Στις δικέλυφες τοιχοποιίες με αεριζόμενο διάκενο και θερμομόνωση πυρήνα δεν πρέπει να τοποθετείται φράγμα υδρατμών, καθώς με την τοποθέτηση αυτού στην ουσία ακυρώνεται η λειτουργία του αεριζόμενου διακένου το οποίο απομακρύνει τους διαχεόμενους μέσω του εσωτερικού κελύφους υδρατμούς.
- Σε μια δικέλυφη τοιχοποιία από οπτόπλινθους με θερμομόνωση στον πυρήνα και με μια εξωτερική, δυσδιάβατη από τους υδρατμούς, επένδυση (όπως εφυσαλωμένα κεραμικά πλακίδια, μαρμάρινες επικαλείψεις, ασφαλτικές επαλείψεις) οι υδρατμοί θα διέλθουν πρακτικά ανεμπόδιστα όλες τις στρώσεις, διαχεόμενοι από τον εσωτερικό προς τον εξωτερικό χώρο, αλλά θα συναντήσουν υψηλή αντίσταση στην τελευταία στρώση της επένδυσης, η οποία λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών. Καθώς μάλιστα ως εξωτερική στρώση βρίσκεται στην περιοχή χαμηλών θερμοκρασιών της τοιχοποιίας, ο κίνδυνος συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών θα είναι υψηλός, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες. Για την αποφυγή του προβλήματος ένα δεύτερο φράγμα υδρατμών που θα προβάλλει την ίδια ή υψηλότερη αντίσταση στους διαχεόμενους υδρατμούς, μπορεί να τοποθετείται είτε στην εσωτερική πλευρά του τοίχου υπό μορφή διακοσμητικών πλακών, είτε στην εσωτερική πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης υπό μορφή ασφαλικών ή πλαστικών μεμβρανών. Κατά τον ίδιο τρόπο μπορεί να λειτουργήσει και μια τοιχοποιία με εσωτερική θερμομόνωση και εξωτερική δυσδιάβατη από τους υδρατμούς επένδυση. [27]
- Όταν σε ένα δομικό στοιχείο η φορά της διάχυσης των υδρατμών αντιστραφεί, όταν δηλαδή οι υδρατμοί διαχέονται από την εξωτερική προς την εσωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου, τότε ένα ευνοϊκό φράγμα σε μια τοιχοποιία μπορεί αναπάντεχα να αποβεί επιζήμιο, επειδή πλέον αντί να αποτρέπει, θα προκαλεί τη συμπύκνωση των υδρατμών. [27] Αν, δηλαδή, η φορά της διάχυσης των υδρατμών δεν παραμένει ίδια σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι προτιμότερο το φράγμα να αποφευχθεί ή να τοποθετηθεί και από τις δύο όψεις της θερμομόνωσης. [50] Ωστόσο, σε συνήθεις κατασκευές το φαινόμενο αυτό πολύ σπάνια συναντάται στη χώρα μας επειδή κατά τη θερινή περίοδο και για σημαντικό μέρος της ημέρας τα παράθυρα παραμένουν ανοικτά, επιτρέποντας έτσι την επικοινωνία του αέρα εσωτερικού-εξωτερικού χώρου και αποτρέποντας την εμφάνιση τόσο μεγάλων θερμοκρασιακών και υγρασιακών διαφορών. [27]

11.11 Στεγανοποιητική προστασία οροφών

Η στεγανοποιητική στρώση είναι ίσως η πιο σημαντική στρώση για μία οροφή, διότι από αυτήν εξαρτάται και η καλή λειτουργία των υπολοίπων στρώσεων. Στόχο έχει να προστατεύει την κατασκευή από τα νερά της βροχής. Στη συμβατική οροφή η στεγανοποιητική στρώση είναι υπερκείμενη της θερμομονωτικής, ενώ στην αντεστραμμένη συμβαίνει το αντίθετο. Ωστόσο, και στους δύο τύπους οροφών μπορεί να κατασκευασθεί με τον ίδιο τρόπο και από τα ίδια υλικά.

Το υπόστρωμα, επάνω στο οποίο θα εφαρμοσθεί η στεγανοποιητική στρώση, θα πρέπει να είναι στεγνό και καθαρό, απαλλαγμένο από υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χρώματα, σαθρά υλικά, λιπαντικά (γράσα), λάδια, σκόνες και άλλα ξένα σώματα. Πρέπει επίσης να αποτελείται από στερεά και ομογενή υλικά και να μην έχει προεξέχοντα σύρματα ή σίδερα (π.χ. φουρκέτες). Η επιφάνεια θα πρέπει γενικώς να είναι επίπεδη και λεία, όχι όμως και σιλπνή, διότι δυσκολεύεται η πρόσφυση του ασφαλικού υλικού. [50]

Η στεγανοποιητική στρώση στα συμβατικά δώματα εφαρμόζεται συνήθως πάνω από τη στρώση των κλίσεων και κάτω από συνδετικά κονιάμα όπως ασβεστοσιμεντοκονίαμα ή και κάτω από κονιάματα όπως γαρμπιλόδεμα. Επίσης, η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να εφαρμόζεται πάνω από τη στρώση των κλίσεων και να αποτελεί και την τελική επίστρωση του δώματος. [21,23,29,30,31,38] Επιπλέον, όταν ως στεγανοποιητικό υλικό χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες, αυτό μπορεί να εφαρμόζεται και πάνω από τη θερμομονωτική στρώση, ενώ πάνω από αυτό μπορεί να ακολουθεί η στρώση των κλίσεων, άλλες στρώσεις κονιαμάτων όπως γαρμπιλόδεμα, στρώση από χαλίκι, ή και ακόμη να μένει ελεύθερο αποτελώντας την τελική επίστρωση της οροφής. [21,30,31,33,66] Στην περίπτωση αντεστραμμένου δώματος, η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται συνήθως πάνω από τη στρώση των κλίσεων και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. [30,31,39] Αν η στρώση των κλίσεων βρίσκεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση, τότε το στεγανοποιητικό υλικό εφαρμόζεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη μόνωση. [29] Όταν η οροφή είναι θερμομονωμένη κάτω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή είναι κατασκευασμένη από δοκιδωτή φέρουσα πλάκα, η στεγανοποιητική στρώση μπορεί να εφαρμόζεται πάνω από τη στρώση των κλίσεων και κάτω από συνδετικά κονιάματα ή πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από τη στρώση των κλίσεων. Εναλλακτικά μπορεί να μένει ελεύθερη και να αποτελεί την τελική επίστρωση της οροφής. [23,29,31,66] Στην περίπτωση δωματίων των οποίων η στρώση των κλίσεων κατασκευάζεται από θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, το οποίο παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή, η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από αυτό και κάτω από συνδετικά κονιάματα όπως τσιμεντοκονιάματα ή μένει ελεύθερη ως τελική επίστρωση. [16] Τέλος, στην περίπτωση αεριζόμενων δωματίων η στεγανοποιητική στρώση πρέπει να εφαρμόζεται στο εξωτερικό κέλυφος της κατασκευής. [50] Οριζόντιες οροφές με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος που βρίσκονται κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες μπορεί να απαιτούν στεγανοποιητική προστασία, όταν αυτή δεν έχει προβλεφτεί στην κεκλιμένη στέγη. Το στεγανοποιητικό υλικό μπορεί να εφαρμόζεται πάνω από τη στρώση των κλίσεων και να αποτελεί και την τελική επίστρωση της οροφής. [23]

Στις κεκλιμένες συμβατικές στέγες κατασκευασμένες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος η στεγανοποιητική στρώση τοποθετείται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από την τελική επικάλυψη της στέγης ή και κάτω από ένα ξύλινο σκελετό με σκοπό τη στερέωση της τελικής επικάλυψης. [23,50,70] Σε άλλες περιπτώσεις, η στεγανοποιητική αυτή στρώση μπορεί να αποτελέσει και την τελική επίστρωση της οροφής [66], ενώ άλλοτε όταν η στέγη είναι αεριζόμενη πάνω από αυτή δημιουργείται ένα αεριζόμενο διάκενο. [28,66] Στις αντεστραμμένες κεκλιμένες στέγες η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. [28,29,39,50] Στην περίπτωση όπου πάνω από τη κεκλιμένη φέρουσα πλάκα διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από αυτή, και στη συνέχεια μπορεί να ακολουθούν στρώσεις όπως και στην περίπτωση της συμβατικής κεκλιμένης στέγης που περιγράφηκε παραπάνω. [16] Τέλος, στις κεκλιμένες στέγες με εσωτερική θερμομόνωση, η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από τη φέρουσα πλάκα και στην συνέχεια αναλόγως του επιθυμητού αποτελέσματος μπορεί η τελική διαμόρφωση να γίνει όπως και στη περίπτωση της κεκλιμένης συμβατικής στέγης. [66]

Στις ξύλινες συμβατικές στέγες, η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από την τελική επικάλυψη της στέγης όπως κεραμίδια, ή κάτω από έναν ξύλινο σκελετό με σκοπό την τοποθέτηση της τελικής επικάλυψης ή ακόμη και κάτω από ένα αεριζόμενο διάκενο στην περίπτωση αεριζόμενης συμβατικής στέγης. [28,31,70] Εναλλακτικά, αν πάνω από τη θερμομονωτική στρώση ακολουθεί ένα ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα), τότε η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από αυτό και στη συνέχεια μπορεί η τελική διαμόρφωση της στέγης να γίνει με τις παραπάνω πιθανές στρώσεις. [50] Στην περίπτωση, αντεστραμμένης ξύλινης στέγης, η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από το πέτσωμα και κάτω από το μονωτικό υλικό. [28,39]

Τόσο στις κεκλιμένες στέγες οπλισμένου σκυροδέματος όσο και στις ξύλινες στέγες, οι οποίες κατασκευάζονται αεριζόμενες με δύο ζώνες αερισμού, η στεγανοποιητική προστασία δεν εφαρμόζεται με τους παραπάνω τρόπους αλλά αντί αυτής τοποθετείται ένα διάφραγμα το οποίο πρόκειται συνήθως για ασφαλική μεμβράνη ή μεμβράνη PVC ή ακόμη και ασφαλική μεμβράνη με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου. Το διάφραγμα αυτό αποσκοπεί τόσο στη δημιουργία των δύο ζωνών αερισμού όσο και στη απορροφή των υδάτων που μπορεί να διαπεράσουν από τα κεραμίδια της στέγης. [70]

Τέλος, στεγανοποιητική προστασία απαιτείται και για τις μεταλλικές οροφές. Η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και κάτω από μία στρώση από χαλίκι ή από χυτό άοπλο σκυρόδεμα, ή ακόμη μπορεί να μείνει και ελεύθερη και να αποτελέσει την τελική επίστρωση της οροφής. [39,79] Όταν πάνω από την οροφή λαμαρίνας διαστρωθεί θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, τότε η στεγανοποιητική στρώση εφαρμόζεται πάνω από αυτό και αποτελεί και την τελική επικάλυψη της οροφής. [16]

Σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορεί πλήθος στεγανοποιητικών υλικών με ποικίλη προέλευση και ποικίλα χαρακτηριστικά. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού γίνεται από τη συνεκτίμηση διάφορων παραγόντων όπως είναι ο τύπος της κατασκευής, οι απαιτήσεις τοποθέτησης, το κόστος, η διάρκεια ζωής και οι κλιματικές συνθήκες. Τα συνηθέστερα στεγανοποιητικά υλικά είναι τα ασφαλτικά γαλακτώματα, οι ασφαλτικές μεμβράνες και ορισμένες πλαστικές μεμβράνες, με προτίμηση στις τελευταίες δύο κατηγορίες υλικών λόγω των καλύτερων χαρακτηριστικών τους. [50]

Στην περίπτωση χρήσης ασφαλτικού γαλακτώματος, στο υπόστρωμα που έχει ετοιμασθεί να δεχθεί τη στεγανοποιητική στρώση, θα πρέπει να προηγηθεί μια προεπάλειψη με ασφαλτικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλτικό γαλάκτωμα, πάχους περίπου 1mm. Η προεπάλειψη έχει διπλό στόχο, αφενός να βοηθήσει στην καλύτερη πρόσφυση της κύριας επάλειψης στο υπόστρωμα και αφετέρου να εισχωρήσει, λόγω της μεγαλύτερης ρευστότητας που έχει, μέσα στους επιφανειακούς πόρους του υποστρώματος και να σχηματίσει μια ισχυρή ενδιάμεση στεγανοποιητική στρώση. Για την κύρια επάλειψη χρησιμοποιείται ασφαλτικό γαλάκτωμα. Μπορεί να γίνει είτε εν θερμώ με δύο τουλάχιστον στρώσεις, είτε εν ψυχρώ με τρεις, πάχους περίπου 2-3mm κάθε στρώση και αφού προηγουμένως έχει στεγνώσει η προηγούμενη. [50] Η λύση αυτή προτιμάται κυρίως σε δώματα και εφαρμόζεται πάνω στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή πάνω από τη στρώση των κλίσεων. Ένα ενδεικτικό πάχος της στεγανοποιητικής αυτής στρώσης είναι αυτό του 1cm. [30] Αν η στεγανοποιητική στρώση αποτελεί και την τελική επικάλυψη του δώματος, το ασφαλτικό υλικό θα πρέπει να προστατευτεί από την επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, με την επάλειψη συνθετικού βερνικιού ή γαλακτώματος ή με την επάλειψη χρώματος αλουμινίου. [50]

Συνήθως, ως στεγανοποιητικά υλικά επιλέγονται οι διαφόρων τύπων ασφαλτικές μεμβράνες. Τα στεγανοποιητικά αυτά υλικά χρησιμοποιούνται τόσο σε δώματα όσο και σε κεκλιμένες στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, σε ξύλινες στέγες καθώς και σε μεταλλικές οροφές. [31,66,70,79,114] Η χρήση ασφαλτικών μεμβρανών αποτελεί μια από τις ασφαλέστερες μεθόδους στεγανοποίησης οροφών, αρκεί να αποφευχθούν λάθη και παραλήψεις κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι στεγανοποιητικές μεμβράνες διαστρώνονται συνήθως σε δύο ή περισσότερες στρώσεις. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου μεμβράνης εξαρτάται από τις απαιτήσεις της κατασκευής. Εφόσον η στεγανοποιητική στρώση είναι και τελική επικάλυψη του δώματος, είναι απαραίτητο να φέρει η ίδια επικολλημένη στρώση ψηφίδων ορυκτής προέλευσης ή φύλλο αλουμινίου (επικολλημένο), που θα την προστατεύει από την γήρανση και την καταστροφή που προκαλεί η υπεριώδης ακτινοβολία. Γενικά, στα δώματα προτιμάται η χρήση των ελαστομερών και πλαστομερών ασφαλτόπανων έναντι των κοινών που χρησιμοποιούνται για την προστασία άλλων δομικών στοιχείων, λόγω των μεγάλων καταπονήσεων που υφίστανται από τις συστολοδιαστολές του υποστρώματος. [50] Το πάχος της στεγανοποιητικής στρώσης με ασφαλτικές μεμβράνες εξαρτάται από τις στρώσεις που θα διαστρωθούν, από τον τύπο του υλικού και από τις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος της στεγανοποιητικής αυτής στρώσης μπορεί να είναι 0,4cm, 0,5cm, 0,8cm και 1cm. [16,23,30,33,39]



Σχήμα 11.5: Στεγανοποίηση δώματος με ασφαλτικές μεμβράνες

Καλή στεγανοποιητική προστασία προσφέρουν και οι πλαστικές μεμβράνες PVC οι οποίες βρίσκουν εφαρμογές στους διάφορους τύπου οροφών, σε δώματα, σε κεκλιμένες μπετονένες στέγες, σε ξύλινες στέγες καθώς και σε μεταλλικές οροφές. Οι μεμβράνες PVC χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου η στεγανοποιητική στρώση τοποθετείται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση. [66,115] Έχουν ελάχιστο πάχος 1,2mm και αναλόγως των απαιτήσεων σε καταπονήσεις χρησιμοποιούνται στα τυποποιημένα πάχη των 1,5mm, 1,8mm, 2mm και 2,4mm. [115] Ένα άλλο πλαστικό φύλλο που χρησιμοποιείται στα δώματα είναι το φύλλο πολυαιθυλενίου το οποίο αν και έχει στεγανωτικές ικανότητες, ο ρόλος του είναι κυρίως προστατευτικός. Στην περίπτωση που ως θερμομονωτικό υλικό σε ένα δώμα (οριζόντια οροφή) επιλεγεί υλικό που προσβάλλεται από την υγρασία και η στρώση των κλίσεων διαστρωθεί πάνω από αυτό, θα πρέπει μεταξύ των δύο να μεσολαβήσει μια προστατευτική μεμβράνη για προστασία από τα νερά της κατασκευής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται φύλλο πολυαιθυλενίου, το πάχος του οποίου μπορεί να ισούται ενδεικτικά με 0,02cm και 0,06cm. [50,66]

11.11.1 Το φράγμα υδρατμών στις οροφές

Στις οροφές το ρόλο του φράγματος υδρατμών παίζει κατ'αρχήν η εξωτερική στεγανοποιητική στρώση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η στεγανοποιητική στρώση όπως παρεμποδίζει τη διείσδυση των νερών της βροχής μέσα στη μάζα των στρώσεων του δομικού στοιχείου, έτσι παρεμποδίζει και τη διέλευση των διαχεόμενων υδρατμών από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Το φαινόμενο της διάχυσης των υδρατμών εξεξηγήθηκε ήδη παραπάνω. Επαναλαμβάνουμε εδώ για λόγους πληρότητας ότι οι υδρατμοί που παράγονται στο εσωτερικό ενός χώρου διαχέονται μέσω των δομικών στοιχείων που το περιβάλλουν και τείνουν να εκτονωθούν προς τους γειτονικούς χώρους και προς το εξωτερικό περιβάλλον, προκειμένου οι αναπτυσσόμενες πιέσεις επί των εσωτερικών επιφανειών των δομικών στοιχείων, λόγω της συγκέντρωσης των υδρατμών στο χώρο αυτό, να εξισωθούν με τις πιέσεις που ασκούνται στην εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων. Οι διαχεόμενοι αυτοί υδρατμοί παγιδεύονται μέσα στις οροφές και δημιουργούν προβλήματα υγρασίας, όταν συναντήσουν αδιαπέραστη στρώση που παρεμποδίζει την πορεία τους, δηλαδή τη στεγανοποιητική στρώση. Τότε οι διαχεόμενοι υδρατμοί συμπυκνώνονται, όταν η θερμοκρασία των πόρων των υλικών, διάμεσου των οποίων διαχέονται είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου (θερμοκρασία κορεσμού) των διαχεόμενων υδρατμών. Ο κίνδυνος αυτός είναι τόσο μεγαλύτερος, όσο προς την ψυχρότερη πλευρά του δομικού στοιχείου βρίσκεται η στρώση αυτή, όσο δηλαδή βρίσκεται προς την εξωτερική του επιφάνεια.

Η συγκεντρωμένη ποσότητα συμπυκνούμενων υδρατμών κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση είναι ιδιαίτερα βλαπτική για το δομικό στοιχείο, αφενός διότι προσβάλλονται οι στρώσεις που βρίσκονται κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση από την υγρασία των συμπυκνούμενων υδρατμών και αφετέρου διότι οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι δυνατό να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στο στεγανοποιητικό υλικό. Αν μάλιστα οι συμπυκνωθέντες υδρατμοί περιέλθουν και πάλι σε αέρια φάση (δηλαδή ξαναγίνουν υδρατμοί), λόγω απότομης αύξησης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του δώματος (επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας) οι αναπτυσσόμενες τάσεις γίνονται πολύ υψηλές, δεδομένου ότι ο όγκος των παραγόμενων υδρατμών είναι πολλαπλάσιος του όγκου που αυτοί καταλαμβάνουν στην υγρή τους φάση (ως νερό). Από τις σχισμές που θα προκληθούν στο στεγανοποιητικό υλικό υπάρχει κίνδυνος να διεισδύσουν τα νερά της βροχής και η κατάσταση να γίνει ακόμη δυσμενέστερη.

Προκειμένου να αποφευχθεί το φαινόμενο, είναι σκόπιμο να ανακόπτεται η πορεία των υδρατμών σε προηγούμενη θέση, προς τη θερμή πλευρά του δομικού στοιχείου και πριν ακόμη η θερμοκρασία των πόρων του υλικού φτάσει να είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου των υδρατμών. Στη θέση αυτή τοποθετείται τότε ένα άλλο υλικό, που λειτουργεί επίσης ως φράγμα υδρατμών, προβάλλει μεγαλύτερη ή τουλάχιστον ίση αντίσταση στην διάχυση των υδρατμών με αυτή της στεγανοποιητικής στρώσης και ανακόπτει την πορεία τους προς τις υπόλοιπες στρώσεις του δομικού στοιχείου. Οι συγκεντρωμένοι υδρατμοί σε αυτή τη θέση δε φθάνουν σε κατάσταση κορεσμού, επειδή η θερμοκρασία της διατομής είναι ακόμη σε υψηλά επίπεδα. Όταν εκλείψουν οι λόγοι που προκάλεσαν τη διάχυση των υδρατμών, τότε αυτοί ακολουθούν την αντίθετη πορεία και επαναποδίδονται στο χώρο.

Το φράγμα δύναται να τοποθετηθεί σε συμβατικού τύπου οροφές καθώς και σε οροφές με εσωτερική θερμομόνωση. Αντιθέτως, στις αντεστραμμένες οροφές δεν απαιτείται η χρήση κάποιας άλλης στρώσης που

θα λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών. Η ίδια η στεγανοποιητική στρώση, λόγω της θέσης της στη διατομή, επιτελεί και αυτό το έργο καθώς βρίσκεται σε υποκείμενη θέση της θερμομόνωσης, δηλαδή βρίσκεται από τη θερμή της πλευρά. [50]

Σύμφωνα με τις ελληνικές προδιαγραφές η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών σε οροφές είναι υποχρεωτική όταν ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται ινώδες μονωτικό υλικό όπως υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας και ορυκτοβάμβακας, δηλαδή όταν χρησιμοποιούνται μονωτικά υλικά που προσβάλλονται από την υγρασία. [66,70] Επίσης, για την ορθή λειτουργία της συμβατικής υγρομόνωσης, ακόμη και για μονωτικά υλικά που δεν προσβάλλονται εύκολα από την υγρασία όπως αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη και διογκωμένη πολυστερίνη, απαιτείται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών όταν ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου παρουσιάζει έντονη και πολύ έντονη υγραμετρία ($>5 \text{ gr/m}^3$). [66,70,79] Η έννοια της υγραμετρίας των χώρων αναλύθηκε ήδη στην παράγραφο 11.3, όπου ορίστηκαν και οι κατηγορίες κτιρίων αναλόγως της υγραμετρίας που παρουσιάζουν. Επίσης, μπορεί να γίνεται και έλεγχος της πιθανότητας υγροποίησης των υδρατμών μέσα στην κατασκευή μέσω διαγραμμάτων όπου απεικονίζονται οι καμπύλες της μερικής τάσης και της τάσης των κορεσμένων υδρατμών συναρτήσει του πάχους της κατασκευής όπως περιγράφηκε για την περίπτωση των τοιχοποιιών. [5] Σε κάθε περίπτωση, η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών στην οροφή δε θα λειτουργήσει αρνητικά, όπως μπορεί να λειτουργήσει σε μια τοιχοποιία, με την προϋπόθεση βέβαια της σωστής τοποθέτησης του, δηλαδή κάτω από τη θερμομονωτική στρώση από τη θερμή της πλευρά. [50] Τέλος, σε αεριζόμενα δώματα και στέγες δεν πρέπει να τοποθετείται φράγμα υδρατμών, καθώς αυτό εμποδίζει την απομάκρυνση των διαχεόμενων υδρατμών από τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, μέσω του αεριζόμενου διακένου, με την προϋπόθεση ότι επιτυγχάνεται επαρκής εξαερισμός αυτού. [50,63] Διαφορετικά, αν μέσω του αεριζόμενου διακένου δεν επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος αερισμός τότε θα πρέπει να τοποθετείται φράγμα υδρατμών βάσει των παραπάνω κανόνων. [63,70]

Στα συμβατικά δώματα το φράγμα υδρατμών τοποθετείται είτε πάνω από την φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση είτε πάνω από τη στρώση των κλίσεων και κάτω από το μονωτικό υλικό. [31,33,66] Ως πλέον κατάλληλη θεωρείται η θέση ανάμεσα στον φέροντα οργανισμό και στο θερμομονωτικό υλικό. [50] Στην περίπτωση που ως στρώση κλίσεων επιλέγεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, το οποίο παράλληλα προσφέρει θερμική προστασία στην οροφή, τότε το φράγμα υδρατμών τοποθετείται κάτω από αυτό και πάνω από τη φέρουσα πλάκα. [16] Στις κεκλιμένες συμβατικές στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα και κάτω από το μονωτικό υλικό. Τόσο σε δώματα όσο και σε κεκλιμένες στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται εσωτερικά, δηλαδή κάτω από τη φέρουσα πλάκα, τότε το φράγμα υδρατμών παρεμβάλλεται μεταξύ πάνω των πλακών της αναρτώμενης ψευδοροφής και της θερμομονωτικής στρώσης. [50,66] Στις ξύλινες συμβατικές στέγες, το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πάνω από το πέτωμα και κάτω από τη θερμομονωτική στρώση. Επίσης, στην περίπτωση που το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες, το φράγμα υδρατμών μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από το πέτωμα και πάνω από αυτούς. [28,50,70] Τέλος, στις μεταλλικές στέγες το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πάνω από το μεταλλικό φέροντα οργανισμό (τραπεζοειδή χαλυβδοελάσματα) και κάτω από το μονωτικό υλικό. [79]

Το ρόλο του φράγματος υδρατμών αναλαμβάνει συνήθως να παίξει μια ασφαλική επάλειψη, μια ασφαλική μεμβράνη ή και μια πλαστική μεμβράνη. Όταν ως φράγμα υδρατμών επιλέγεται η χρήση ασφαλικού γαλακτώματος, στο υπόστρωμα πάνω στο οποίο θα εφαρμοσθεί, θα πρέπει να προηγηθεί μια προεπάλειψη με ασφαλικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλικό γαλάκτωμα, πάχους περίπου 1mm, με στόχο την καλύτερη πρόσφυση της κύριας επάλειψης στο υπόστρωμα. Για την κύρια επάλειψη χρησιμοποιείται κάποιο διάλυμα ασφαλικού γαλακτώματος το οποίο διαστρώνεται σε δύο με τρεις στρώσεις πάχους περίπου 2-3mm κάθε μία. Η λύση αυτή προτιμάται κυρίως σε δώματα και εφαρμόζεται πάνω στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ή πάνω από τη στρώση των κλίσεων και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό. [50]

Τα συνηθέστερα και προτιμότερα υλικά τα οποία λειτουργούν ως φράγμα υδρατμών για τις διαφόρων τύπων οροφές είναι οι ασφαλικές μεμβράνες. [16,31,66,70,79] Οι στεγανοποιητικές μεμβράνες μπορούν να διαστρώνονται σε μία, σε δύο ή και περισσότερες στρώσεις. Συνήθως, βέβαια, αρκεί μια σειρά ασφαλτόπανων. [50] Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κοινά σφαλτόπανα, ασφαλτόχαρτα ή και ελαστομερή ασφαλτόπανα. [50,66,70] Η επιλογή του κατάλληλου τύπου μεμβράνης εξαρτάται από τις απαιτήσεις της κατασκευής, ωστόσο, γενικά για τη λειτουργία του φράγματος υδρατμών αρκούν τα κοινά ασφαλτόπανα. [50]

Το πάχος της στρώσης του φράγματος υδρατμών με ασφαλικές μεμβράνες εξαρτάται από τις στρώσεις που θα διαστρωθούν, από τον τύπο του υλικού και από τις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος της στεγανοποιητικής αυτής στρώσης μπορεί να είναι 0,4cm, 0,08cm και 1cm. [16,33,39]

Τέλος, ως φράγμα υδρατμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ορισμένες πλαστικές μεμβράνες όπως μεμβράνες PVC και φύλλα πολυαιθυλενίου σε δώματα, σε κεκλιμένες στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος καθώς και σε ξύλινες στέγες. [50] Ακόμη, ως φράγμα υδρατμών μπορεί να λειτουργήσει ένα φύλλο αλουμινίου που σε κάποια θερμομονωτικά υλικά (π.χ. υαλοβάμβακα, ορυκτοβάμβακα) είναι επικολλημένο στη μια του όψη. Στην περίπτωση αυτή το θερμομονωτικό υλικό θα τοποθετηθεί κατά τέτοιο τρόπο που το φύλλο αλουμινίου να βρίσκεται από την κάτω πλευρά, προς τη θερμή πλευρά της οροφής. Η λύση αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί σε δώματα, σε κεκλιμένες στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος καθώς και σε ξύλινες στέγες. [66,70]

11.12 Η προστασία των δαπέδων από την υγρασία του εδάφους

Η υγρασία που προέρχεται από το έδαφος είναι από τις σοβαρότερες μορφές υγρασίας. Οφείλει την παρουσία της σε υπόγεια ή επιφανειακά νερά, στάσιμα ή κινούμενα, που μέσω των τριχοειδών αγγείων του εδάφους και των υλικών κατασκευής ανέρχονται στην οικοδομή. Προσβάλλει αδιακρίτως κάθε κατασκευή, διεισδύοντας από τα θεμέλια και από την πλάκα του υπογείου ή του ισογείου που ανέρχεται σε επαφή με το έδαφος ή και από τα υπόγεια πλευρικά τοιχώματα. Ωστόσο, όλα τα εδάφη δεν παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά απέναντι στο νερό. Τα χονδροκόκκα εδάφη (αμμώδη, χαλικώδη) είναι διαπερατά και συγκρατούν ελάχιστη ποσότητα νερού στη μάζα τους. Αντιθέτως, τα λεπτόκοκκα εδάφη (αργιλώδη, ιλώδη) δεν είναι ιδιαίτερα διαπερατά και ευνοούν την παραμονή του νερού σε υπέργειες ή υπόγειες συγκεντρώσεις (λιμνάσματα). [50]

Η προφύλαξη, λοιπόν, των θεμελίων, πλευρικών τοιχωμάτων και των δαπέδων, που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος κάτω από την επιφάνεια αυτού (υπόγεια) ή και στην επιφάνεια αυτού (ισόγεια), από την υγρασία είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας και της συντήρησης των δομικών αυτών στοιχείων αλλά και για τη διασφάλιση των απαιτούμενων συνθηκών υγιεινής. Με τον σωστό σχεδιασμό ενός δαπέδου επί εδάφους ή και του συνόλου μιας υπόγειας κατασκευής θα μπορέσει να εξασφαλιστεί η διαμόρφωση ενός ελεγχόμενου εσωτερικού περιβάλλοντος. [116]

Για την αντιμετώπιση της υγρασίας του εδάφους, η στεγανοποίηση των θεμελίων αλλά και των υπόγειων τοιχωμάτων και των οριζόντιων δομικών στοιχείων είναι επιβεβλημένη. Παράλληλα όμως, είναι σκόπιμο να λαμβάνεται μέριμνα κατά τον αρχικό σχεδιασμό του κτιρίου, ώστε να περιορίζεται έως ένα βαθμό η προσέγγιση του κελύφους από τα νερά. Σ' αυτήν την κατεύθυνση κρίνεται απαραίτητη η διαμόρφωση κλίσεων στο δάπεδο του περιβάλλοντος χώρου (περίπου 1% - 2%), ώστε να απορρέουν τα ύδατα μακριά από το κέλυφος του κτιρίου και να αποφεύγεται μ' αυτό τον τρόπο η συγκέντρωσή τους και κατά συνέπεια η επιφόρτιση της στεγανοποιητικής στρώσης των εξωτερικών δομικών στοιχείων. Μάλιστα, για μεγαλύτερη προστασία είναι επιτακτικός ο αρχικός σχεδιασμός του δαπέδου του ισογείου σε στάθμη υψηλότερη, "ανασηκώνοντας" το κτίριο από τη στάθμη του τελικώς διαμορφωμένου εδάφους. [113] Με αυτή τη κατεύθυνση, πάνω στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να διαστρωθεί άοπλο σκυρόδεμα σε αυξημένο πάχος το οποίο θα λειτουργήσει παράλληλα και ως στρώση εξυγίανσης του εδάφους. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος η οποία θα κατασκευαστεί επίσης σε μεγάλο πάχος. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνεται η κατασκευή ενός υπερυψωμένου δαπέδου από την επιφάνεια του εδάφους με στόχο την καλύτερη προστασία του από την υγρασία του εδάφους. [39]

Όσον αφορά τη στεγανοποίηση ενός υπόγειου ή ισόγειου δαπέδου, η επιλογή των κατάλληλων στεγανοποιητικών υλικών, καθώς και η θέση της στεγανοποιητικής στρώσης (εσωτερικά ή εξωτερικά της πλάκας σκυροδέματος) εξαρτώνται από τις εκάστοτε συνθήκες και τον τρόπο επίδρασης του νερού. Συνεπώς, η επιλογή της σωστής στεγανοποιητικής λύσης γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους, τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, τις υδροστατικές πιέσεις και τις φορτίσεις που πρόκειται να δεχθεί η κατασκευή, το κλίμα της περιοχής και τη χρήση του κτιρίου. [116] Ως στεγανοποιητικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά κύριο λόγο ασφαλικά υλικά, όπως ασφαλικές μεμβράνες και ασφαλικές επαλείψεις με προτίμηση στα πρώτα. [50]

Η χρησιμοποίηση ασφαλικών μεμβρανών είναι μια από τις ασφαλέστερες μεθόδους στεγανοποίησης υπόγειων και ισόγειων χώρων, αρκεί να αποφευχθούν λάθη και παραλείψεις κατά την εκτέλεση των εργασιών. Το υπόστρωμα το οποίο πρόκειται να στεγανοποιηθεί πρέπει να είναι επίπεδο, καθαρό, απαλλαγμένο από υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χώματα, σαθρά υλικά και άλλα ξένα σώματα. Πριν τη διάστρωση του ασφαλιτόπανου πρέπει να προηγηθεί μια ασφαλική επάλειψη με ασφαλικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλικό γαλάκτωμα σε όλη την επιφάνεια του υποστρώματος. Η στεγανοποίηση θα πρέπει να γίνει σε τρεις ή περισσότερες στρώσεις από ασφαλικές μεμβράνες. Ο αριθμός των στρώσεων των ασφαλικών μεμβρανών καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, του αιτίου και του βαθμού επίδρασης της υγρασίας και τις ασκούμενες πιέσεις σε αυτές. [50]

Μπορούν, ακόμη, να εφαρμοσθούν ασφαλικές επαλείψεις για τη στεγανοποίηση του δαπέδου. Η λύση αυτή γενικά είναι καλύτερα να αποφεύγεται σε υπόγεια δάπεδα καθώς και σε κατασκευές που καταπονούνται έντονα από νερά υπό πίεση. [50] Μπορεί, όμως, να βρει εφαρμογή σε δάπεδα όταν η στεγανοποιητική στρώση τοποθετείται πάνω από την πλάκα σκυροδέματος. [38] Η επιφάνεια που πρόκειται να υδρομονωθεί πρέπει και σε αυτή τη περίπτωση να είναι καθαρή, στεγνή, επίπεδη και απαλλαγμένη από ξένα σώματα. Πάνω στην επιφάνεια αυτή, προηγείται μια προεπάλειψη με ασφαλικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλικό γαλάκτωμα, πάχους περίπου 1mm. Για την κύρια επάλειψη χρησιμοποιείται ασφαλικό γαλάκτωμα. Μπορεί να γίνει είτε εν θερμώ με δύο τουλάχιστον στρώσεις, είτε εν ψυχρώ με τρεις, πάχους περίπου 2-3mm κάθε στρώση. [50]

Ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής, τη θέση του δαπέδου σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους και τον τρόπο επίδρασης του νερού επιλέγονται η θέση της στεγανοποιητικής στρώσης καθώς και οι υπόλοιπες στρώσεις που θα προηγηθούν της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος του δαπέδου και που θα διαμορφώσουν το κατάλληλο υπόστρωμα για την ασφαλή λειτουργία του δαπέδου. Όταν το δάπεδο βρίσκεται σε θέση χαμηλότερη της επιφάνειας του εδάφους τότε είναι σημαντικό να προηγηθεί μια στρώση αμμοχάλικου ή λιθορριπής πάχους 10-20cm η οποία διαστρώνεται επάνω στο επίπεδο του σκαμμένου εδάφους και λειτουργεί ως στραγγιστήριο διακόπτοντας τη συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος. [30,50,81] Στην περίπτωση διάστρωσης λιθορριπής, τοποθετείται πάνω από τη στρώση αυτή ένα φύλλο πολυαιθυλενίου, που θα αποτρέψει τη διείσδυση του σκυροδέματος στα διάκενα της λιθορριπής. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια πλάκα ελαφρώς οπλισμένου σκυροδέματος, πάνω από την οποία ακολουθεί μια εξομαλυντική στρώση, συνήθως από τσιμεντοκονίαμα, με σκοπό τη δημιουργία μιας λείας επιφάνειας για την εφαρμογή της στεγανοποίησης. Η υδρομόνωση αποτελείται από τρεις ή περισσότερες στρώσεις ασφαλικών μεμβρανών και προστατεύεται μέσω της υπερκείμενης της στρώσης γεφυρώσεως, από τις μικρομετακινήσεις των στρώσεων που θα ακολουθήσουν λόγω συστολοδιαστολών. Στη συνέχεια, τοποθετείται το μονωτικό υλικό και έπεται η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Εναλλακτικά, το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από τη φέρουσα πλάκα. [50] Σε άλλες περιπτώσεις, η στρώση της λιθορριπής μπορεί να παραληφθεί και στην επιφάνεια του εδάφους να διαστρωθεί μία στρώση από γαρμπιλόδεμα, τσιμεντοκονίαμα ή άοπλο σκυρόδεμα με σκοπό την εξυγίανση της επιφάνειας του εδάφους και την ασφαλή λειτουργία των στρώσεων που θα ακολουθήσουν. Πάνω από τη στρώση αυτή ακολουθεί η στεγανοποιητική στρώση η οποία και πάλι προτιμάται να κατασκευάζεται από ασφαλικές μεμβράνες. Στη συνέχεια, τοποθετείται το μονωτικό υλικό και έπεται η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και της φέρουσας πλάκας τοποθετείται ένα φύλλο πολυαιθυλενίου το οποίο προστατεύει το μονωτικό υλικό από μικρομετακινήσεις της υπερκείμενης κατασκευής και από τα πιθανά νερά που μπορεί να εμφανισθούν κατά τη φάση της κατασκευής του δαπέδου. [30] Όταν το δάπεδο τοποθετείται στην επιφάνεια του εδάφους τότε η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να τοποθετηθεί κατευθείαν στην επιφάνεια του εδάφους, ή να προηγηθεί αυτής μια στρώση εξυγίανσης του εδάφους από άοπλο σκυρόδεμα. Τότε η στεγανοποίηση του δαπέδου εφαρμόζεται πάνω από την επιφάνεια της πλάκας και μπορεί να γίνεται είτε με τη χρήση ασφαλικών μεμβρανών είτε με την επάλειψη ασφαλικού γαλακτώματος. Ακολουθούν στη συνέχεια, η θερμομονωτική στρώση και οι λοιπές στρώσεις κονιαμάτων και τελικών επιστρώσεων. [16,31,38]

12. Κατασκευαστικά και θερμικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους

Η έννοια του κτιριακού κελύφους έχει ήδη καταστεί γνωστή, όπως επίσης και ο σημαντικότερος ρόλος του για την επίτευξη ενός άνετου και ευχάριστου εσωτερικού κλίματος για τους χρήστες σε όλες τις εποχές του χρόνου. Ο ρόλος αυτός του κτιριακού κελύφους θα πρέπει να εξασφαλίζεται πάντα σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο και αντιστρόφως έτσι ώστε να γίνεται ορθολογική χρήση της ενέργειας, να επιτυγχάνεται δηλαδή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης και ψύξης και συνεπώς μείωση του συνεπαγόμενου ενεργειακού κόστους.

Στην κατεύθυνση αυτή, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε όλους τους παράγοντες που επιδρούν και καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους, έτσι ώστε να μπορούμε είτε να ελέγξουμε την ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων κτιρίων είτε να εφαρμόσουμε τον βέλτιστο συνδυασμό των παραγόντων αυτών σε συνάρτηση πάντα με τη χρήση του κτιρίου, τις κλιματολογικές συνθήκες, τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας και τους κατασκευαστικούς περιορισμούς, ώστε να πετύχουμε την μείωση ή και την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας σε νέα κτίρια ή και σε ριζικώς ανακαινιζόμενα.

Ο ορθός σχεδιασμός του κτιρίου είναι το πρώτο βήμα για την επίτευξη της βέλτιστης ενεργειακής λειτουργίας του κτιρίου και για την ελαχιστοποίηση των ρών θερμότητας διαμέσου του κελύφους. Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά σε ενότητα που ακολουθεί, θα πρέπει να γίνεται με κατεύθυνση την βέλτιστη αξιοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, την διασφάλιση του κατάλληλου φυσικού αερισμού του κτιρίου, την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός αλλά και με τον βέλτιστο συνδυασμό των τριών αυτών παραμέτρων.

Πολύ σημαντικές κρίνονται οι παράμετροι που αφορούν τις θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών και τον δομικών στοιχείων. Σε προηγούμενες ενότητες έγινε αναλυτική παρουσίαση του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων ο οποίος καθορίζει τις θερμικές απώλειες μέσω αυτών καθώς επίσης και των εννοιών της αντίστασης θερμοδιαφυγής και των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης, βάσει των οποίων υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Επίσης, έγινε αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων και ακολούθησε περιγραφή των δομικών στρώσεων και των χαρακτηριστικών αυτών, από τις οποίες δύναται αυτά να αποτελούνται. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η επίδραση των υλικών των δομικών στρώσεων, που συνθέτουν ένα δομικό στοιχείο, στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτού μέσω της τιμής της θερμικής αντίστασης αυτών αλλά και της πιθανότητας μεταβολής αυτής της τιμής λόγω της μεταβολής του πάχους τους ή/και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους.

Επίσης, σε προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε η έννοια της θερμοχωρητικότητας καθώς και η συμβολή της στην θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Σε επόμενη ενότητα θα παρουσιασθεί ο τρόπος υπολογισμού της εσωτερικής θερμοχωρητικότητας μιας θερμικής ζώνης βάσει του μέγιστου ενεργού βάθους.

Άλλες παράμετροι των αδιαφανών δομικών στοιχείων που μελετώνται σε αυτό το κεφάλαιο είναι οι συντελεστές απορροφητικότητας και ανακλαστικότητας των τελικών επιφανειών των δομικών στοιχείων στην ηλιακή ακτινοβολία όπως και ο συντελεστής εκπομπής των υλικών στη θερμική ακτινοβολία καθώς αυτοί καθορίζουν σημαντικά τα ηλιακά κέρδη των στοιχείων αυτών.

Σημαντικός και καθοριστικός στη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων είναι ο ρόλος των υαλοπινάκων καθώς σε αυτούς οφείλονται τα μεγάλα ηλιακά θερμικά κέρδη του κελύφους ενώ παράλληλα μπορούν να παρουσιάζουν μεγαλύτερες θερμικές απώλειες λόγω αγωγής και συναγωγής έναντι των άλλων δομικών στοιχείων, αναλόγως βέβαια της επιφάνειάς τους, καθώς παρουσιάζουν υψηλότερους συντελεστές θερμοπερατότητας έναντι των άλλων στοιχείων. Η γνώση λοιπόν των παραμέτρων των υαλοπινάκων και των κουφωμάτων ως σύνολο είναι πολύ σημαντική. Οι κυριότερες παράμετροι που καθορίζουν την ενεργειακή τους συμπεριφορά είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα και του κουφώματος αντίστοιχα, ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα και του κουφώματος, ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας του υαλοπίνακα και του κουφώματος, ο συντελεστής εκπομπής του υαλοπίνακα, ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων, το μέγεθος αυτών και το ποσοστό των υαλοπινάκων στο κέλυφος. Οι παράμετροι αυτοί παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν ήδη στο κεφάλαιο 10 και για αυτό δεν αναλύονται εδώ, ωστόσο ήταν σκόπιμο να αναφερθούν.

Ακόμη η υγραμόνωση της κτιριακής κατασκευής, δηλαδή η προστασία των δομικών στοιχείων από τα νερά της βροχής ή από τους διαχεόμενους υδρατμούς, αν και άμεσα δεν επιδρά στη θερμική συμπεριφορά του

κτιρίου, ωστόσο, η εμφάνιση της υγρασίας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμομονωτικής τους ικανότητας και συνεπώς την αύξηση των απωλειών διαμέσου αυτών. Η σημασία της υγρασιμότητας αλλά και οι παράμετροι που καθορίζουν την ανάγκη προστασίας των δομικών στοιχείων ή όχι από τους υδρατμούς και το νερό παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 11.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι σημαντικός είναι και ο ρόλος των θερμογεφύρων στο κέλυφος καθώς σε αυτές οφείλονται περαιτέρω θερμικές απώλειες από τα δομικά στοιχεία και επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Ακόμη, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους αποτελεί ένδειξη της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου ενώ παράλληλα οι δυνατές τιμές του περιορίζονται σε συγκεκριμένα όρια που θέτει ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. Επίσης, η επίδραση της σκίασης στα αδιαφανή αλλά ιδιαίτερα στα διαφανή δομικά στοιχεία του κελύφους είναι καθοριστική καθώς μειώνει τα ηλιακά θερμικά κέρδη διαμέσου των στοιχείων. Τέλος, είναι σημαντικό να γίνει και αναφορά και στον αερισμό του κτιριακού κελύφους τόσο στον αερισμό λόγω διείσδυσης αέρα όσο και στον φυσικό αερισμό καθώς λόγω αυτών σημειώνονται σημαντικές απώλειες θερμότητας ιδιαίτερα κατά τη περίοδο θέρμανσης.

12.1 Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους

Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με την έννοια της κατάλληλης χωροθέτησης του κτιρίου στο οικόπεδο, του προσανατολισμού αυτού, του σχήματος του κτιρίου, του μεγέθους των ανοιγμάτων και του προσανατολισμού αυτών, της διάρθρωσης των εσωτερικών χώρων μπορεί να γίνει με κριτήρια την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, την επίτευξη του φυσικού αερισμού του κτιρίου και την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, έτσι ώστε να συμβάλλει στην ικανοποίηση των συνθηκών άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας.

12.1.1 Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας

Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται συναρτήσει των παρακάτω παραμέτρων:

- Τη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο δηλαδή τον προσανατολισμό αυτού
- Το σχήμα του κτιρίου
- Το μέγεθος των ανοιγμάτων και τον προσανατολισμό αυτών
- Τη διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

Η μελέτη του σχεδιασμού του κτιριακού κελύφους σε συνάρτηση με την προσπίπτουσα σε αυτό ηλιακή ακτινοβολία στοχεύει στην βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους χειμερινούς μήνες για τη αύξηση του ηλιακού θερμικού κέρδους καθώς και στον έλεγχο αυτής κατά τους θερινούς μήνες για τη προστασία του κτιρίου από την υπερθέρμανση, έτσι ώστε σε κάθε περίπτωση να εξοικονομείται ενέργεια και να ικανοποιούνται οι συνθήκες θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου. [7] Γενική αρχή αποτελεί το γεγονός ότι νότιες επιφάνειες του κελύφους δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κατανομημένη στις διάφορες εποχές του έτους με τον πιο ευνοϊκό τρόπο όπως ήδη παρουσιάστηκε στην ενότητα 10.6.1. Επιπλέον, δέχονται τη μεγαλύτερη ακτινοβολία σε σχέση με τις επιφάνειες που είναι στραμμένες προς τους άλλους προσανατολισμούς κατά τη χειμερινή περίοδο και μικρότερη ακτινοβολία από τις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες κατά τη θερινή περίοδο. Επίσης, επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό δέχονται τη μικρότερη ακτινοβολία τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι καθώς δέχονται μόνο διάχυτη και όχι άμεσο ακτινοβολία. [7,18]

Ο προσανατολισμός του κτιρίου

Όσον αφορά την χωροθέτηση ενός νέου κτιρίου στο οικόπεδο, αυτή οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως $\pm 30^\circ$ ανατολικά ή δυτικά του νότου. Στην περίπτωση αστικού οικοπέδου με δυσμενή προσανατολισμό, δηλαδή με όψεις ελεύθερες μόνον σε ανατολή και δύση, η δυνατότητα προσανατολισμού προς το νότο μπορεί να επιτευχθεί μέσω προεξοχών του κελύφους, των οποίων η όψη στρέφεται προς το νότο. Υφίσταται ένας εμπειρικός κανόνας χρήσιμος στη φάση των προσχεδίων για τον έλεγχο του ηλιασμού το χειμώνα, ο οποίος καθορίζει ότι για νότιο

προσανατολισμό η απόσταση ανάμεσα στο χωροθετούμενο κτίριο και το υφιστάμενο εμπόδιο πρέπει να ισούται με $1,5 \times$ το ύψος του εμποδίου προκειμένου το νέο κτίριο να έχει ήλιο τον χειμώνα. [18]

Το σχήμα του κτιρίου

Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι $\approx 1/1,5$. Βεβαίως, όταν το οικόπεδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε επιλέγουμε λύσεις με όγκους σπαστούς, ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα. [18]

Το μέγεθος των ανοιγμάτων και ο προσανατολισμός αυτών

Ο προσδιορισμός του προσανατολισμού των ανοιγμάτων σε συνδυασμό με το μέγεθος αυτών με σκοπό την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάστηκε ήδη αναλυτικά στην ενότητα 10.6.1. Για λόγους πληρότητας επαναλαμβάνουμε εδώ ότι για την αποδοτικότερη αξιοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά. Θετικά συμβάλλουν και μεγάλα ανοίγματα με $\pm 30^\circ$ ανατολικά ή δυτικά του νότου. [18]

Η διάταξη των εσωτερικών χώρων

Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων εξαρτάται από τη χρήση ενός χώρου και τις ανάγκες των ενοίκων. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή, η λιγότερη φωτεινή και δέχεται τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τις πλευρές που είναι στραμμένες προς τους άλλους τρεις προσανατολισμούς. Για τους λόγους αυτούς, στην πλευρά αυτή τοποθετούνται οι χώροι των οποίων η χρήση είναι ολιγόωρη, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ως χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων ζωής. Για παράδειγμα, στην κατοικία προς το βορρά τοποθετούνται κλιμακοστάσια, λουτρό, αποθήκη και χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων. Στη νότια πλευρά τοποθετούνται οι χώροι κύριας και πολύωρης χρήσης, έτσι ώστε να απολαμβάνουν τα θερμικά κέρδη από τον ήλιο το χειμώνα, να είναι πιο ευχάριστοι και πιο φωτεινοί. Σε κτίρια άλλης χρήσης, όπως νοσοκομεία, ξενοδοχεία, γραφεία κ.λπ. επιδιώκεται, κατά τον σχεδιασμό, οι χώροι πολύωρης και κύριας χρήσης να τοποθετούνται προς το νότο ή ανατολή, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνεται μέριμνα για το σκιασμό τους το καλοκαίρι, ενδεχομένως και το χειμώνα, προς αποφυγή της θάμβωσης που προκαλείται στους χρήστες από το έντονο φως του ήλιου, π.χ. στα γραφεία. Σε κτίρια ειδικής χρήσης, όπως εργοστάσια, βιβλιοθήκες κ.λ.π., η εσωτερική οργάνωση των χώρων ρυθμίζεται, κυρίως, σε σχέση με την ποιότητα και την ποσότητα του απαιτούμενου φυσικού φωτισμού. [18]

12.1.2 Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση τη διασφάλιση φυσικού αερισμού

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στο σωστό σχεδιασμό του κτιρίου αποτελεί η γνώση της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου. Υψηλά επίπεδα αερισμού θα πρέπει να υπάρχουν κατά τη διάρκεια της ημέρας στους κατοικημένους χώρους του κτιρίου στο ύψος του ανθρώπινου κεφαλιού. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να υπάρχει μια καλή ροή δροσερού αέρα κατά μήκος των στοιχείων μεγάλου όγκου του κτιρίου έτσι ώστε να διαχέεται μέσω αυτών όσο γίνεται περισσότερη θερμότητα. [14] Σημαντικό ρόλο για την επίτευξη της σωστής κυκλοφορίας του αέρα μέσα στο κτίριο έχει η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων. [18]

Καλύτερες συνθήκες αερισμού δημιουργούνται όταν η διεύθυνση του ανέμου παρουσιάζει μια κλίση 45° περίπου, ως προς τη διεύθυνση των ανοιγμάτων εισόδου. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια κυκλική κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο και πιο ομοιόμορφη κατανομή της ροής και της ταχύτητας του. [14] Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο τον χώρο. Ο τύπος αυτός αερισμού χαρακτηρίζεται ως διαμπερής. [18] Ο διαμπερής αερισμός μπορεί να βελτιωθεί με την τοποθέτηση δύο ανοιγμάτων εξόδου, ένα σε κάθε πλευρικό τοίχο. Με την επιλογή αυτή γίνεται συνήθως μεγαλύτερη εκμετάλλευση των αλλαγών των κατευθύνσεων του ανέμου. Σχετικά με το σχήμα των ανοιγμάτων έχει αποδειχθεί ότι τα ορθογωνικά ανοίγματα έχουν καλύτερη απόδοση από ανοίγματα οποιουδήποτε άλλου σχήματος. [14]

Τα ανοίγματα εξόδου πρέπει να είναι μεγαλύτερα ή τουλάχιστον ισομεγέθη με τα ανοίγματα εισόδου έτσι ώστε να διευκολύνεται η ελεύθερη κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο. Για την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου, οι διαστάσεις των ανοιγμάτων εισόδου πρέπει να είναι κατά 50% περίπου μικρότερες από τις διαστάσεις ανοιγμάτων εξόδου. [14] Μπορεί, ωστόσο, το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτιρίου να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά ή το αντίστροφο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. [18]

12.1.3 Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση του φυσικού φωτός

Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση του φυσικού φωτός γίνεται συναρτήσει των παρακάτω παραμέτρων:

- Τον προσανατολισμό του κτιρίου
- Το σχήμα του κτιρίου
- Το μέγεθος των ανοιγμάτων και τον προσανατολισμό αυτών
- Τη διάταξη του εσωτερικού χώρου

Ο προσανατολισμός του κτιρίου

Ο νότιος προσανατολισμός είναι αρκετά καλός ως προς τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Η νότια όψη των κτηρίων δέχεται την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία σε μεγαλύτερο ποσοστό, με σταθερότερο ρυθμό και με καλύτερη κατανομή τόσο στις εποχές του έτους, όσο και στη διάρκεια της ημέρας. Τη θερινή περίοδο όμως, λόγω της υψηλής λαμπρότητας που παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες και τη συνεχή μεταβολή της στάθμης του φωτισμού, εάν δε συνδυαστεί με κατάλληλη σκίαση, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ανισοκατανομής και θάμβωσης. Ο δεύτερος καλύτερος προσανατολισμός, σε σχέση με το φυσικό φωτισμό του χώρου, είναι ο βορινός, εξαιτίας της σταθερότητας του φωτός στη διάρκεια της ημέρας, και του μειωμένου κινδύνου για θάμβωση. Αν και η ποσότητα του φωτισμού μπορεί να είναι χαμηλή κατά τη χειμερινή περίοδο, η ποιότητα είναι σταθερή, επειδή δεν υπάρχει πρόσπτωση άμεσης ακτινοβολίας. Επίσης το βορινό φως εμφανίζει την καλύτερη κατανομή του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο σταθερός ομοιόμορφος διάχυτος φωτισμός, καθιστά το βορινό προσανατολισμό τον πλέον κατάλληλο για ορισμένες χρήσεις, όπως βιβλιοθήκες, χώρους εργασίας, κλπ. Ειδικότερα, προτιμάται για τους εκθεσιακούς χώρους και τα μουσεία επειδή δεν υπάρχει κίνδυνος καταστροφής των εκθεμάτων από την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι χειρότεροι προσανατολισμοί, σε σχέση με το φυσικό φως, είναι ο ανατολικός και ο δυτικός, γιατί δέχονται ανομοιογενή κατανομή της ακτινοβολίας (μειωμένη ακτινοβολία τη μισή μέρα), τόσο ημερήσια όσο και διεποχιακή (μεγαλύτερη ποσότητα το καλοκαίρι και μικρότερη το χειμώνα). Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα είναι ότι η χαμηλή θέση του ήλιου στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δημιουργεί έντονα προβλήματα θάμβωσης. [18]

Το σχήμα του κτιρίου

Το σχήμα του κτιρίου καθορίζει την ποσότητα των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το φωτιζόμενο χώρο (τμήμα του δαπέδου που μπορεί να φωτιστεί με φυσικό φως). Η ποσότητα του φυσικού φωτός μέσα σ' ένα χώρο μειώνεται συναρτήσει της απόστασης από το άνοιγμα. Περιμετρική ζώνη πλάτους περίπου 5m, είναι αυτή που μπορεί να φωτιστεί πλήρως από τα πλευρικά ανοίγματα. Μια δεύτερη, προς το εσωτερικό του κτιρίου, περιμετρική ζώνη φωτίζεται μερικώς με φυσικό φως. Η αναλογία πλήρως φωτισμένης / μερικώς φωτισμένης / σκοτεινής περιοχής σε ένα κτίριο εξαρτάται από τις διαστάσεις του. Στα μεγάλα κτίρια διαμορφώνεται μεγαλύτερη σκοτεινή περιοχή στο εσωτερικό, όταν η περιβάλλουσα επιφάνεια είναι μικρή σε σχέση με το σχήμα της κάτοψης.

Η διάταξη του εσωτερικού χώρου

Όσον αφορά τη διάταξη του εσωτερικού χώρου, τα εσωτερικά συμπαγή διαχωριστικά στοιχεία εμποδίζουν τη φωτεινή ακτινοβολία να φτάσει στο βάθος του χώρου, ενώ οι «ανοικτοί» σε κάτοψη χώροι επιτρέπουν στο φως να διεισδύσει στα πίσω τμήματα του κτιρίου. Γενικά είναι αποδεκτό ότι, για ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός το βάθος του χώρου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 6-7m. Τέτοιες αποφάσεις είναι καθοριστικής σημασίας, τόσο για την αρχιτεκτονική σύνθεση και τη λειτουργία του κτηρίου, όσο και για τη δυνατότητά του να

εξοικονομεί ενέργεια, μέσω της εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού επηρεάζεται επίσης από την ανακλαστικότητα των υλικών του φωτιζόμενου χώρου, και γι' αυτό εάν είναι επιθυμητή η διείσδυση του φωτός σε μεγαλύτερο βάθος όπως στην περίπτωση χώρων μεγάλου βάθους, η οροφή πρέπει να έχει υψηλό συντελεστή ανάκλασης δηλαδή να έχει ανοιχτό χρώμα. Η ανακλαστικότητα των υπολοίπων επιφανειών του χώρου εξαρτάται από τις γεωμετρικές αναλογίες του. Γενικά, οι ανοιχτόχρωμες εσωτερικές τοιχοποιίες δημιουργούν την «αίσθηση» φωτεινού περιβάλλοντος, αυξάνοντας σε κάποιο βαθμό τα επίπεδα φωτισμού στο χώρο. [18]

Το μέγεθος, η θέση και το σχήμα των ανοιγμάτων

Όσον αφορά το μέγεθος των πλευρικών ανοιγμάτων του κτιρίου αυτό σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του φωτιζόμενου χώρου. Ένας εμπειρικός κανόνας καθορίζει ότι ποσοστό ανοίγματος ίσο με το 20% της επιφάνειας του φωτιζόμενου χώρου παρέχει ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός και συγχρόνως αποφεύγονται οι υπερβολικές θερμικές απώλειες το χειμώνα, η υπερθέρμανση το καλοκαίρι και μειώνεται ο κίνδυνος θάμβωσης. Η αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων πέραν αυτού του ορίου επιφέρει μικρή αύξηση του φυσικού φωτισμού, ενώ προκαλεί δυσανάλογα μεγάλη αύξηση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου του χώρου.

Όσο πιο ψηλά είναι τοποθετημένο ένα άνοιγμα, τόσο πιο βαθιά φτάνει το φυσικό φως στο χώρο. Με την τοποθέτηση των ανοιγμάτων υψηλά, σε συνδυασμό με την αύξηση της ανακλαστικότητας του πίσω τοίχου του φωτιζόμενου χώρου, επέρχεται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού σε όλο το βάθος. Εάν το βάθος του χώρου ξεπερνά κατά 2,5 φορές το ύψος του ανοίγματος μέχρι το ανώφλι, τότε ο φωτισμός στο πίσω μέρος του χώρου δεν είναι ικανοποιητικός, τόσο ως προς την ποσότητα, όσο και ως προς την ποιότητα.

Επιπλέον, το σχήμα του ανοίγματος επηρεάζει την κατανομή του φωτός στο χώρο. Με ανοίγματα μεγάλου πλάτους (αναλογίες πλάτους προς ύψος περίπου 2:1), ο φωτισμός του χώρου διαμορφώνεται σε ζώνες διαφορετικής έντασης, παράλληλες προς τον τοίχο που φέρει το άνοιγμα. Η ένταση του φωτισμού παραμένει σχεδόν σταθερή όλη την ημέρα και εμφανίζεται μικρός κίνδυνος θάμβωσης. Με κατακόρυφα ανοίγματα (αναλογίες πλάτους προς ύψος περίπου 1:2), ο φωτισμός διανέμεται σε μια ζώνη κάθετη προς τον τοίχο του ανοίγματος, με αποτέλεσμα τη διαφορετική ένταση του φωτισμού στη διάρκεια της ημέρας. Αυτός ο τύπος του ανοίγματος προσφέρει καλύτερο φωτισμό σε περιοχές απομακρυσμένες από το άνοιγμα, αλλά προκαλεί και μεγαλύτερη θάμβωση. Πολλά μικρότερα ανοίγματα αντί για ένα άνοιγμα μεγάλου μεγέθους συμβάλλουν σε καλύτερη κατανομή του φυσικού φωτός στο χώρο. Τέλος, με τα διαμπερή ανοίγματα επιτυγχάνεται καλύτερη κατανομή του φωτός και μειώνεται η θάμβωση. [18]

12.2 Οι θερμικές ζώνες του κτιρίου [9]

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης, το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες, δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολικά συστήματα. Αν το κτίριο δε παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του, η βέλτιστη προσέγγιση είναι να αντιμετωπιστεί ως ενιαία θερμική ζώνη.

Ο καθορισμός των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4K σε σχέση με άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες συναλλαγές ενέργειας σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο
- Υπάρχουν χώροι στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου

12.3 Βασικά γεωμετρικά μεγέθη του κτιρίου

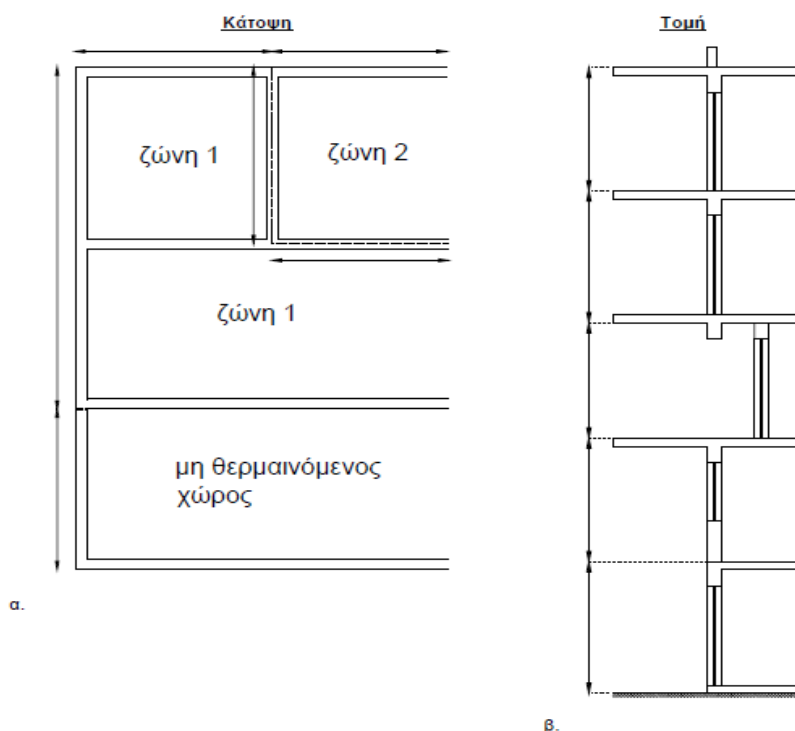
Για την εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, U_m , και τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιρίου σύμφωνα με τα όρια που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ., είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ορισμένων γεωμετρικών μεγεθών του κτιρίου και συγκεκριμένα, των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων, των μηκών των γραμμικών θερμογεφύρων, του όγκου του κτιρίου καθώς και του λόγου του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου προς τον όγκο του, F/V . [11] Συνεπώς, είναι απαραίτητα τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου, καθώς επάνω σε αυτά θα απεικονιστούν οι θερμικές ζώνες του κτιρίου και θα εκτιμηθούν τα γεωμετρικά δεδομένα των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων, που ορίζουν τις επιφάνειες κάθε θερμικής ζώνης. [9]

Για την διευκόλυνση του υπολογισμού των παραπάνω γεωμετρικών μεγεθών, μπορούν σε πρώτο στάδιο να υπολογισθούν κατά όροφο και κατά επιφάνεια, το πλάτος του κάθε δομικού στοιχείου, το ύψος του και στη συνέχεια το εμβαδό του. Τα επί μέρους αθροίσματα αυτών των ποσοτήτων δίνουν τα συνολικά μεγέθη στην επιφάνεια του κελύφους για κάθε διαφορετικό δομικό στοιχείο. Κατ' αντίστοιχο τρόπο, μπορεί να υπολογισθεί το μήκος της γραμμικής θερμογέφυρας για κάθε διαφορετικό τύπο θερμογέφυρας. [11]

Γραμμικές διαστάσεις δομικού στοιχείου [9]

Για τους γεωμετρικούς υπολογισμούς γίνεται χρήση μόνο εξωτερικών διαστάσεων για όλα τα δομικά στοιχεία. Συγκεκριμένα, τα μήκη των δομικών στοιχείων (οριζόντιες διαστάσεις) μετρώνται στις κατόψεις των ορόφων ως εξής:

- Για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (π.χ. τοιχοποιία) μιας θερμικής ζώνης που είναι σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (αέρα, έδαφος) λαμβάνονται υπόψη οι διαστάσεις της εξωτερικής επιφάνειας που διαμορφώνεται μετά και την τελική της επίστρωση.
- Για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία μιας θερμικής ζώνης που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο λαμβάνονται υπόψη οι διαστάσεις της τελικής επιφάνειας που βρίσκεται προς την πλευρά του μη θερμαινόμενου χώρου.
- Για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία μιας θερμικής ζώνης που βρίσκεται σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη, η οποία είναι θερμαινόμενη, λαμβάνεται υπόψη η αξονική διάσταση του δομικού στοιχείου, ανεξάρτητα από την ύπαρξη θερμομόνωσης.



Σχήμα 12.1: Ορισμός μέτρησης οριζόντιων και κατακόρυφων διαστάσεων του κτιρίου [9]

Οι πλευρικές διαστάσεις των οριζόντιων δομικών στοιχείων ορίζονται με βάση την αφετηρία μέτρησης των κατακόρυφων δομικών στοιχείων που τα ορίζουν.

Το ύψος των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (κατακόρυφες διαστάσεις) μετράται από τα σχέδια των τομών της αρχιτεκτονικής μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω:

- Στους ενδιάμεσους ορόφους το ύψος ορόφου ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών σταθμών της πλάκας σκυροδέματος, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι επιστρώσεις του δαπέδου, ανεξαρτήτως της ύπαρξης θερμομόνωσης.
- Στον τελευταίο όροφο το ύψος ορόφου ορίζεται μεταξύ της στάθμης της άνω επιφάνειας της πλάκας δαπέδου του ορόφου και της στάθμης της άνω επιφάνειας της πλάκας οροφής. Στην περίπτωση ύπαρξης οροφής κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη, ως ανώτερο όριο για τη μέτρηση του ύψους ορίζεται η στάθμη της άνω επιφάνειας της πλάκας οροφής.
- Στον κατώτερο όροφο του κτιρίου το ύψος ορόφου μετράται από τη στάθμη της κάτω επιφάνειας της πλάκας δαπέδου, είτε αυτό έρχεται σε επαφή με το έδαφος είτε σε επαφή με αέρα (π.χ. πυλωτή) είτε με μη θερμαινόμενο χώρο (π.χ. υπόγειο) και της στάθμης της άνω επιφάνειας της πλάκας οροφής.
- Σε όροφο του κτιρίου που βρίσκεται σε προεξοχή το ύψος ορόφου μετράται από τη στάθμη της κάτω επιφάνειας της πλάκας δαπέδου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα μέχρι τη στάθμη της άνω επιφάνειας της πλάκας του επόμενου ορόφου.
- Σε όροφο κτιρίου που βρίσκεται σε εσοχή το ύψος ορόφου μετράται από την άνω στάθμη της πλάκας δαπέδου μέχρι την άνω στάθμη της πλάκας ορόφου (αν ακολουθεί άλλος όροφος) ή μέχρι την άνω στάθμη της πλάκας οροφής (αν πρόκειται για τον τελευταίο όροφο του κτιρίου).

- Η επιφάνεια των δομικών στοιχείων

Η επιφάνεια των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (π.χ. τοιχοποιίες, κατακόρυφα φέροντα δομικά στοιχεία κ.α.) προσδιορίζεται από τις γραμμικές διαστάσεις τους (μήκος, ύψος), ενώ η συνολική μεικτή επιφάνεια δαπέδου ενός κτιρίου ή μιας θερμικής ζώνης προσδιορίζεται από τις πλευρικές διαστάσεις των οριζόντιων δομικών στοιχείων, βάσει των κανόνων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. [9]

- Ο όγκος του κτιρίου

Ο μεικτός όγκος του κτιρίου αναφέρεται στον όγκο της εξεταζόμενης θερμικής ζώνης, η οποία περικλείεται από το δάπεδο της, το οποίο μπορεί να έρχεται σε επαφή με τον αέρα, το έδαφος, μη θερμαινόμενους χώρους ή άλλη θερμική ζώνη, από τις κατακόρυφες πλευρικές επιφάνειες της, οι οποίες επίσης μπορεί να είναι σε επαφή με τον αέρα, το έδαφος, μη θερμαινόμενους χώρους ή άλλες θερμικές ζώνες και από την επιστέγασή της. Ως όγκος κτιρίου για τους υπολογισμούς των διαφόρων παραμέτρων (π.χ. αερισμό) ορίζεται ο μεικτός όγκος. [9]

- Ο λόγος F/V

Ο λόγος του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου προς τον όγκο του, F/V , υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλες τις εξωτερικές επιφάνειες που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτιρίου είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στον υπολογισμό του εμβαδού F υπεισέρχονται οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτιρίου. Αντίστοιχα, ο όγκος V είναι ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες. Στον όγκο του κτιρίου δεν συμπεριλαμβάνονται, ο ανοικτός υπόστυλος χώρος που βρίσκεται στην πυλωτή, καθώς επίσης και ο χώρος της εισόδου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα, οι διάδρομοι πολυκατοικίας και γενικώς όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι, αν θεωρηθούν ως μη θερμαινόμενοι. Γενικά, δεν συμπεριλαμβάνονται στον όγκο του κτιρίου οι χώροι που θεωρούνται μη θερμαινόμενοι. [11] Σε κάθε περίπτωση, ο υπολογισμός του λόγου F/V απαιτείται για τον προσδιορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, U_m , του κτιρίου όπως αυτή ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη από τον Κ.Εν.Α.Κ. [10]

12.4 Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών

Η επιλογή των δομικών υλικών για την κατασκευή ενός κτιρίου επηρεάζει τόσο την ενεργειακή του συμπεριφορά όσο και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και συνεπώς η κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. [2]

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά αυτών και καθορίζουν την θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών στοιχείων και συνεπώς του κτιριακού κελύφους είναι:

- Η πυκνότητα ρ (kg/m^3)
- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)
- Η ειδική θερμοχωρητικότητα c_p ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$)
- Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών μ (-)

Οι έννοιες των μεγεθών αυτών και η επίδραση τους στην θερμική συμπεριφορά των δομικών στοιχείων του κελύφους ήδη επεξηγηθεί αναλυτικά σε προηγούμενες ενότητες. Επίσης, έχουν ήδη παρουσιαστεί οι θερμοφυσικές ιδιότητες ορισμένων δομικών υλικών. Στην παρούσα ενότητα παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις θερμοφυσικές ιδιότητες διαφόρων δομικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην σύνθεση μιας κτιριακής κατασκευής, με σκοπό τη ευκολότερη σύγκριση και παρατήρηση των τιμών των θερμοφυσικών ιδιοτήτων τους.

Πίνακας 12.1: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά. [11]

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 Ιζηματογενή 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. Πορώδεις 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 Ψαμίτης	2600	2,300	1 000	40	30
1.1.2.3 Ιζηματογενή 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 Πλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050			
1.2. Γαιώδη 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 μπαγαδάι		0,470			
1.3.3. Πηλός λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50	50
1.3.4. Ωμόπλινθοι συμπαγείς	1990	0,800	1 000	10	
1.3.5. Ωμόπλινθοι με πρόσμειξη άχρου	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. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,870	1 000	25 - 35	
	1900	1,000	1 100	35	
1.4.3. Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	2000	1,400	1 100	25 - 35	
1.4.4. Ασβεστογυψοκονίαμα	1400	0,700	1 000	10	
1.4.5. Γυψοκονίαμα χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1200	0,350	900	10	6
με συμπλήρωμα άμμου	1600	0,800	900	10	6
1.4.6. Θερμομονωτικό επιχρίσμα (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		∞	

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής		
		θερμικής		θερμο-	αντίστασης	
		αγωγιμότητας.		χωρητικότητα	σε διάχυση	
		Τιμές		υδρατμών		
	ρ	λ	c_p	μ		
	kg/m ³	W/(m·K)	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 (παλαιού τύπου B120)		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. Γαρμπιλοσκυροδέμα, γαρμπιλόδεμα	1500	0,640		20		
	1700	0,810		25		
	1900	1,100		35		
1.5.5. Κισηρόδεμα, ελαφροσκυροδέμα	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 Ελαφροσκυροδέμα με διογκωμένη πολυστερίνη	200	0,065		11		
	250	0,070		12		
	300	0,080		12		
	350	0,110		22		
1.5.7. Κυψελωτό σκυροδέμα 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 εξαρτάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περλίτη)						
1.5.8.1 Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροπιοητικού παράγοντα	350	0,130				
	450	0,140				
	500	0,160				
	600	0,200				
1.5.8.2 Περλιτόδεμα με τη χρήση αφροπιοητικού 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 σκυροδέμα 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 Νοπλισμένες 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		

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
				ξηρό	υγρό
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	600	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 (πρωόδη τούβλα)	940	0,260	1 000	10	
1.7.2.4. Οξύμαχες οπτοπλίνθοι (κλίνκερ)	1800	1,800	900	100	
1.8. Υαλότουβλα	2500	1,400	840	∞	
1.9. Κεραμίδια					
1.9.1. Κεραμίδια		0,400			
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επιστέγασης	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. Ανοιξειδωτος 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		∞	∞

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
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, πλίλημα	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. Υαλούφασμα, υαλόνημα, γεωύφασμα	60 - 140	0,040	1 030	2	2
	> 140	0,045	1 030	2	2
4.2.6. Πεπιεσμένες 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 ψαθωτή 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-προπυλένιο-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. Πολυσουλφίδα	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, μαστίχη 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 δαπ. έδου	2 000	1,840	840	250	
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση / π.ορσελάνες	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 πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	980	0,500	1 800	100 000	100 000
(χαμηλής πυκνότητας)	920	0,330	2 200	100 000	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. Πολυαμίδιο	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. Εποξεική (επιξειδική) 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, πυρηνική πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000	∞	∞

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)			
6. Θερμομονωτικά υλικά					
6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά					
6.1.1. Υαλοβάμβακας					
6.1.1.1 Υαλοβάμβακας σε μορφή π απλώματος	13 - 50	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.1.2 Υαλοβάμβακας σε μορφή πλακών	20 - 110	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2. Πετροβάμβακας					
6.1.2.1 Πετροβάμβακας σε μορφή π απλώματος	40 - 100	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2.2 Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	50 - 180	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3. Ορυκτοβάμβακας					
6.1.3.1 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή π απλώματος		0,039 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3.2 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλακών		0,037 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής					
6.2.1. Αφρώδες 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 πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από 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 πλάκες		0,033 - 0,038	1 500	20 - 100	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη					
6.3.4.1 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30-40	0,031 - 0,038	1 450	80 - 250	
6.3.4.2 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 451	80 - 250	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες)	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 μπ άλες π επιεσμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0, 050		2	
6.4.3. Πλάκες από 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 προβάτου	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. Κρυπτό	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 χιόνι (π άχος στρώσης < 30 mm)	100	0,050	2 000	—	—
8.2.4. Χιόνι, μαλακό (π άχος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000	—	—
8.2.5. Χιόνι, ελαφρώς συμπιεσμένο (π άχος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000	—	—
8.2.6. Χιόνι, συμπίεσμένο (π άχος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000	—	—

ΣΗΜΕΩΣΕΙΣ

- (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 πυκνότητα αναφέρεται στο υλικό κατασκευής του στοιχείου και όχι σε ολόκληρο το στοιχείο (π λίνθο).
- (3) Η αναγραφόμενη τιμή του λ της πολυουρεθάνης αντιστοιχεί σε πολυουρεθάνη 40 kg/m³. Όμως με την πάροδο του χρόνου αυτή η τιμή αυξάνεται και τότε σταδιακά μπορεί να π λησιάζει την τιμή των συνηθισμένων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας.

12.5 Παράμετροι του συντελεστή θερμοπερατότητας, U , των αδιαφανών δομικών στοιχείων

Οι θερμικές απώλειες λόγω αγωγής και συναγωγής μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας U (W/m^2K) ο οποίος δίνει την ποσότητα της 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. [11] Ήδη στο κεφάλαιο 3 έγινε αναλυτική παρουσίαση της έννοιας του συντελεστή θερμοπερατότητας και του τρόπου υπολογισμού του για τα επιμέρους δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Για λόγους πληρότητας θα επαναλάβουμε εδώ ότι ο συντελεστής U υπολογίζεται από τη γενική σχέση (3.21):

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a} \quad [W / (m^2 K)]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου, λοιπόν, εξαρτάται από τον εξωτερικό και εσωτερικό συντελεστή θερμικής μετάβασης (συναγωγής), από το πάχος των δομικών υλικών που συνθέτουν το δομικό στοιχείο, τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτών καθώς και την περιεκτικότητα τους σε υγρασία. Αντίστοιχα, ο συντελεστής U δεν εξαρτάται από τη σειρά των στρώσεων στο δομικό στοιχείο.

Η έννοια και η επίδραση της υγρασίας στα δομικά στοιχεία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 11 και συνοπτικά αναφέρεται ότι δομικά στοιχεία και υλικά που έχουν προσβληθεί από υγρασία παρουσιάζουν μειωμένη θερμομονωτική ικανότητα και αύξηση των θερμικών απωλειών μέσω αυτών.

Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης, $\alpha=1/R$, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εξαρτάται από την πυκνότητα, το ιξώδες και την ταχύτητα του αέρα κοντά στις επιφάνειες της κατασκευής. Είναι διαφορετικός για κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες και στην τελευταία περίπτωση εξαρτάται από την κατεύθυνση μεταβίβασης της θερμότητας. [5] Τυπικές τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης, R_i και R_a , των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου έχουν παρουσιαστεί ήδη στους πίνακες 3.1α και 3.1β όπου δίνονται οι τιμές των μεγεθών αυτών αναλόγως της κατεύθυνσης της ροής θερμότητας και αναλόγως του τύπου του δομικού στοιχείου και για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 20^\circ C$ και για θερμοκρασία εξωτερικού χώρου $\theta_a = 0^\circ C$ και ταχύτητα ανέμου $u = 4$ m/s, αντίστοιχα. [11]

Στην περίπτωση των δομικών στοιχείων τα οποία χαρακτηρίζονται από την εφαρμογή διαφορετικών δομικών υλικών, που συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους και παρουσιάζουν μία σχετική επαναληπτικότητα, ο συντελεστής U εξαρτάται από τους επί μέρους συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε διατομή του σύνθετου δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών.

Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τον συντελεστή U και οι οποίοι μπορούν να ξετασθούν άμεσα είναι το πάχος των δομικών υλικών και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυτών. Η μεταβολή του πάχους μιας στρώσης του υλικού ή η μεταβολή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού μεταβάλλει τη θερμική αντίσταση της στρώσης του υλικού και συνεπώς την συνολική θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου και τον συντελεστή θερμοπερατότητας του.

Έχουν ήδη παρουσιασθεί τα πάχη και οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των κυριότερων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην σύνθεση των διαφόρων δομικών στοιχείων. Υπάρχουν υλικά που στη σύνθεση ενός δομικού στοιχείου χαρακτηρίζονται από σταθερό πάχος και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, άλλα μπορούν να παρουσιάζουν μεταβολές στο πάχος τους, άλλα στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους ενώ άλλα μπορούν να παρουσιάζουν μεταβολή και των δύο ιδιοτήτων τους. Οι μεταβολές αυτές καθορίζουν και τη μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών και επομένως της συνολικής θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων και του συντελεστή θερμοπερατότητας τους.

Βάσει αυτού προκύπτει ότι δομικά στοιχεία ίδιας κατηγορίας δηλαδή τοιχοποιίες, κολόνες και δοκοί, δάπεδα, οροφές οπλισμένου σκυροδέματος και ξύλινες οροφές, τα οποία παρουσιάζουν τον ίδιο τύπο κατασκευής με την έννοια ότι χαρακτηρίζονται από την ίδια σύνθεση της διατομής τους και έχουν τον ίδιο λειτουργικό ρόλο, μπορούν να έχουν διαφορετικούς συντελεστές θερμοπερατότητας, καθώς μπορεί να αλλάξει η θερμική αντίσταση μιας ή περισσότερων στρώσεων που τα συνθέτουν.

Σκοπός μας στην παρούσα ενότητα είναι να εξετάσουμε για κάθε δομικό στοιχείο ίδιας κατηγορίας, ενδεικτικές τιμές των θερμικών αντιστάσεων των επί μέρους δομικών υλικών αυτού, καθώς και το κατά πόσο

αυτές οι τιμές μπορεί να μεταβληθούν αλλά και να παρατηρήσουμε ποια δομικά υλικά παρουσιάζουν τόσο τις μεγαλύτερες θερμικές αντιστάσεις όσο και τη σημαντικότερη μεταβολή στη θερμική τους αντίσταση. Οι τιμές που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες και αφορούν το πάχος και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των υλικών είναι ενδεικτικές και προκύπτουν από τη μελέτη που έγινε αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια.

12.5.1 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των τοιχοποιιών

Στην ενότητα αυτή θα παρατηρήσουμε τη μεταβολή των θερμικών αντιστάσεων των δομικών υλικών που συνθέτουν μια τοιχοποιία βάσει της μεταβολής του πάχους αυτών και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τιμές που παρουσιάζονται στη συνέχεια είναι ενδεικτικές και οι πιο συνηθισμένες καθώς ένα δομικό υλικό ανάλογα με το είδος του, τις κατασκευαστικές απαιτήσεις άλλα και την πυκνότητα του μπορεί να μεταβάλλει το πάχος του και τον συντελεστή λ , αντίστοιχα.

➤ Τοιχοποιίες από οπτόπλινθους και τσιμεντόλιθους

- Το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 1,5, 2 και 2,5cm, με συνθηθέστερο πάχος ίσο με 2cm και να έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87 ή και 1W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται από 0,015 έως 0,029m²K/W. Το εξωτερικό επίχρισμα μπορεί να παραληφθεί στην περίπτωση διακοσμητικών επενδύσεων όπως με φυσικούς λίθους, στην περίπτωση διακοσμητικών πλήρων οπτόπλινθων, όταν ως μονωτικό υλικό εφαρμόζεται θερμομονωτικό επίχρισμα καθώς και όταν ο τοίχος κατασκευάζεται σε συνδυασμό με αεριζόμενες προσόψεις. Το εσωτερικό επίχρισμα παραλείπεται στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας όπου αντικαθίσταται από πλάκα γυψοσανίδας, όπως και στην περίπτωση όπου ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό επίχρισμα.

- Το επίχρισμα φινιρίσματος μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχος 0,5cm πάνω από το θερμομονωτικό επίχρισμα και έχει συντελεστή λ 0,087W/mK. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,006m²K/W.

- Η γυψοσανίδα εφαρμόζεται ως εσωτερική επένδυση του μονωτικού υλικού στην περίπτωση εσωτερικής θερμομόνωσης, έχει συνήθως πάχος 1,25cm, συντελεστή λ 0,21W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση ισούται με 0,06m²K/W.

- Πλάκες εκ φυτικών ινών ως εσωτερική επένδυση του μονωτικού υλικού στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης έχουν συνήθως πάχος 2,5cm, συντελεστή λ 0,093W/mK και θερμική αντίσταση 0,269m²K/W.

- Η μονοκέλυφη οπτοπλινθοδομή μπορεί να κατασκευάζεται σε πάχος 12, 18, 19, 20, 24 και 25cm. Ανάλογα με τις διαστάσεις των διάρτητων οπτόπλινθων, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους ο συντελεστής λ της οπτοπλινθοδομής μπορεί να ισούται με 0,4, 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση της οπτοπλινθοδομής μπορεί να κυμαίνεται από 0,167 έως 0,625m²K/W. Μπορεί επίσης, η οπτοπλινθοδομή να κατασκευαστεί και από πλήρεις οπτόπλινθους σε πάχος 20cm, με συντελεστή λ 0,79W/mK και με θερμική αντίσταση 0,253m²K/W.

- Η δικέλυφη οπτοπλινθοδομή κατασκευάζεται από δύο κελύφη από οπτόπλινθους διάρτητους. Το εξωτερικό και εσωτερικό κέλυφος μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχη με τους εξής συνδυασμούς αντίστοιχα 6cm-6cm, 6cm-9cm, 9cm-6cm, 9cm-9cm, 9cm-12cm, 10cm-10cm, 6cm-19cm και 9cm-19cm. Ανάλογα με τις διαστάσεις των διάρτητων οπτόπλινθων, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους ο συντελεστής λ της οπτοπλινθοδομής μπορεί να ισούται με 0,4, 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Συνεπώς, η συνολική θερμική αντίσταση της δικέλυφης οπτοπλινθοδομής μπορεί να κυμαίνεται από 0,167 έως 0,7m²K/W. Μπορεί επίσης, το εξωτερικό κέλυφος της δικέλυφης οπτοπλινθοδομής να κατασκευαστεί από πλήρεις οπτόπλινθους με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,79W/mK ενώ το εσωτερικό κέλυφος από διάρτητους οπτόπλινθους με πιθανούς συντελεστές λ όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω και σε πάχη με τους εξής συνδυασμούς 9cm-9cm και 11,5cm-24cm. Η συνολική θερμική αντίσταση της δικέλυφης οπτοπλινθοδομής για πάχη εξωτερικού και εσωτερικού κελύφους ίσα με 9cm και 9cm αντίστοιχα μπορεί να κυμαίνεται από 0,125 έως 0,225m²K/W, ενώ για πάχη εξωτερικού και εσωτερικού κελύφους ίσα με 11,5cm και 24cm αντίστοιχα μπορεί να κυμαίνεται από 0,479 έως 0,746m²K/W.

- Στην περίπτωση δικέλυφης τοιχοποιίας με αεριζόμενο διάκενο αέρα οι θερμικές αντιστάσεις των δομικών υλικών που βρίσκονται από την εξωτερική πλευρά του αεριζόμενου διακένου δηλαδή οι θερμικές αντιστάσεις της αεριζόμενης πρόσοψης δε λαμβάνονται υπόψη. Το εσωτερικό κέλυφος της τοιχοποιίας αυτής μπορεί να

κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 9cm, 12cm, 10cm, 19cm και 20cm. Ανάλογα με τις διαστάσεις των διάτρητων οπτόπλινθων, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους ο συντελεστής λ μπορεί να ισούται με 0,4, 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση της οπτοπλινθοδομής μπορεί να κυμαίνεται από 0,125 έως 0,5m²K/W.

- Η δικέλυφη οπτοπλινθοδομή με διάκενο εντός του οποίου σύρονται φύλλα συρόμενου κουφώματος κατασκευάζεται από οπτόπλινθους διάτρητους. Το εξωτερικό και εσωτερικό κέλυφος μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχη με τους εξής συνδυασμούς αντίστοιχα 9cm-9cm, 6cm-9cm και 6cm-6cm. Ανάλογα με τις διαστάσεις των διάτρητων οπτόπλινθων, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους ο συντελεστής λ μπορεί να ισούται με 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Ωστόσο, το διάκενο εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα του κουφώματος θεωρείται αεριζόμενο και έτσι οι θερμικές αντιστάσεις του εξωτερικού κελύφους δε λαμβάνονται υπόψη. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση της εσωτερικής οπτοπλινθοδομής μπορεί να κυμαίνεται από 0,083 έως 0,2m²K/W.

- Η δικέλυφη τοιχοποιία με διάκενο εντός του οποίου σύρονται φύλλα συρόμενου κουφώματος μπορεί να κατασκευαστεί με εξωτερικό κέλυφος από οπτόπλινθους όπως περιγράφηκε και παραπάνω και με εσωτερικό κέλυφος κατασκευασμένο βάσει ενός συστήματος ξηράς δόμησης αποτελούμενο από δύο πλάκες γυψοσανίδας στερεούμενες η καθεμία σε μεταλλικό σκελετό. Η γυψοσανίδα που στερεώνεται από τα εξωτερικά του σκελετού έχει πάχος 0,95cm ενώ η γυψοσανίδα που στερεώνεται από την εσωτερική πλευρά του σκελετού έχει πάχος 1,25cm. Ο συντελεστής λ της γυψοσανίδας ισούται με 0,21W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση ισούται με 0,045m²K/W και 0,060m²K/W αντίστοιχα για τα παραπάνω πάχη.

-Το διάκενο αέρα μιας δικέλυφης οπτοπλινθοδομής εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος μπορεί να κατασκευάζεται σε πάχος 9cm, 13cm και 15cm. Ωστόσο, το διάκενο αυτό θεωρείται αεριζόμενο και η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου ισούται με τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο δηλαδή $R_{\delta}=0,13m^2K/W$, ανεξαρτήτως του πάχους αυτού.

-Το διάκενο αέρα (μη αεριζόμενο) που βρίσκεται μεταξύ των δύο κελύφων μιας δικέλυφης τοιχοποιίας από οπτόπλινθους μπορεί να κατασκευάζεται σε πάχος 2cm, 4cm, 5cm και 6cm. Αν και το πάχος του διακένου αέρα μπορεί να μεταβάλλεται η θερμική αντίσταση που προβάλλει ο αέρας παρουσιάζει πολύ μικρή μεταβολή. Για πάχος διακένου αέρα 2cm, η θερμική αντίσταση του αέρα ισούται με 0,175m²K/W, ενώ για πάχος διακένου 4cm, 5cm και 6cm, η θερμική αντίσταση του αέρα ισούται με 0,18m²K/W.

- Το διάκενο αέρα (μη αεριζόμενο) που βρίσκεται μεταξύ των δύο κελύφων και συγκεκριμένα μεταξύ του εξωτερικού κελύφους και της θερμομονωτικής στρώσης μιας δικέλυφης τοιχοποιίας από οπτόπλινθους μπορεί να κατασκευάζεται σε πάχος 2cm, 2,5cm, 5cm και 7cm. Αν και το πάχος του διακένου αέρα μπορεί να μεταβάλλεται η θερμική αντίσταση που προβάλλει ο αέρας παρουσιάζει πολύ μικρή μεταβολή. Για πάχος διακένου αέρα 2cm, η θερμική αντίσταση του αέρα ισούται με 0,175m²K/W, ενώ για πάχος διακένου 2,5cm, 5cm και 7cm, η θερμική αντίσταση του αέρα ισούται με 0,18m²K/W.

- Το αεριζόμενο διάκενο μιας δικέλυφης τοιχοποιίας που σχηματίζεται κατά κύριο λόγο μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και της αεριζόμενης πρόσοψης μπορεί να έχει πάχος το οποίο κυμαίνεται από 2,5 έως και 10cm. Ωστόσο, καθώς το διάκενο αυτό είναι αεριζόμενο, η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου ισούται με τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο δηλαδή $R_{\delta}=0,13m^2K/W$, ανεξαρτήτως του πάχους αυτού.

-Μία εξωτερική επένδυση με φυσικούς λίθους σε πάχος 5cm μπορεί να τοποθετείται ως διακοσμητική επενδυτική στρώση στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους μιας δικέλυφης τοιχοποιίας από οπτόπλινθους. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των φυσικών λίθων ισούται με 3,5W/mK και η θερμική τους αντίσταση προκύπτει ίση με 0,014m²K/W.

- Το θερμομονωτικό επίχρισμα μπορεί να εφαρμόζεται είτε στην περίπτωση της μονοκέλυφης τοιχοποιίας από οπτόπλινθους με σκοπό να προσφέρει την απαιτούμενη θερμική προστασία της τοιχοποιίας είτε στην περίπτωση της δικέλυφης τοιχοποιίας με θερμομόνωση πυρήνα όπου λειτουργεί ως συμπληρωματικό θερμομονωτικό υλικό. Το θερμομονωτικό επίχρισμα με συντελεστή λ 0,056W/mK μπορεί να διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως και 18cm. Το πάχος εφαρμογής του μπορεί να καθορίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις που θέτει ο Κενακ για τον συντελεστή U. Συνήθως, η εφαρμογή του επιχρίσματος αυτού σε πάχος από 6 έως και 10cm θεωρείται ικανοποιητική. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, για αυτά τα πάχη κυμαίνεται από 1,071 έως 1,786m²K/W.

-Μονοκέλυφη τοιχοποιία από τσιμεντόλιθους μπορεί να κατασκευάζεται από τσιμεντόλιθους διάτρητους ή πλήρεις σε πάχος 15, 16, 17, 19 και 20cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των διάτρητων τσιμεντόλιθων ισούται συνήθως με 0,56, 0,7 ή 0,79W/mK και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,19 έως 0,357m²K/W. Ο συντελεστής λ των πλήρων τσιμεντόλιθων ισούται συνήθως με 0,79, 0,99 ή 1,1W/mK και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,136 έως 0,253m²K/W.

- Το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ενδεικτικά, το μονωτικό υλικό μπορεί να επιλέγεται σε πάχος 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 8cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,033W/mK απαιτείται πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 5cm και μεγαλύτερο για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για λ=0,033W/mK και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από 0,606 έως 2,424m²K/W.

➤ Τοιχοποιίες από ελαφροτσιμεντόλιθους (πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα)

- Το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχος 2cm με και έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,023m²K/W.

- Η μονοκέλυφη πλινθοδομή από πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα κατασκευάζεται σε πάχος 20, 25 ή και 30cm. Για συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των πλίνθων ίσο με 0,11W/mK, η θερμική αντίσταση της πλινθοδομής κυμαίνεται από 1,818 έως 2,727m²K/W.

Για τα παραπάνω χαρακτηριστικά των δομικών υλικών η τοιχοποιία αυτή παρουσιάζει χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας ο οποίος ικανοποιεί τις απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για το συντελεστή U. Ωστόσο, στην περίπτωση που επιλεγθούν πλίνθοι με μεγαλύτερη πυκνότητα και συνεπώς με μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας όπως με ρ=800kg/m³ και με λ= 0,22W/mK, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας αυξάνεται, η τοιχοποιία παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμικές απώλειες και δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης του Κ.Εν.Α.Κ. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να τοποθετηθεί μια επιπλέον θερμομονωτική στρώση από ένα ελαφρύ θερμομονωτικό υλικό, σε πάχος αναλόγως των απαιτήσεων.

➤ Τοιχοποιίες από θερμομονωτικά τούβλα

- Το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 2 και 2,5cm, είτε πάνω στην πλινθοδομή είτε πάνω στο μονωτικό υλικό όταν αυτό απαιτείται. Έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87W/mK και συνεπώς, η θερμική του αντίσταση μπορεί να ισούται με 0,023 και 0,029m²K/W αντίστοιχα.

- Το επίχρισμα φινιρίσματος μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχος 0,5cm πάνω από το θερμομονωτικό επίχρισμα και έχει συντελεστή λ 0,087W/mK. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,006m²K/W.

- Η μονοκέλυφη πλινθοδομή από θερμομονωτικά τούβλα μπορεί να κατασκευάζεται σε πάχος 25, 28 και 30cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των θερμομονωτικών τούβλων μεταβάλλεται ανάλογα με το υλικό, τις διαστάσεις τους, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους. Έτσι, μια πλινθοδομή κατασκευασμένη από αυτά τα τούβλα με πάχος 25cm μπορεί να έχει συντελεστή λ ίσο με 0,116 ή και 0,27W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση μπορεί να μεταβληθεί από 2,155 σε 0,926m²K/W. Μια πλινθοδομή πάχους 28cm και με συντελεστή λ 0,23W/mK, παρουσιάζει θερμική αντίσταση ίση με 1,217m²K/W. Τέλος, μια πλινθοδομή πάχους 30cm μπορεί να έχει συντελεστή λ ίσο με 0,115 ή και 0,27W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση μπορεί να μεταβληθεί από 2,609 σε 1,304m²K/W. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι για πάχος πλινθοδομής 25cm και 30cm και για συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας 0,116 και 0,115W/mK αντίστοιχα, η τοιχοποιία που κατασκευάζεται ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης του Κ.Εν.Α.Κ., ενώ στις άλλες περιπτώσεις προκύπτουν υψηλοί συντελεστές θερμοπερατότητας και απαιτείται η τοποθέτηση επιπλέον θερμομονωτικού υλικού, συνήθως στην εξωτερική όψη της πλινθοδομής.

- Η μονοκέλυφη πλινθοδομή από θερμομονωτικά τούβλα με ενσωματωμένο θερμομονωτικό υλικό κατασκευάζεται σε πάχος αναλόγως των διαστάσεων των τούβλων. Μπορεί να κατασκευαστεί σε πάχος 20cm από τούβλα που έχουν συντελεστή λ 0,22W/mK. Η θερμική αντίσταση της πλινθοδομής αυτής ισούται με

0,909m²K/W. Η τοιχοποιία που κατασκευάζεται με βάση τα θερμομονωτικά αυτά τούβλα δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης του Κ.Εν.Α.Κ., και συνεπώς απαιτείται η επιπλέον τοποθέτηση ενός θερμομονωτικού υλικού.

- Η χρήση του θερμομονωτικού επιχρίσματος αποσκοπεί στη συμπληρωματική θερμική προστασία της τοιχοποιίας. Το θερμομονωτικό επίχρισμα με συντελεστή λ 0,056W/mK γενικά μπορεί να διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως και 18cm. Το πάχος εφαρμογής του καθορίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τον συντελεστή U. Η εφαρμογή του επιχρίσματος αυτού σε πάχος από 5, 6, 7 και 8cm προκαλεί σημαντική μείωση στο συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, για αυτά τα πάχη κυμαίνεται από 0,893 έως 1,429m²K/W.

- Η χρήση ενός μονωτικού υλικού αποσκοπεί στη συμπληρωματική θερμική προστασία της τοιχοποιίας. Το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Όπως προαναφέρθηκε, θεωρείται ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,033W/mK και για πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 5cm, η θερμική του αντίσταση ισούται με 1,515m²K/W. Για τις τιμές αυτές ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας προκύπτει αρκετά χαμηλός και συνεπώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ.

➤ Μεικτές τοιχοποιίες και λιθοδομές

- Το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα μιας λιθοδομής συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 2cm, έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87W/mK και η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,023m²K/W. Εναλλακτικά, για αισθητικούς λόγους παραλείπεται.

- Η μονοκέλυφη τοιχοποιία που κατασκευάζεται από φυσικούς λίθους (λιθοδομή) μπορεί να έχει πάχος που κυμαίνεται από 50cm έως 100cm και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ ίσο με 3,5W/mK. Συνεπώς, η θερμική της αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,143 έως 0,333m²K/W.

- Η μεικτή δικέλυφη τοιχοποιία κατασκευάζεται με εξωτερικό κέλυφος από φυσικούς λίθους σε πάχος που μπορεί να κυμαίνεται από 35 έως 50cm, ενώ το εσωτερικό κέλυφος πρόκειται για οπτοπλινθοδομή αποτελούμενη από διάτρητους οπτόπλινθους και το πάχος της μπορεί να ισούται με 6 ή και 9cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των φυσικών λίθων ισούται με 3,5W/mK ενώ ο συντελεστής λ της οπτοπλινθοδομής μπορεί να πάρει τις τιμές 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Συνεπώς, η συνολική θερμική αντίσταση των δύο κελύφων κυμαίνεται από 0,183 έως 0,343m²K/W.

- Το εσωτερικό επίχρισμα που εφαρμόζεται στην εσωτερική επιφάνεια της οπτοπλινθοδομής συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 2 και 2,5cm, έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87W/mK και η θερμική του αντίσταση μπορεί να πάρει τις τιμές 0,023 και 0,029m²K/W.

- Το πάχος του μονωτικού υλικού που τοποθετείται μεταξύ των δύο κελύφων της παραπάνω μεικτής δικέλυφης τοιχοποιίας και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Επιπλέον, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Όπως προαναφέρθηκε, θεωρείται ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστής λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,033W/mK και για πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 5cm ή και 6cm ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για κάποιες κλιματικές ζώνες. Για τις τιμές αυτές η θερμική αντίσταση της μόνωσης προκύπτει ίση με 1,515 και 1,818m²K/W και αντίστοιχα.

➤ Τοιχοποιίες ξηράς δόμησης

Οι τοιχοποιίες ξηράς δόμησης κατασκευάζονται κατά βάσει από ένα μεταλλικό σκελετό εξωτερικά του οποίου στερεώνεται μια πλάκα τσιμεντοσανίδας και στο εσωτερικό του τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Οι διάφορες κατασκευαστικές λύσεις παρουσιάζουν κατά κύριο λόγο τυποποιημένα χαρακτηριστικά. Έτσι, η θερμική αντίσταση ενός δομικού υλικού που χρησιμοποιείται σε αυτού του τύπου τις τοιχοποιίες δε παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές.

- Η τσιμεντοσανίδα στερεώνεται στην εξωτερική πλευρά του μεταλλικού σκελετού σε πάχος 1,25cm. Έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,36W/mK και η θερμική της αντίσταση ισούται με 0,035m²K/W.

- Το εξωτερικό επίχρισμα που εφαρμόζεται πάνω στην τσιμεντοσανίδα έχει πάχος που μπορεί να κυμαίνεται από 0,5 έως 0,7cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ισούται με 0,87W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση κυμαίνεται από 0,006 έως 0,008m²K/W.

- Το εξωτερικό επίχρισμα που εφαρμόζεται πάνω στο μονωτικό υλικό, στην περίπτωση της τοποθέτησης επιπλέον στρώσης μονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά της τσιμεντοσανίδας, έχει πάχος 2cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του είναι ίσος με 0,87W/mK και η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,023m²K/W.

- Ο κύριος μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται από ορθοστάτες και στρωτήρες σε πλάτη διατομής 75mm ή 100mm. Πρόκειται για χαλύβδινους οδηγούς με ορθογωνική κοίλη διατομή εντός των οποίων τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, από την εσωτερική πλευρά του κύριου μεταλλικού σκελετού μπορεί να τοποθετείται και ένας δεύτερος μεταλλικός σκελετός στο εσωτερικό του οποίου και πάλι τοποθετείται μονωτικό υλικό. Ο σκελετός αυτός κατασκευάζεται από ορθοστάτες και στρωτήρες σε πλάτος διατομής 50mm. Η προσθήκη του σκελετού αυτού οφείλεται είτε σε κατασκευαστικούς λόγους είτε για την τοποθέτηση μιας επιπλέον στρώσης μονωτικού υλικού στην εσωτερική πλευρά της τοιχοποιίας με σκοπό την καλύτερη θερμική προστασία αυτής. Η κάθε μία από τις τρεις πλευρές της διατομής των οδηγών έχει πάχος ίσο με 0,6mm. Λόγω, λοιπόν, του μικρού τους πάχους και της μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας που παρουσιάζει ο χάλυβας, η θερμική τους αντίσταση μπορεί να μη ληφθεί υπόψη.

- Δύο στρώσεις από πλάκες γυψοσανίδας στερεώνονται διαδοχικά στην εσωτερική πλευρά του κύριου μεταλλικού σκελετού. Στην περίπτωση όπου τοποθετείται και ο δεύτερος μεταλλικός σκελετός αυτές τοποθετούνται είτε διαδοχικά στην εσωτερική πλευρά αυτού είτε ξεχωριστά οπότε η μία γυψοσανίδα στερεώνεται στην εσωτερική πλευρά του κύριου σκελετού και η δεύτερη στην εσωτερική πλευρά του εσωτερικού σκελετού. Το συνολικό πάχος των δύο γυψοσανίδων μπορεί να ισούται με 2,5cm (2×1,25cm) ή 3cm (2×1,5cm). Η γυψοσανίδα πυκνότητας 700kg/m³ παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,21W/mK. Η συνολική θερμική αντίσταση των δύο γυψοσανίδων για τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορεί να ισούται με 0,119m²K/W ή 0,143m²K/W αντίστοιχα.

- Διάκενο αέρα μη αεριζόμενο μπορεί σχηματίζεται μεταξύ του μονωτικού υλικού και της τσιμεντοσανίδας. Το πάχος του διακένου μπορεί να ισούται με 1,5 ή 2cm και συνεπώς η θερμική αντίσταση του αέρα ισούται με 0,17m²K/W ή 0,175m²K/W αντίστοιχα.

- Στην περίπτωση τοποθέτησης και του δεύτερου μεταλλικού σκελετού σχηματίζεται ένα διάκενο αέρα (μη αεριζόμενο) πάχους 2cm μεταξύ του δεύτερου μονωτικού υλικού και της γυψοσανίδας που είναι στερεωμένη στον κύριο μεταλλικό σκελετό, είτε μεταξύ των δύο μονωτικών υλικών. Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου ισούται με 0,175m²K/W.

- Το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. αλλά και από κατασκευαστικούς παράγοντες σε αυτή τη περίπτωση τοιχοποιίας. Στο εσωτερικό του κύριου μεταλλικού σκελετού με πάχος διατομής 7,5cm συνίσταται η τοποθέτηση μονωτικού υλικού σε πάχος 6cm, ενώ στην περίπτωση σκελετού με πάχος διατομής 10cm συνίσταται η τοποθέτηση μονωτικού υλικού σε πάχος 8cm. Όταν τοποθετείται και ο δεύτερος εσωτερικός μεταλλικός σκελετός με πάχος διατομής 5cm στο εσωτερικό αυτού τοποθετείται μονωτικό υλικό πάχος 4cm. Έτσι, στην περίπτωση αυτή το συνολικό πάχος του μονωτικού υλικού προκύπτει ίσο με 10cm ή 12cm αντίστοιχα. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού εξαρτάται από το είδος και την πυκνότητα του. Ως μονωτικά υλικά που τοποθετούνται στο εσωτερικό των μεταλλικών σκελετών επιλέγονται ινώδη μονωτικά υλικά όπως πετροβάμβακας και ορυκτοβάμβακας, των οποίων ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να κυμαίνεται από 0,032 έως 0,039W/mK. Για πάχος μόνωσης από 6 έως 12cm και για τις παραπάνω τιμές του συντελεστή λ, η θερμική της αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται

από 1,538 έως και 3,75m²K/W. Επιπλέον, στην περίπτωση τοιχοποιίας με μονό μεταλλικό σκελετό μπορεί να τοποθετηθεί εξωτερικά αυτής και μια επιπλέον στρώση μονωτικού υλικού που λειτουργεί ως συμπληρωματικό μονωτικό υλικό και το πάχος του, για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού, μπορεί να καθορίζεται αναλόγως των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ. και από την επιθυμητή θερμική προστασία της τοιχοποιίας.

12.5.2 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των κολόνων και των δοκών

Οι κολόνες και οι δοκοί αποτελούν τμήματα του φέροντα οργανισμού του κτιρίου και κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι κολόνες αποτελούν κατακόρυφα τμήματα του σκελετού του κτιρίου και διακρίνονται κατά κύριο λόγο στα υποστυλώματα και στα τοιχία ενώ οι δοκοί αποτελούν οριζόντια τμήματα του σκελετού του κτιρίου. Τα στοιχεία αυτά δύνανται να αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά υλικά:

- Το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 2, 2,5 και 3cm, με συνηθέστερο πάχος ίσο με 2cm και να έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87 ή και 1W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται από 0,02 έως 0,034m²K/W. Το εξωτερικό επίχρισμα μπορεί να παραληφθεί στην περίπτωση που το στοιχείο κατασκευάζεται από διακοσμητικό εμφανές σκυρόδεμα, όταν ως μονωτικό υλικό εφαρμόζεται θερμομονωτικό επίχρισμα, όταν ως τελική επικαλυπτική στρώση πάνω από το μονωτικό υλικό (εξωτερική θερμομόνωση) ή πάνω από το οπλισμένο σκυρόδεμα τοποθετούνται διάφορες επενδυτικές στρώσεις όπως πλήρεις οπτόπλινθοι και μεταλλικά φύλλα καθώς και όταν το στοιχείο κατασκευάζεται σε συνδυασμό με αεριζόμενες προσόψεις. Το εσωτερικό επίχρισμα παραλείπεται στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης του στοιχείου όπου αντικαθίσταται από πλάκα γυψοσανίδας, όπως και στην περίπτωση όπου ως μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται θερμομονωτικό επίχρισμα.

- Το επίχρισμα φινιρίσματος μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχος 0,5cm πάνω από το θερμομονωτικό επίχρισμα και έχει συντελεστή λ 0,087W/mK. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,006m²K/W.

-Η γυψοσανίδα εφαρμόζεται ως εσωτερική επένδυση του μονωτικού υλικού στην περίπτωση εσωτερικής θερμομόνωσης, έχει συνήθως πάχος 1,25cm, συντελεστή λ 0,21W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση ισούται με 0,06m²K/W.

-Το φύλλο αλουμινίου τοποθετείται ως τελική επικαλυπτική στρώση πάνω από το μονωτικό υλικό στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης, έχει πάχος 0,4cm, συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 54W/mK και η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,00007m²K/W.

- Τόσο οι κολόνες όσο και οι δοκοί κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πάχος τους καθορίζεται από κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ενδεικτικά μια δοκός μπορεί να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα σε πάχη 18, 19, 20, 25 και 30cm. Ένα τοιχίο μπορεί να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα σε πάχος 10, 15, 19, 25 και 30cm και τέλος, ένα υποστύλωμα μπορεί να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα σε ενδεικτικά πάχη 20, 25 και 30cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του οπλισμένου σκυροδέματος εξαρτάται από το ποσοστό οπλισμού που φέρει, την πυκνότητα του και την ποιότητα (κατηγορία) του σκυροδέματος και μπορεί να πάρει τις τιμές 2,03, 2,2, 2,3 και 2,5W/mK. Όσον αφορά τη δοκό αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με 2,5W/mK και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση της κυμαίνεται από 0,072 έως 0,12m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 2,03W/mK η θερμική της αντίσταση κυμαίνεται από 0,089 έως 0,148m²K/W. Για το τοιχίο αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με 2,5W/mK και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση του κυμαίνεται από 0,04 έως 0,12m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 2,03W/mK η θερμική του αντίσταση κυμαίνεται από 0,049 έως 0,148m²K/W. Ομοίως, για το υποστύλωμα αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με 2,5W/mK και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση του κυμαίνεται από 0,08 έως 0,12m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 2,03W/mK η θερμική του αντίσταση κυμαίνεται από 0,099 έως 0,148m²K/W. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι αν και οι θερμικές αντιστάσεις των στοιχείων σκυροδέματος μεταβάλλονται, καθώς μεταβάλλεται το πάχος τους ή ο συντελεστής θερμικής τους αγωγιμότητας, οι τιμές των θερμικών αντιστάσεων είναι αρκετά μικρές ώστε οι μεταβολές αυτές να μην επηρεάζουν καθοριστικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

- Εξωτερικά του δομικού στοιχείου μπορεί να κατασκευάζεται οπτοπλινθοδομή από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 6cm. Μεταξύ της οπτοπλινθοδομής του οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται το μονωτικό υλικό.

Ανάλογα με τις διαστάσεις των διάτρητων οπτόπλινθων, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους ο συντελεστής λ μπορεί να ισούται με 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση της οπτοπλινθοδομής μπορεί να κυμαίνεται από 0,083 έως 0,133m²K/W.

- Εσωτερικά του δομικού στοιχείου μπορεί να κατασκευάζεται οπτοπλινθοδομή από οπτόπλινθους διάτρητους σε πάχος 6 ή και 9cm. Μεταξύ της οπτοπλινθοδομής του οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Ανάλογα με τις διαστάσεις των διάτρητων οπτόπλινθων, την αναλογία των οπών τους και την πυκνότητα τους ο συντελεστής λ μπορεί να ισούται με 0,45, 0,46, 0,51, 0,52 και 0,72W/mK. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση της οπτοπλινθοδομής μπορεί να κυμαίνεται από 0,083 έως 0,2m²K/W.

- Στην περίπτωση κατασκευής αεριζόμενου δομικού στοιχείου, η θερμική αντίσταση του αέρα του αεριζόμενου διακένου που σχηματίζεται μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και της αεριζόμενης πρόσοψης, ισούται με τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο δηλαδή $R_s=0,13m^2K/W$, ανεξαρτήτως του πάχους αυτού.

- Πλάκες εκ φυτικών ινών ως μονωτικό υλικό τοποθετούνται στην εξωτερική ή εσωτερική πλευρά του οπλισμένου σκυροδέματος σε πάχος 3,5 ή 5cm, και έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,093W/mK και 0,081W/mK αντίστοιχα. Η θερμική αντίστασή τους αντίστοιχα ισούται με 0,376m²K/W και 0,617m²K/W αντίστοιχα.

- Το θερμομονωτικό επίχρισμα μπορεί να εφαρμόζεται είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του δομικού στοιχείου, κατά κύριο λόγο όμως εξωτερικά, με σκοπό να προσφέρει την απαιτούμενη θερμική προστασία στο στοιχείο σκυροδέματος. Το θερμομονωτικό επίχρισμα με συντελεστή λ 0,056W/mK μπορεί να διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως και 18cm. Το πάχος εφαρμογής του μπορεί να καθορίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τον συντελεστή U . Για συνολικό πάχος εφαρμογής ίσο 8cm το δομικό στοιχείο μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της Α κλιματικής ζώνης, ενώ για πάχος εφαρμογής 13cm το δομικό στοιχείο ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομόνωσης σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, για αυτά τα πάχη κυμαίνεται από 1,429 έως 2,321m²K/W.

- Όπως έχει ήδη αναφερθεί το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ωστόσο, στην περίπτωση των δομικών αυτών στοιχείων, τα οποία αποτελούν τμήματα του σκελετού του κτιρίου, ως προς την επιλογή του πάχους της μόνωσης, μπορεί αναλόγως και της δομής του τοίχου να υπεισέρχονται και κατασκευαστικοί παράγοντες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται σε πάχος 2,5, 3, 4, 5, 6, 7 και 8cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνθήκη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,033W/mK απαιτείται πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 5cm και μεγαλύτερο για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για $\lambda=0,033W/mK$ και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από 0,758 έως 2,424m²K/W.

12.5.3 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των δωματίων

Τα δώματα πρόκειται για οριζόντιες οροφές κατασκευασμένες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Δύνανται να αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά υλικά:

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος κατασκευάζεται συμπαγής σε πάχος αναλόγως των κατασκευαστικών απαιτήσεων. Ενδεικτικά μπορεί να έχει πάχος 14, 15, 16, 19 και 20cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του οπλισμένου σκυροδέματος εξαρτάται από το ποσοστό οπλισμού που φέρει, την πυκνότητα του και την ποιότητα (κατηγορία) του σκυροδέματος και μπορεί να πάρει τις τιμές 2,03, 2,2, 2,3 και 2,5W/mK. Αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με 2,5W/mK και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση της πλάκας κυμαίνεται από 0,056 έως 0,08m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 2,03W/mK η θερμική της αντίσταση κυμαίνεται από 0,069 έως 0,099m²K/W. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι αν και η θερμική αντίσταση της φέρουσας πλάκας μεταβάλλεται, καθώς μεταβάλλεται το πάχος της ή ο συντελεστής θερμικής της

αγωγιμότητας, οι τιμές των θερμικών αντιστάσεων είναι αρκετά μικρές ώστε οι μεταβολές αυτές να μην επηρεάζουν καθοριστικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να πρόκειται και για δοκιδωτή πλάκα η οποία κατασκευάζεται με κενά, πρόκειται για σύνθετο δομικό στοιχείο και η τελική της διαμόρφωση εξαρτάται από κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια δοκιδωτή φέρουσα πλάκα μπορεί να έχει συνολικό πάχος 30cm, να αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς) και συνεπώς το κενό που διαμορφώνεται έχει πάχος 14cm, το οποίο συμπληρώνεται με μονωτικό υλικό. Η φέρουσα αυτή πλάκα παρουσιάζει διατομές με διαφορετικές θερμικές αντιστάσεις. Ως μονωτικό υλικό πλήρωσης των κενών επιλέγεται συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη. Αν θεωρήσουμε ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της διογκωμένης πολυστερίνης ισούται με 0,039W/mK και για συντελεστή λ οπλισμένου σκυροδέματος ίσο με 2,03W/mK, μπορούμε να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις των δύο διαφορετικών διατομών της πλάκας. Έτσι, στη διατομή της πλάκας όπου δεν υπάρχουν κενά για πάχος σκυροδέματος 30cm η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 0,148m²K/W, ενώ στη διατομή όπου συμπεριλαμβάνονται η πάνω και η κάτω πλάκα σκυροδέματος και το μονωτικό υλικό η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 3,668m²K/W. Επιπλέον, μια δοκιδωτή φέρουσα πλάκα μπορεί να κατασκευαστεί με συνολικό πάχος 25cm, να αποτελείται από μία πλάκα στην άνω επιφάνεια πάχους 8cm και συνεπώς το κενό που διαμορφώνεται έχει πάχος 17cm, το οποίο συμπληρώνεται με μονωτικό υλικό. Θεωρώντας και πάλι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της διογκωμένης πολυστερίνης ισούται με 0,039W/mK και για συντελεστή λ οπλισμένου σκυροδέματος ίσο με 2,03W/mK, μπορούμε να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις των δύο διαφορετικών διατομών της πλάκας. Έτσι, στη διατομή της πλάκας όπου δεν υπάρχουν κενά για πάχος σκυροδέματος 25cm η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 0,123m²K/W, ενώ στη διατομή όπου συμπεριλαμβάνονται η πάνω πλάκα σκυροδέματος και το μονωτικό υλικό η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 4,398m²K/W.

- Το εσωτερικό επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 1,5, 2 και 2,5cm, με συνθηθέστερο πάχος ίσο με 2cm και να έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87 ή και 1W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται από 0,015 έως 0,029m²K/W. Εφαρμόζεται στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας ή στην κάτω πλευρά του μονωτικού υλικού στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης. Παραλείπεται στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης όπου κάτω από τη φέρουσα πλάκα κατασκευάζεται ψευδοροφή.

- Η στρώση των κλίσεων μπορεί να κατασκευάζεται από κάποιο τύπο ελαφροσκυροδέματος ή και από κάποιο άοπλο σκυρόδεμα χαμηλότερης πυκνότητας, σε πάχος που καθορίζεται από το είδος του υλικού και τις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η στρώση κλίσεων μπορεί να κατασκευάζεται από κισηρόδεμα πυκνότητας 1000kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,35W/mK σε πάχη 5, 7, 10 έως και 15cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, κυμαίνεται από 0,143 έως 0,429m²K/W. Επίσης, κισηρόδεμα με πυκνότητα 500kg/m³ και με συντελεστή λ 0,2W/mK καθώς και με πυκνότητα 800kg/m³ και με συντελεστή λ 0,28W/mK μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχος 5cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,25 και 0,179m²K/W αντίστοιχα. Το κυψελωτό σκυρόδεμα μπορεί να διαστρωθεί σε πάχη όπως 10, 12 και 13cm και ανάλογα με την πυκνότητα του ο συντελεστής θερμικής του αγωγιμότητας μπορεί να ισούται με 0,19, 0,23, 0,29 και 0,35W/mK. Η θερμική του αντίσταση λοιπόν μπορεί να κυμαίνεται από 0,288 έως 0,684m²K/W. Το γαρμπιλόδεμα διαστρώνεται σε πάχος συνήθως 7 ή 8cm, έχει συντελεστή λ ίσο με 0,64W/mK και η θερμική του αντίσταση προκύπτει ίση με 0,109 και 0,125m²K/W αντίστοιχα. Το σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας ίσης με 2000kg/m³, με συντελεστή λ 1,35W/mK μπορεί να εφαρμοστεί σε πάχος 5cm και παρουσιάζει θερμική αντίσταση ίση με 0,037m²K/W. Το περλιτόδεμα με αναλογία τσιμέντου και περλίτη ίση 1:6 έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,145W/mK, μπορεί να εφαρμοστεί σε πάχος ίσο με 13cm και παρουσιάζει θερμική αντίσταση ίση με 0,897m²K/W.

- Ως στεγανοποιητική στρώση και φράγμα υδρατμών μπορούν να εφαρμοσθούν επαλείψεις από ασφαλτικά γαλακτώματα, ασφαλτικά φύλλα ή φύλλα PVC. Το ασφαλτικό γαλάκτωμα έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,17W/mK, μπορεί να εφαρμοστεί σε συνολικό πάχος 1cm και συνεπώς η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,059m²K/W. Ως ασφαλτικά φύλλα μπορούν να επιλεγθούν είτε ασφαλτόχαρτα είτε διαφόρων τύπων ασφαλτόπανα τα οποία έχουν συντελεστή λ ίσο με 0,19 και 0,23W/mK αντίστοιχα. Ενδεικτικά μπορούν να καταλαμβάνουν πάχη από 0,4 έως και 1cm. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση στρώσης από ασφαλτόχαρτα μπορεί να κυμαίνεται από 0,021 έως 0,053m²K/W, ενώ η θερμική αντίσταση στρώσης

από ασφαλτόπανα μπορεί να κυμαίνεται από 0,017 έως 0,043m²K/W. Τα φύλλα PVC παρουσιάζουν τυποποιημένα πάχη τα οποία κυμαίνονται από 0,12 έως 0,24cm και έχουν συντελεστή λ ίσο με 0,17W/mK. Η θερμική τους αντίσταση, λοιπόν, κυμαίνεται από 0,007 έως 0,014m²K/W.

- Το χαλίκι ως τελική επίστρωση μπορεί να διαστρωθεί σε πάχος από 5cm έως 12cm και έχει συντελεστή λ ίσο με 0,81W/mK. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, κυμαίνεται από 0,062 έως 0,148m²K/W.

- Γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,64W/mK, ως τελική επίστρωση διαστρώνεται σε πάχος 7cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,109m²K/W.

- Κυψελωτό σκυρόδεμα πυκνότητας 600kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,23W/mK, ως τελική επίστρωση διαστρώνεται σε πάχος 10cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,435m²K/W.

- Οι πλάκες ταρατσας (πεζοδρομίου) έχουν συντελεστή λ ίσο με 1,5W/mK και τοποθετούνται στις οροφές ως τελική επίστρωση σε πάχη 2 ή και 4cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται αντίστοιχα με 0,013 και 0,027m²K/W.

- Το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα που τοποθετείται στις οροφές για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων, λειτουργεί ως συνδετικό κόνιαμα και μπορεί να διαστρωθεί σε πάχη όπως 2, 2,5 και 3cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ισούται 0,87W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,023 έως 0,034m²K/W.

- Το τσιμεντοκονίαμα που τοποθετείται στις οροφές για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων, λειτουργεί ως συνδετικό κόνιαμα και μπορεί να διαστρωθεί σε πάχη από 2 έως και 6cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ισούται 1,4W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,014 έως 0,043m²K/W.

- Τα μάρμαρα έχουν συντελεστή λ ίσο με 3,5W/mK και τοποθετούνται στις οροφές ως τελική επίστρωση σε πάχη 2 ή και 3cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται αντίστοιχα με 0,006 και 0,009m²K/W.

- Τα κεραμικά πλακίδια έχουν συντελεστή λ ίσο με 1,84W/mK και τοποθετούνται στις οροφές ως τελική επίστρωση σε πάχη 1 ή και 2cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται αντίστοιχα με 0,005 και 0,011m²K/W.

- Οι μαλτεζόπλακες έχουν συντελεστή λ ίσο με 1,05W/mK και τοποθετούνται στις οροφές ως τελική επίστρωση σε πάχος 3cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται 0,029m²K/W.

- Γενικά πλακίδια επίστρωσης οροφών με συντελεστή λ ίσο με 1,05W/mK μπορούν να τοποθετούνται ως τελική επίστρωση σε πάχος 3cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται 0,029m²K/W.

- Τα θερμομονωτικά πλακίδια συνολικού πάχους 7cm χρησιμοποιούνται ως τελική επικάλυψη ενώ παράλληλα προσφέρουν και την απαραίτητη θερμική προστασία στις οροφές. Αποτελούνται από μία πλάκα τσιμεντοκονιάματος πάχους 1 ή 2cm με συντελεστή λ ίσο με 1,395W/mK, η οποία είναι επικολλημένη πάνω σε μια πλάκα μονωτικού υλικού (αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης) πάχους 5cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,030 έως 0,034W/mK. Η θερμική αντίσταση αυτού πλακιδίου, λοιπόν, δύναται να κυμαίνεται από 1,477 έως 1,681m²K/W.

- Στην περίπτωση του φυτεμένου δώματος τοποθετείται ως τελική επίστρωση χώμα φύτευσης με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 2W/mK. Ενδεικτικά το πάχος του μπορεί να κυμαίνεται από 10 έως 20cm, και η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, κυμαίνεται από 0,05 έως 0,1m²K/W.

- Ως αποστραγγιστική στρώση σε φυτεμένα δώματα μπορούν να διαστρωθούν κροκάλες σε πάχος 4 με 5cm, οι οποίες παρουσιάζουν συντελεστή λ ίσο με 1,4W/mK. Η θερμική τους αντίσταση κυμαίνεται από 0,029 έως 0,036m²K/W.

- Τα χαρακτηριστικά της αποστραγγιστικής μεμβράνης που χρησιμοποιείται σε φυτεμένα δώματα εξαρτώνται από το προϊόν που θα επιλεγεί. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια αποστραγγιστική μεμβράνη μπορεί να έχει πάχος 1,1cm, συντελεστή λ 0,16W/mK και συνεπώς θερμική αντίσταση ίση με 0,069m²K/W. Άλλη αποστραγγιστική μεμβράνη μπορεί να έχει πάχος 0,86cm, συντελεστή λ 0,2W/mK και συνεπώς θερμική αντίσταση ίση με 0,043m²K/W.

- Διογκωμένος περλίτης μπορεί να τοποθετείται πάνω από την αποστραγγιστική μεμβράνη σε πάχος 5cm. Παρουσιάζει συντελεστή λ ίσο με 0,07W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,714m²K/W.

- Στρώση από φύλλο πολυαιθυλενίου μπορεί να έχει πάχος από 0,1 έως 0,6cm και τοποθετείται είτε πάνω από το μονωτικό υλικό για την προστασία αυτού από υγρασία υπερκείμενων στρώσεων είτε πάνω από την αποστραγγιστική μεμβράνη ως φίλτρο διήθησης σε φυτεμένα δώματα. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας φύλλου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας ισούται με 0,5W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,002 έως 0,012m²K/W.

- Μία στρώση από γεώφρασμα, το πάχος της οποίας μπορεί να κυμαίνεται από 0,15 έως 0,3cm, μπορεί να τοποθετείται είτε πάνω από ένα μονωτικό υλικό για την προστασία αυτού από υπερκείμενη στρώση από χαλίκι ή κροκάλες είτε σε φυτεμένα δώματα πάνω από τη στρώση με τις κροκάλες και κάτω από το χώμα φύτευσης. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ισούται με 0,04W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,037 έως 0,075m²K/W.
- Πλάκες εκ φυτικών ινών τοποθετούνται σε οροφές με δοκιδωτή φέρουσα πλάκα σκυροδέματος ως συμπληρωματικό μονωτικό υλικό. Εφαρμόζονται σε πάχος 3cm, έχουν συντελεστή λ ίσο με 0,093W/mK και η θερμική τους αντίσταση ισούται με 0,323m²K/W. Δεν ενδείκνυται η χρήση τους ως κύριο μονωτικό υλικό σε μια οροφή καθώς λόγω του υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν σε σχέση με άλλα μονωτικά υλικά δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τις οροφές.
- Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορούν να τοποθετηθούν ξύλινα καδρόνια για τη στερέωση του μονωτικού υλικού. Το πάχος των καδρονίων εξαρτάται από το πάχος του μονωτικού υλικού που θα τοποθετηθεί. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος τους μπορεί να ισούται με 3, 4, 5, 6 και 7cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου (πεύκο, έλατο) ισούται με 0,14W/mK και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,214 έως 0,5m²K/W. Εναλλακτικά, μπορούν να στερεωθούν μεταλλικοί δοκοί ορθογωνικής κοίλης διατομής, στο εσωτερικό των οποίων μπορεί να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με το μικρό πάχος της κάθε πλευράς της διατομής των δοκών αυτών μας επιτρέπει να αμελήσουμε τη θερμική τους αντίσταση.
- Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να στερεωθεί ένας ξύλινος σκελετός. Πιο συγκεκριμένα, κάτω από τη φέρουσα πλάκα τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια άμεσα στερεωμένα μεταξύ των οποίων τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Στη συνέχεια, τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια κάθετα στα πρώτα μεταξύ των οποίων μπορεί να τοποθετείται είτε μια δεύτερη στρώση μονωτικού υλικού ή να διαμορφώνεται ένα μη αεριζόμενο διάκενο αέρα. Το πάχος των καδρονίων εξαρτάται από το πάχος του μονωτικού που πρόκειται να τοποθετηθεί. Μια συνήθης κατασκευαστική λύση είναι η τοποθέτηση των πρώτων καδρονίων κάτω από την πλάκα σε πάχος ίσο με 5cm και των δεύτερων σε πάχος ίσο με 3cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου (πεύκο, έλατο) ισούται με 0,14W/mK και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση ισούται αντίστοιχα με 0,357 και 0,214m²K/W. Τέλος, η θερμική αντίσταση του αέρα του μη αεριζόμενου διακένου που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ του μονωτικού υλικού και της επένδυσης της ψευδοροφής ισούται με 0,16m²K/W για πάχη διακένου μεγαλύτερα των 1,5cm.
- Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να αναρτάται ένας ισόπεδος ή ανισόπεδος μεταλλικός σκελετός πάνω από τον οποίο τοποθετείται το μονωτικό υλικό. Λόγω της ορθογωνικής κοίλης διατομής των μεταλλικών δοκών καθώς και λόγω του μικρού πάχους (0,6mm) της κάθε πλευράς της διατομής τους, η θερμική της αντίσταση μπορεί να παραληφθεί. Μεταξύ της επενδυτικής στρώσης της ψευδοροφής και του μονωτικού υλικού καθώς και μεταξύ του μονωτικού υλικού και της φέρουσας πλάκας δημιουργούνται μη αεριζόμενα διάκενα αέρα. Η θερμική αντίσταση του αέρα του κάθε διακένου για πάχη διακένου μεγαλύτερα από 1,5cm ισούται με 0,16m²K/W.
- Ως επενδυτική στρώση της ψευδοροφής στερεωμένη πάνω στο ξύλινο ή μεταλλικό σκελετό χρησιμοποιούνται συνήθως μία ή δύο στρώσεις από πλάκες γυψοσανίδας πάχους 1,25cm ή και μία στρώση από πλάκα μοριοσανίδας σε ενδεικτικό πάχος 2cm. Η γυψοσανίδα έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,21W/mK, συνεπώς η θερμική αντίσταση μιας στρώσης γυψοσανίδας πάχους 1,25cm ισούται με 0,06m²K/W, ενώ η θερμική αντίσταση δύο στρώσεων γυψοσανίδας συνολικού πάχους 2,5cm ισούται με 0,12m²K/W. Η μοριοσανίδα με πυκνότητα 600kg/m³ έχει συντελεστή λ ίσο με 0,14W/mK και συνεπώς για πάχος ίσο με 2cm η θερμική της αντίσταση ισούται με 0,143m²K/W.
- Το θερμομονωτικό ελαφροσκυροδέμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης διαστρώνεται στις οροφές με σκοπό τόσο τη διαμόρφωση της στρώσης των κλίσεων αλλά και τη θερμική προστασία της οροφής. Το πάχος του μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Γενικά, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη μεγαλύτερα ή ίσα των 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εξαρτάται από τη σύσταση του ελαφροσκυροδέματος και από τη πυκνότητα του. Για συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,065 ή 0,067W/mK και για πάχη εφαρμογής του ελαφροσκυροδέματος αυτού από 12 έως και 18cm, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής προκύπτει αρκετά χαμηλός και ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Η θερμική αντίσταση του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος για συντελεστή λ ίσο με

0,065W/mK και για τα παραπάνω πάχη κυμαίνεται από 1,846 έως 2,769m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 0,067W/mK και για τα ίδια πάχη κυμαίνεται από 1,791 έως 2,687m²K/W.

- Όπως έχει ήδη αναφερθεί το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μονωτικό υλικό για τα δώματα μπορεί να επιλέγεται σε πάχος 4, 5, 6, 7, 8, 9 και 10cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για τις περισσότερες οροφές για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού ίσο με 0,033W/mK απαιτείται πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 6cm και μεγαλύτερο για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για λ=0,033W/mK και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από 1,212 έως 3,03m²K/W.

12.5.4 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των κεκλιμένων στεγών με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος

Κεκλιμένες στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος δύνανται να αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά υλικά:

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος κατασκευάζεται συμπαγής σε πάχος αναλόγως των κατασκευαστικών απαιτήσεων. Ενδεικτικά μπορεί να έχει πάχος 14, 15, 16 και 20cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του οπλισμένου σκυροδέματος εξαρτάται από το ποσοστό οπλισμού που φέρει, την πυκνότητα του και την ποιότητα (κατηγορία) του σκυροδέματος και μπορεί να πάρει τις τιμές 2,03, 2,2, 2,3 και 2,5W/mK. Αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με 2,5W/mK και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση της πλάκας κυμαίνεται από 0,056 έως 0,08m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 2,03W/mK η θερμική της αντίσταση κυμαίνεται από 0,069 έως 0,099m²K/W. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι αν και η θερμική αντίσταση της φέρουσας πλάκας μεταβάλλεται, καθώς μεταβάλλεται το πάχος της ή ο συντελεστής θερμικής της αγωγιμότητας, οι τιμές των θερμικών αντιστάσεων είναι αρκετά μικρές ώστε οι μεταβολές αυτές να μην επηρεάζουν καθοριστικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

- Το εσωτερικό επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 1,5, 2 και 2,5cm, με συνηθέστερο πάχος ίσο με 2cm και να έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87 ή και 1W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται από 0,015 έως 0,029m²K/W. Εφαρμόζεται στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας και μπορεί να παραληφθεί στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης όπου κάτω από τη φέρουσα πλάκα κατασκευάζεται ψευδοροφή.

- Ως στεγανοποιητικό υλικό και φράγμα υδρατμών μπορούν να χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά με τα ίδια χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται και στα δώματα.

- Στην περίπτωση της αεριζόμενης στέγης με δύο ζώνες αερισμού απαιτείται η τοποθέτηση ενός διαφράγματος το οποίο στερεώνεται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Η κάτω ζώνη αερισμού σχηματίζεται συνήθως μεταξύ του μονωτικού υλικού και του διαφράγματος και η πάνω ζώνη μεταξύ του διαφράγματος και της επικεράμωσης. Το διάγραμμα αυτό μπορεί να πρόκειται είτε για ασφαλική μεμβράνη είτε για φύλλο PVC και το πάχος του εξαρτάται από το υλικό που θα επιλεγεί. Ενδεικτικά το πάχος του μπορεί να ισούται με 0,2cm, ωστόσο λόγω του αεριζόμενου διακένου η θερμική του αντίσταση δε λαμβάνεται υπόψη. Επίσης, στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης αυτού του τύπου δεν τοποθετείται στεγανοποιητική στρώση καθώς το διάφραγμα εξασφαλίζει την απορροή των νερών που μπορεί να περάσουν από την επικεράμωση. Ακόμη, γενικά αποφεύγεται η χρήση φράγματος υδρατμών, το οποίο τοποθετείται μόνο όταν είναι αναγκαίο.

- Ξύλινα καδρόνια τοποθετούνται πάνω από τη φέρουσα πλάκα για τη στερέωση του μονωτικού υλικού. Τόσο στις μη αεριζόμενες στέγες όσο και στις συμβατικές στέγες με μία ζώνη αερισμού το πάχος τους καθορίζεται από το πάχος του μονωτικού υλικού το οποίο τοποθετείται στα διάκενα μεταξύ των ξύλινων καδρονιών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορεί να τοποθετούνται σε πάχος 5, 6, 7 και 8cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου για πυκνότητα 600kg/m³ ισούται με 0,14W/mK. Η θερμική τους αντίσταση, λοιπόν, μπορεί να κυμαίνεται από 0,357 έως 0,571m²K/W. Τα ξύλινα καδρόνια σε μη αεριζόμενες στέγες αλλά και σε συμβατικές στέγες με μία ζώνη αερισμού μπορούν να παραληφθούν αν για τη θερμομόνωση της στέγης

χρησιμοποιηθούν σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού, οι οποίες μπορούν να στερεωθούν απευθείας στη φέρουσα πλάκα.

- Ξύλινα καδρόνια τοποθετούνται κάθετα με τη κλίση της στέγης είτε πάνω από το μονωτικό υλικό και τα ξύλινα καδρόνια είτε πάνω από τη στρώση του πετρώματος (ή και πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση), έτσι ώστε πάνω σε αυτά να στερεωθούν τα κεραμίδια, όταν απαιτείται. Το πάχος τους καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορούν να τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια σε πάχος 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου για πυκνότητα 600kg/m^3 ισούται με $0,14\text{W/mK}$ και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση ισούται με $0,285\text{m}^2\text{K/W}$.

- Στις μη αεριζόμενες στέγες το διάκενο αέρα που σχηματίζεται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια τα οποία τοποθετούνται για τη στερέωση των κεραμιδιών είναι μη αεριζόμενο και το πάχος του εξαρτάται από το πάχος των ξύλινων καδρονιών. Ωστόσο, για πάχη διακένου μεγαλύτερα ή ίσα με 1,5cm η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου ισούται με $0,16\text{m}^2\text{K/W}$.

- Στην περίπτωση των αεριζόμενων στεγών με δύο ζώνες αερισμού τοποθετούνται πάνω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος ξύλινα καδρόνια τόσο για τη στερέωση του μονωτικού υλικού όσο και για τη δημιουργία της κάτω ζώνης αερισμού. Για το λόγο αυτό το ύψος τους πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 2cm μεγαλύτερο από το πάχος του μονωτικού υλικού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι πάχος τους μπορεί να ισούται με 8, 9, 10, 11 και 12cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου για πυκνότητα 600kg/m^3 ισούται με $0,14\text{W/mK}$ και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,571$ έως $0,857\text{m}^2\text{K/W}$. Με την ίδια λογική επιλέγεται και το πάχος των ξύλινων καδρονιών στην περίπτωση αντεστραμμένης στέγης με μία ζώνη αερισμού.

- Στο σημείο αυτό θα αναφέρουμε ότι στην περίπτωση των αεριζόμενων στεγών, οι θερμικές αντιστάσεις των δομικών υλικών που βρίσκονται πάνω από το διάκενο αερισμού δε λαμβάνονται υπόψη. Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου αερισμού θεωρείται ίση με τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα από την εσωτερική πλευρά της στέγης δηλαδή ισούται με $0,10\text{m}^2\text{K/W}$.

- Ένα ξύλινο υπόστρωμα γνωστό ως πέτσωμα μπορεί να τοποθετείται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και τα ξύλινα καδρόνια και να αποτελέσει το κατάλληλο υπόβαθρο είτε για την τοποθέτηση μιας επόμενης στρώσης από ξύλινα καδρόνια είτε για διάστρωση μια στρώσης από τσιμεντοκονίαμα. Το πέτσωμα συνήθως αποτελείται είτε από ξύλινες σανίδες είτε από πλάκες μοριοσανίδας ή και πλάκες κόντρα πλακέ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορεί να τοποθετείται σε πάχος από 1,5 έως και 2,5cm. Αν ως πέτσωμα χρησιμοποιηθούν ξύλινες σανίδες ή πλάκες μοριοσανίδας με πυκνότητα 600kg/m^3 και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με $0,14\text{W/mK}$, τότε η θερμική αντίσταση του πετρώματος θα κυμαίνεται από $0,107$ έως $0,179\text{m}^2\text{K/W}$.

- Το τσιμεντοκονίαμα μπορεί να διαστρωθεί σε πάχος 2 με 3cm πάνω από τη θερμομονωτική στρώση ή το πέτσωμα, με σκοπό τη στερέωση των κεραμιδιών σε αυτό. Ο συντελεστής θερμικής του αγωγιμότητας ισούται με $1,4\text{W/mK}$ και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,014$ έως $0,021\text{m}^2\text{K/W}$.

- Ανάλογα με το είδος των κεραμιδιών και τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά καθορίζεται τόσο ο τρόπος τοποθέτησης τους άλλα και οι διαστάσεις τους. Γενικά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το πάχος τους ισούται με 1, 1,5 ή 2cm. Ο συντελεστής θερμικής τους αγωγιμότητας εξαρτάται από την πυκνότητα τους. Ο συντελεστής λ των κεραμιδιών μπορεί να θεωρηθεί ίσος με $0,4$ ή και $0,52\text{W/mK}$. Συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,019$ έως $0,05\text{m}^2\text{K/W}$. Επίπεδα αργιλικά πλακίδια επιστέγασης μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχος 2cm. Έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 1W/mK και η θερμική τους αντίσταση ισούται με $0,02\text{m}^2\text{K/W}$.

- Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορούν να τοποθετηθούν ξύλινα καδρόνια για τη στερέωση του μονωτικού υλικού. Το πάχος των καδρονιών εξαρτάται από το πάχος του μονωτικού υλικού που θα τοποθετηθεί. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι πάχος τους μπορεί να ισούται με 3, 4, 5, 6 και 7cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου ισούται με $0,14\text{W/mK}$ και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,214$ έως $0,5\text{m}^2\text{K/W}$. Εναλλακτικά, μπορούν να στερεωθούν μεταλλικοί δοκοί ορθογωνικής κοίλης διατομής, στο εσωτερικό των οποίων μπορεί να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με το μικρό πάχος της κάθε πλευράς της διατομής των δοκών αυτών μας επιτρέπει να αμελήσουμε τη θερμική τους αντίσταση.

- Ως επενδυτική στρώση της ψευδοροφής στερεωμένη πάνω στο ξύλινο ή μεταλλικό σκελετό χρησιμοποιούνται συνήθως μία ή δύο στρώσεις από πλάκες γυψοσανίδας ή και μία στρώση από πλάκα

μοριοσανίδας, Οι επενδυτικές αυτές πλάκες παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά όπως και στην περίπτωση των δωματίων.

- Το θερμομονωτικό ελαφροσκυροδέμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης διαστρώνεται στις στέγες έτσι ώστε να προσφέρει σε αυτές την απαραίτητη θερμική προστασία. Το πάχος του εξαρτάται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Γενικά, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη μεγαλύτερα ή ίσα των 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εξαρτάται από τη σύσταση του ελαφροσκυροδέματος και από τη πυκνότητα του. Για συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,065 ή 0,067W/mK και για πάχη εφαρμογής του ελαφροσκυροδέματος αυτού από 14 έως και 16cm, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης προκύπτει αρκετά χαμηλός και ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Η θερμική αντίσταση του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος για συντελεστή λ ίσο με 0,065W/mK και για τα παραπάνω πάχη κυμαίνεται από 2,154 έως 2,461m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 0,067W/mK και για τα ίδια πάχη κυμαίνεται από 2,09 έως 2,388m²K/W.

- Όπως έχει ήδη αναφερθεί το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μονωτικό υλικό για τις στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να επιλέγεται σε πάχος 5, 6, 7, και 8cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για τις περισσότερες στέγες για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού ίσο με 0,033W/mK απαιτείται πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 6cm και μεγαλύτερο για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για $\lambda=0,033$ W/mK και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από 1,515 έως 2,424m²K/W.

12.5.5 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των κεκλιμένων ξύλινων στεγών

Οι ξύλινες κεκλιμένες στέγες δύνανται να αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά υλικά:

- Το πέτσωμα τοποθετείται κατά κύριο λόγο είτε κάτω από τους αμείβοντες είτε πάνω από αυτούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να τοποθετηθεί και ανάμεσα στους αμείβοντες στην άνω επιφάνεια τους. Συνήθως αποτελείται είτε από ξύλινες σανίδες είτε από πλάκες μοριοσανίδας ή και πλάκες κόντρα πλακέ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορεί να τοποθετείται σε πάχος από 1,5 έως και 2,8cm. Αν ως πέτσωμα χρησιμοποιηθούν ξύλινες σανίδες ή πλάκες μοριοσανίδας με πυκνότητα 600kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,14W/mK, τότε για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση του πετσώματος θα κυμαίνεται από 0,107 έως 0,2m²K/W. Αν ως πέτσωμα χρησιμοποιηθούν πλάκες μοριοσανίδας με πυκνότητα 900kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,18W/mK, τότε για τα ίδια πάχη η θερμική αντίσταση του πετσώματος θα κυμαίνεται από 0,083 έως 0,156m²K/W. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να τοποθετείται και ένα δεύτερο πέτσωμα το οποίο δύναται να παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω. Το πέτσωμα αυτό μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από τους αμείβοντες όταν η πρώτη στρώση πετσώματος τοποθετείται κάτω από αυτούς. Όταν το αρχικό πέτσωμα τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες τότε το δεύτερο ξύλινο υπόστρωμα τοποθετείται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση που βρίσκεται ανάμεσα στα ξύλινα καθρόνια.

- Οι αμείβοντες αποτελούν τις ξύλινες φέρουσες δοκούς της ξύλινης στέγης και οι διαστάσεις της διατομής τους καθορίζονται από κατασκευαστικούς λόγους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορούν να κατασκευάζονται σε πάχος 12 ή και 13cm. Αμείβοντες κατασκευασμένοι από ξυλεία πυκνότητας 600kg/m³ παρουσιάζουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,14W/mK. Η θερμική τους αντίσταση, λοιπόν, για τα παραπάνω πάχη θα ισούται με 0,857 έως 0,929m²K/W αντίστοιχα. Στην περίπτωση των αεριζόμενων στεγών και όταν το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες, το πάχος του αυτών θα πρέπει να είναι κατά 2cm τουλάχιστον μεγαλύτερο του πάχους της μόνωσης.

- Ως στεγανοποιητική στρώση και φράγμα υδρατμών μπορούν να εφαρμοσθούν ασφαλικά φύλλα ή φύλλα PVC. Τα ασφαλικά φύλλα (ασφαλτόπανα) παρουσιάζουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,23W/mK. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος της στεγανοποιητικής στρώσης ή του φράγματος υδρατμών

που αποτελούνται από ασφαλτόπανα μπορεί να κυμαίνεται από 0,4 έως και 1cm. Συνεπώς, η θερμική αντίσταση στρώσης από ασφαλτόπανα για τα παραπάνω πάχη μπορεί να κυμαίνεται από 0,017 έως 0,043m²K/W. Τα φύλλα PVC παρουσιάζουν τυποποιημένα πάχη τα οποία κυμαίνονται από 0,12 έως 0,24cm και έχουν συντελεστή λ ίσο με 0,17W/mK. Η θερμική τους αντίσταση, λοιπόν, κυμαίνεται από 0,007 έως 0,014m²K/W.

- Στην περίπτωση της αεριζόμενης στέγης με δύο ζώνες αερισμού απαιτείται η τοποθέτηση ενός διαφράγματος το οποίο στερεώνεται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Η κάτω ζώνη αερισμού σχηματίζεται συνήθως μεταξύ του μονωτικού υλικού και του διαφράγματος και η πάνω ζώνη μεταξύ του διαφράγματος και της επικεράμωσης. Το διάγραμμα αυτό μπορεί να πρόκειται είτε για ασφαλική μεμβράνη είτε για φύλλο PVC και το πάχος του εξαρτάται από το υλικό που θα επιλεγεί. Ενδεικτικά το πάχος του μπορεί να ισούται με 0,2cm, ωστόσο λόγω του αεριζόμενου διακένου η θερμική του αντίσταση δε λαμβάνεται υπόψη. Επίσης, στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης αυτού του τύπου δεν τοποθετείται στεγανοποιητική στρώση καθώς το διάφραγμα εξασφαλίζει την απορροή των νερών που μπορεί να περάσουν από την επικεράμωση. Ακόμη, γενικά αποφεύγεται η χρήση φράγματος υδρατμών, το οποίο τοποθετείται μόνο όταν είναι αναγκαίο.

- Τόσο στις μη αεριζόμενες στέγες όσο και στις συμβατικές στέγες με μία ζώνη αερισμού όπου το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες και συγκεκριμένα πάνω από το πέτσωμα τότε τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια πάνω από το πέτσωμα με σκοπό τη στερέωση του μονωτικού υλικού. Το πάχος τους καθορίζεται από το πάχος του μονωτικού υλικού το οποίο τοποθετείται στα διάκενα μεταξύ των ξύλινων καδρονιών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορεί να τοποθετούνται σε πάχος 6, 7 και 8cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου για πυκνότητα 600kg/m³ ισούται με 0,14W/mK. Η θερμική τους αντίσταση, λοιπόν, για τα παραπάνω πάχη μπορεί να κυμαίνεται από 0,429 έως 0,571m²K/W. Τα ξύλινα καδρόνια σε μη αεριζόμενες στέγες ή σε συμβατικές στέγες με μία ζώνη αερισμού μπορούν να παραληφθούν αν για τη θερμομόνωση της στέγης χρησιμοποιηθούν σκληρές πλάκες μονωτικού υλικού, οι οποίες μπορούν να στερεωθούν απευθείας πάνω στο πέτσωμα.

- Ξύλινα καδρόνια τοποθετούνται κάθετα με τη κλίση της στέγης είτε πάνω από το μονωτικό υλικό και τα ξύλινα καδρόνια είτε πάνω από τη στρώση του πετσώματος (ή και πάνω από τη στεγανοποιητική στρώση), έτσι ώστε πάνω σε αυτά να στερεωθούν τα κεραμίδια, όταν απαιτείται. Το πάχος τους καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορούν να τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια σε πάχος 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου για πυκνότητα 600kg/m³ ισούται με 0,14W/mK και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση ισούται με 0,285m²K/W.

- Στις μη αεριζόμενες στέγες το διάκενο που σχηματίζεται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια τα οποία τοποθετούνται για τη στερέωση των κεραμιδιών είναι μη αεριζόμενο και το πάχος του εξαρτάται από το πάχος των ξύλινων καδρονιών. Ωστόσο, για πάχη διακένου μεγαλύτερη ή ίσα με 1,5cm η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου ισούται με 0,16m²K/W.

- Στην περίπτωση των αεριζόμενων στεγών με δύο ζώνες αερισμού όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από τους αμείβοντες και συγκεκριμένα πάνω από το πέτσωμα τότε τοποθετούνται ξύλινα καδρόνια πάνω από το πέτσωμα τόσο για τη στερέωση του μονωτικού υλικού όσο και για τη δημιουργία της κάτω ζώνης αερισμού. Για το λόγο αυτό το ύψος τους πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 2cm μεγαλύτερο από το πάχος του μονωτικού υλικού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος τους μπορεί να ισούται με 8, 9, 10, 11 και 12cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου για πυκνότητα 600kg/m³ ισούται με 0,14W/mK και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,571 έως 0,857m²K/W. Με την ίδια λογική επιλέγεται και το πάχος των ξύλινων καδρονιών στην περίπτωση αντεστραμμένης στέγης με μία ζώνη αερισμού.

- Στο σημείο αυτό θα αναφέρουμε ότι στην περίπτωση των αεριζόμενων στεγών, οι θερμικές αντιστάσεις των δομικών υλικών που βρίσκονται πάνω από το διάκενο αερισμού δε λαμβάνονται υπόψη. Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου αερισμού θεωρείται ίση με τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα από την εσωτερική πλευρά της στέγης δηλαδή ισούται με 0,10m²K/W.

- Ανάλογα με το είδος των κεραμιδιών και τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά καθορίζεται τόσο ο τρόπος τοποθέτησης τους άλλα και οι διαστάσεις τους. Γενικά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το πάχος τους ισούται με 1, 1,5 ή 2cm. Ο συντελεστής θερμικής τους αγωγιμότητας εξαρτάται από την πυκνότητα τους και τον τύπο τους. Ο συντελεστής λ των κεραμιδιών μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 0,4 ή και 0,52 W/mK. Συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,019 έως 0,05m²K/W.

- Το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Οι ξύλινες στέγες αποτελούν σύνθετα δομικά στοιχεία και συνεπώς η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης εξαρτάται και από τους επί μέρους συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε διατομή του σύνθετου αυτού δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μονωτικό υλικό μπορεί να επιλέγεται σε πάχος από 6 έως και 12cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μεταβάλλεται αναλόγως του είδους του μονωτικού υλικού. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, για συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού ίσο με 0,033W/mK και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από 1,818 έως 3,636m²K/W.

12.5.6 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και δαπέδων πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο

Δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα καθώς και δάπεδα που βρίσκονται πάνω από κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους κατασκευάζονται με βάση μια φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και δύνανται να αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά υλικά:

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος κατασκευάζεται συμπαγής σε πάχος αναλόγως των κατασκευαστικών απαιτήσεων. Ενδεικτικά μπορεί να έχει πάχος 14, 15, 16, 18 και 20cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του οπλισμένου σκυροδέματος εξαρτάται από το ποσοστό οπλισμού που φέρει, την πυκνότητα του και την ποιότητα (κατηγορία) του σκυροδέματος και μπορεί να πάρει τις τιμές 2,03, 2,2, 2,3 και 2,5W/mK. Αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με 2,5W/mK και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση της πλάκας κυμαίνεται από 0,06 έως 0,08m²K/W, ενώ για συντελεστή λ ίσο με 2,03W/mK η θερμική της αντίσταση κυμαίνεται από 0,074 έως 0,099m²K/W. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι αν και η θερμική αντίσταση της φέρουσας πλάκας μεταβάλλεται, καθώς μεταβάλλεται το πάχος της ή ο συντελεστής θερμικής της αγωγιμότητας, οι τιμές των θερμικών αντιστάσεων είναι αρκετά μικρές ώστε οι μεταβολές αυτές να μην επηρεάζουν καθοριστικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα μπορεί να πρόκειται και για δοκιδωτή πλάκα η οποία κατασκευάζεται με κενά, η τελική της διαμόρφωση εξαρτάται από κατασκευαστικές απαιτήσεις και πρόκειται για σύνθετο δομικό στοιχείο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια δοκιδωτή φέρουσα πλάκα μπορεί να έχει συνολικό πάχος 30cm, να αποτελείται από μία πλάκα στην άνω και στην κάτω επιφάνεια πάχους 9 και 7cm αντίστοιχα (πλάκα σάντουιτς) και συνεπώς το κενό που διαμορφώνεται έχει πάχος 14cm, το οποίο συμπληρώνεται με μονωτικό υλικό. Η φέρουσα αυτή πλάκα παρουσιάζει διατομές με διαφορετικές θερμικές αντιστάσεις. Ως μονωτικό υλικό πλήρωσης των κενών επιλέγεται συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη. Αν θεωρήσουμε ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της διογκωμένης πολυστερίνης ισούται με 0,039W/mK και για συντελεστή λ οπλισμένου σκυροδέματος ίσο με 2,03W/mK, μπορούμε να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις των δύο διαφορετικών διατομών της πλάκας. Έτσι, στη διατομή της πλάκας όπου δεν υπάρχουν κενά για πάχος σκυροδέματος 30cm η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 0,148m²K/W, ενώ στη διατομή όπου συμπεριλαμβάνονται η πάνω και η κάτω πλάκα σκυροδέματος και το μονωτικό υλικό η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 3,668m²K/W. Επιπλέον, μια δοκιδωτή φέρουσα πλάκα μπορεί να κατασκευαστεί με συνολικό πάχος 25cm, να αποτελείται από μία πλάκα στην άνω επιφάνεια πάχους 8cm και συνεπώς το κενό που διαμορφώνεται έχει πάχος 17cm, το οποίο συμπληρώνεται με μονωτικό υλικό. Θεωρώντας και πάλι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της διογκωμένης πολυστερίνης ισούται με 0,039W/mK και για συντελεστή λ οπλισμένου σκυροδέματος ίσο με 2,03W/mK, μπορούμε να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις των δύο διαφορετικών διατομών της πλάκας. Έτσι, στη διατομή της πλάκας όπου δεν υπάρχουν κενά για πάχος σκυροδέματος 25cm η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 0,123m²K/W, ενώ στη διατομή όπου συμπεριλαμβάνονται η πάνω πλάκα σκυροδέματος και το μονωτικό υλικό η θερμική αντίσταση της πλάκας ισούται με 4,398m²K/W.

- Το επίχρισμα συνήθως πρόκειται για ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοσιμεντοκονίαμα, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη 2 και 2,5cm, με συνηθέστερο πάχος ίσο με 2cm και να έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,87 ή

και 1W/mK. Συνεπώς, η θερμική του αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται από 0,02 έως 0,029m²K/W. Εφαρμόζεται στην κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας ή στην κάτω πλευρά του μονωτικού υλικού στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης. Παραλείπεται στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης όπου κάτω από τη φέρουσα πλάκα κατασκευάζεται ψευδοροφή ή στην περίπτωση όπου κάτω από την πλάκα εφαρμόζεται θερμομονωτικό επίχρισμα.

- Το επίχρισμα φινιρίσματος μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχος 0,5cm πάνω από το θερμομονωτικό επίχρισμα στην περίπτωση δαπέδων που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και έχει συντελεστή λ 0,087W/mK. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,006m²K/W.

- Η εξισωτική στρώση μπορεί να κατασκευάζεται από κάποιο τύπο ελαφροσκυροδέματος ή και από κάποιο άοπλο σκυρόδεμα χαμηλότερης πυκνότητας, σε πάχος που καθορίζεται από το είδος του υλικού και των κατασκευαστικών απαιτήσεων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η στρώση κλίσεων μπορεί να κατασκευάζεται από κισηρόδεμα πυκνότητας 500kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,2W/mK σε πάχος 10cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, ισούται με 0,5m²K/W. Το κυψελωτό σκυρόδεμα πυκνότητας 500kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,19W/mK μπορεί να διαστρωθεί σε πάχος 10cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, ισούται με 0,526m²K/W. Το γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m³ και με συντελεστή λ ίσο με 0,64W/mK μπορεί να εφαρμοσθεί σε πάχη από 4 έως και 6cm. Η θερμική του αντίσταση για τις τιμές αυτές κυμαίνεται από 0,063 και 0,094m²K/W αντίστοιχα. Επίσης, μπορεί συναντάται και γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1900kg/m³, με συντελεστή λ ίσο με 1,1W/mK και σε πάχος 3cm. Η θερμική του αντίσταση, σε αυτή τη περίπτωση, ισούται με 0,027m²K/W. Το σκυρόδεμα μέσης πυκνότητας ίσης με 2000kg/m³ με συντελεστή λ 1,35W/mK μπορεί να εφαρμοστεί σε πάχη από 5 έως και 10cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, κυμαίνεται από 0,037 έως 0,074m²K/W. Το περλιτόδεμα πυκνότητας 500kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,16W/mK μπορεί να διαστρωθεί σε πάχος 10cm και συνεπώς παρουσιάζει θερμική αντίσταση ίση με 0,625m²K/W.

- Το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα που τοποθετείται στα δάπεδα για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων, λειτουργεί ως συνδετικό κονίαμα και διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως 3cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους ισούται 0,87W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,023 έως 0,034m²K/W.

- Το τσιμεντοκονίαμα που τοποθετείται στα δάπεδα για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων, λειτουργεί ως συνδετικό κονίαμα και διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως 3cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους ισούται 1,4W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,014 έως 0,021m²K/W.

- Τα μάρμαρα έχουν συντελεστή λ ίσο με 3,5W/mK και τοποθετούνται στα δάπεδα ως τελική επίστρωση σε πάχη 2 ή και 3cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται αντίστοιχα με 0,006 και 0,009m²K/W.

- Ο γρανίτης έχει συντελεστή λ ίσο με 2,8W/mK και τοποθετείται στα δάπεδα ως τελική επίστρωση σύνηθως σε πάχος 3cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,011m²K/W.

- Τα κεραμικά πλακίδια έχουν συντελεστή λ ίσο με 1,84W/mK και τοποθετούνται στα δάπεδα ως τελική επίστρωση σύνηθως σε πάχος 1cm. Η θερμική τους αντίσταση ισούται με 0,005m²K/W.

- Το μωσαϊκό έχει συντελεστή λ ίσο με 1,2W/mK και διαστρώνεται στα δάπεδα ως τελική επίστρωση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορεί να διαστρωθεί σε πάχη 2,5 και 3cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, ισούται αντίστοιχα με 0,021 και 0,025m²K/W.

- Το ξύλινο κολλητό δάπεδο μπορεί να κατασκευάζεται είτε από φύλλα μοριοσανίδας σε πάχη από 1,4 έως 2,7cm ή από δρύινα τεμάχια ξύλου σε πάχος 1cm. Στην περίπτωση τοποθέτησης μοριοσανίδας πυκνότητας 900kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,18W/mK, η θερμική αντίσταση της ξύλινης επίστρωσης μπορεί να κυμαίνεται από 0,078 και 0,15m²K/W. Στην περίπτωση τοποθέτησης ξύλινων δρύινων τεμαχίων πυκνότητας 800kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,21W/mK, η θερμική αντίσταση της ξύλινης επίστρωσης ισούται με 0,048m²K/W.

- Ξύλινο ψευτοπατώμα, στην περίπτωση ξύλινου καρφωτού δαπέδου, μπορεί να κατασκευάζεται είτε από ξύλινες πλάκες ελάτης σε πάχος 2cm είτε από φύλλα μοριοσανίδας σε πάχη μεγαλύτερη ή ίσα του 1,6cm. Στην περίπτωση τοποθέτησης ξύλινων πλακών ελάτης πυκνότητας 600kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,14W/mK, η θερμική αντίσταση του ψευτοπατώματος ισούται με 0,143m²K/W. Στην περίπτωση τοποθέτησης μοριοσανίδας πυκνότητας 600kg/m³, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,14W/mK, και για πάχη εφαρμογής από 1,6 έως 2cm, η θερμική αντίσταση του ψευτοπατώματος θα κυμαίνεται από 0,114 έως 0,143m²K/W.

- Ξύλινο καρφωτό δάπεδο μπορεί να κατασκευάζεται από ξύλινα δρύινα τεμάχια πυκνότητας 800kg/m^3 , με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $0,21\text{W/mK}$ και σε πάχη όπως 1,5, 1,6, 2 και 2,3cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, μπορεί να κυμαίνεται από $0,071$ έως $0,11\text{m}^2\text{K/W}$.

- Ξύλινα καδρόνια πάνω στα οποία θα καρφωθεί το ξύλινο δάπεδο μπορούν να κατασκευάζονται από ξυλεία ελάτης πυκνότητας 600kg/m^3 και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $0,14\text{W/mK}$. Το πάχος τους μπορεί να καθορίζεται από κατασκευαστικούς παράγοντες καθώς και από το πάχος του μονωτικού υλικού που πρόκειται να τοποθετηθεί στα ενδιάμεσα κενά που σχηματίζονται μεταξύ των ξύλινων καδρονιών. Ενδεικτικά μπορούν να τοποθετούνται σε πάχη 5, 6 και 7cm. Η θερμική τους αντίσταση, λοιπόν, μπορεί να κυμαίνεται από $0,357$ έως $0,5\text{m}^2\text{K/W}$.

- Διάκενο αέρα μη αεριζόμενο μπορεί να σχηματίζεται στην περίπτωση ξύλινου καρφωτού δαπέδου μεταξύ των ξύλινων καδρονιών. Το πάχος του διακένου εξαρτάται από το πάχος των καδρονιών. Ενδεικτικά, το διάκενο αέρα μπορεί να συναντηθεί σε πάχος 5cm και τότε η θερμική του αντίσταση ισούται με $0,21\text{m}^2\text{K/W}$.

- Διογκωμένος περλίτης μπορεί να τοποθετείται στα διάκενα μεταξύ των ξύλινων καδρονιών στην περίπτωση ξύλινων καρφωτών δαπέδων και χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό. Το πάχος του μπορεί να καθορίζεται από κατασκευαστικούς λόγους σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης, μια ενδεικτική τιμή του πάχους εφαρμογής του είναι τα 8cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ισούται με $0,07\text{W/mK}$ και η θερμική του αντίσταση για την παραπάνω τιμή του πάχους του ισούται με $1,143\text{m}^2\text{K/W}$.

- Στην περίπτωση της τοποθέτησης του μονωτικού υλικού κάτω από τη φέρουσα πλάκα, μπορούν κάτω από την πλάκα να τοποθετηθούν αρχικά ξύλινα καδρόνια για τη στερέωση του μονωτικού υλικού. Το πάχος των καδρονιών εξαρτάται από το πάχος του μονωτικού υλικού που θα τοποθετηθεί. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι πάχος τους μπορεί να ισούται με 3, 4, 5, 6 και 7cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου (πεύκο, έλατο) ισούται με $0,14\text{W/mK}$ και συνεπώς η θερμική τους αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,214$ έως $0,5\text{m}^2\text{K/W}$. Εναλλακτικά, μπορούν να στερεωθούν μεταλλικοί δοκοί ορθογωνικής κοίλης διατομής, στο εσωτερικό των οποίων μπορεί να τοποθετούνται λωρίδες μονωτικού υλικού. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με το μικρό πάχος της κάθε πλευράς της διατομής των δοκών μας επιτρέπει να αμελήσουμε τη θερμική τους αντίσταση.

- Ως επενδυτική στρώση της ψευδοροφής στερεωμένη πάνω στο ξύλινο ή μεταλλικό σκελετό χρησιμοποιείται συνήθως μία στρώση από πλάκες γυψοσανίδας πάχους 1,25cm. Η γυψοσανίδα έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με $0,21\text{W/mK}$ και συνεπώς η θερμική αντίσταση της ισούται με $0,06\text{m}^2\text{K/W}$.

- Το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης διαστρώνεται στα δάπεδα και λειτουργεί ως εξισωτική στρώση ενώ παράλληλα παρέχει θερμική προστασία σε αυτά. Το πάχος του μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Είναι σημαντικό να αναφερθεί εδώ ότι οι απαιτήσεις θερμομόνωσης για τα δάπεδα που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι σημαντικά υψηλότερες από ότι στα δάπεδα που είναι σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Γενικά, το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη μεγαλύτερα ή ίσα των 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εξαρτάται από τη σύσταση του ελαφροσκυροδέματος και από την πυκνότητα του. Συνίσταται για εφαρμογή στα δάπεδα να επιλέγεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πυκνότητας 300kg/m^3 και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με $0,08\text{W/mK}$. Στην περίπτωση δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και για τα παραπάνω χαρακτηριστικά του ελαφροσκυροδέματος, απαιτείται κατά κύριο λόγο η διάστρωση του υλικού αυτού σε πάχη από 14cm έως και 20cm προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Μπορεί όμως να εφαρμόζεται και σε μικρότερα πάχη όπως από 6 έως και 13cm αλλά τότε θα πρέπει να συνδυάζεται με μία επιπλέον στρώση μονωτικού υλικού. Για τα παραπάνω χαρακτηριστικά η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,75$ έως $2,5\text{m}^2\text{K/W}$. Στην περίπτωση δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο και για τα παραπάνω χαρακτηριστικά του ελαφροσκυροδέματος, απαιτείται κατά κύριο λόγο η διάστρωση του υλικού αυτού σε πάχη από 6cm έως και 9cm προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για τα παραπάνω χαρακτηριστικά η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από $0,75$ έως $1,125\text{m}^2\text{K/W}$.

- Το θερμομονωτικό επίχρισμα εφαρμόζεται κάτω από τη φέρουσα πλάκα σε δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και λειτουργεί ως συμπληρωματικό θερμομονωτικό υλικό. Το θερμομονωτικό επίχρισμα με συντελεστή λ $0,056\text{W/mK}$ μπορεί να διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως και 18cm. Το πάχος εφαρμογής του μπορεί να καθορίζεται έτσι ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου να ικανοποιεί

τα όρια που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για πάχος εφαρμογής ίσο με 3cm η θερμική του αντίσταση ισούται με $0,536\text{m}^2\text{K/W}$.

- Το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Στην περίπτωση δαπέδων με φέρουσα δοκιδωτή πλάκα σκυροδέματος καθώς και σε δάπεδα με ξύλινη καρφωτή τελική επίστρωση, επειδή το μονωτικό υλικό δεν αποτελεί μια ενιαία στρώση, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών των δαπέδων εξαρτάται και από τους επί μέρους συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε διατομή του σύνθετου δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών. Επιπλέον, όπως προαναφέρθηκε ο συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδων πιλοτής πρέπει να είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τον συντελεστή U των δαπέδων που βρίσκονται πάνω από κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με $0,02\text{W/mK}$ ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με $0,04\text{W/mK}$. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών $0,03$ με $0,04\text{W/mK}$. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μονωτικό υλικό στα δάπεδα πιλοτής μπορεί να επιλέγεται σε πάχος από 3 έως και 9cm. Θεωρώντας συμπαγή φέρουσα πλάκα μπορούμε να πούμε ότι για συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού ίσο με $0,033\text{W/mK}$, για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ. το μονωτικό υλικό πρέπει να τοποθετείται σε πάχος ίσο ή μεγαλύτερο των 6cm. Έτσι, για συντελεστή λ ίσο με $0,033\text{W/mK}$ και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από $0,909$ έως $2,727\text{m}^2\text{K/W}$. Επίσης, σε δάπεδα που βρίσκονται πάνω από κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο, για συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού ίσο με $0,033\text{W/mK}$, η τοποθέτηση αυτού σε πάχη από 3 έως και 5cm θεωρείται ικανοποιητική. Έτσι, για συντελεστή λ ίσο με $0,033\text{W/mK}$ και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από $0,909$ έως $1,515\text{m}^2\text{K/W}$.

12.5.7 Η μεταβολή της θερμικής αντίστασης των δομικών υλικών των δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος

Δάπεδα επί εδάφους κατασκευάζονται με βάση μια φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και δύνανται να αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά υλικά:

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος κατασκευάζεται συμπαγής σε πάχος αναλόγως των κατασκευαστικών απαιτήσεων. Ενδεικτικά μπορεί να έχει πάχος 8, 10, 15, 20 και 25cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του οπλισμένου σκυροδέματος εξαρτάται από το ποσοστό οπλισμού που φέρει, την πυκνότητα του και την ποιότητα (κατηγορία) του σκυροδέματος και μπορεί να πάρει τις τιμές 2,03, 2,2, 2,3 και $2,5\text{W/mK}$. Αν θεωρήσουμε συντελεστή λ ίσο με $2,5\text{W/mK}$ και για τα παραπάνω πάχη η θερμική αντίσταση της πλάκας κυμαίνεται από $0,032$ έως $0,1\text{m}^2\text{K/W}$, ενώ για συντελεστή λ ίσο με $2,03\text{W/mK}$ η θερμική της αντίσταση κυμαίνεται από $0,039$ έως $0,123\text{m}^2\text{K/W}$. Σε ορισμένες περιπτώσεις για την κατασκευή της φέρουσας πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10cm χρησιμοποιείται, αν και δε συνίσταται, σκύροδεμα χαμηλότερης κατηγορίας ($\leq\text{C}12/15$) και συνεπώς ο συντελεστής λ της πλάκας ισούται με $1,51\text{W/mK}$. Η θερμική αντίσταση της πλάκας σε αυτή τη περίπτωση ισούται με $0,066\text{m}^2\text{K/W}$. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι αν και η θερμική αντίσταση της φέρουσας πλάκας μεταβάλλεται, καθώς μεταβάλλεται το πάχος της ή ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, οι τιμές των θερμικών αντιστάσεων είναι αρκετά μικρές ώστε οι μεταβολές αυτές να μην επηρεάζουν καθοριστικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

- Ως στεγανοποιητική στρώση μπορούν να εφαρμοσθούν επαλείψεις από ασφαλτικά γαλακτώματα καθώς και ασφαλτικά φύλλα. Το ασφαλτικό γαλακτώμα έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με $0,17\text{W/mK}$ και μπορεί να εφαρμοστεί σε συνολικό πάχος 1cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με $0,059\text{m}^2\text{K/W}$. Τα ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα) έχουν συντελεστή λ ίσο με $0,23\text{W/mK}$. Το πάχος της στεγανοποιητικής στρώσης από ασφαλτόπανα μπορεί να λαμβάνεται ίσο με 1cm, γενικά όμως εξαρτάται από τον αριθμό των στρώσεων από ασφαλτικά φύλλα που θα εφαρμοσθούν. Η θερμική αντίσταση στρώσης από ασφαλτόπανα μπορεί να ισούται $0,043\text{m}^2\text{K/W}$.

- Η στρώση από φύλλα πολυαιθυλενίου ανάλογα με τη θέση της και το ρόλο της στην κατασκευή έχει πάχος που μπορεί να κυμαίνεται από 0,05 έως και 1cm. Το φύλλο πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με $0,5\text{W/mK}$. Συνεπώς για τα παραπάνω πάχη της στρώσης αυτής, η θερμική της αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,001 έως $0,02\text{m}^2\text{K/W}$.

- Στρώση από χαλίκι (λιθορριπή) τοποθετείται επί εδάφους, όταν απαιτείται, σε πάχος που κυμαίνεται από 10 έως 20cm. Η στρώση αυτή παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,81W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,123 έως 0,247m²K/W.
- Στρώση από αμμοχάλικο τοποθετείται επί εδάφους, όταν απαιτείται, σε πάχος που κυμαίνεται από 10 έως 20cm. Η στρώση αυτή παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 2W/mK και συνεπώς η θερμική της αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,05 έως 0,1m²K/W.
- Γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,64W/mK διαστρώνεται επί εδάφους ως στρώση εξυγίανσης σε πάχος 8cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,125m²K/W.
- Τσιμεντοκονίαμα πυκνότητας 2000kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 1,4W/mK διαστρώνεται επί εδάφους ως στρώση εξυγίανσης σε πάχος 2cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,014m²K/W.
- Σκυρόδεμα κατηγορίας ≤C12/15 παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 1,51W/mK μπορεί να διαστρώνεται επί εδάφους ως στρώση εξυγίανσης σε πάχος που μπορεί να κυμαίνεται από 10 έως 30cm. Όταν διαστρώνεται πάνω από τη θερμομονωτική στρώση και τη χαλκόστρωση εφαρμόζεται σε πάχος 10cm. Για τα πάχη αυτά η θερμική του αντίσταση κυμαίνεται από 0,066 έως 0,199m²K/W.
- Για την κατασκευή της εξισωτικής στρώσης επιλέγονται κατά κύριο λόγο ως υλικά το γαρμπιλόδεμα και το τσιμεντοκονίαμα. Το γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1500kg/m³ παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,64W/mK και μπορεί να διαστρώνεται σε πάχη από 3 έως 6cm. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, μπορεί να κυμαίνεται από 0,047 έως 0,094m²K/W. Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί γαρμπιλόδεμα πυκνότητας 1900kg/m³ με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=1,1W/mK και σε πάχος 4cm. Η θερμική του αντίσταση σε αυτή τη περίπτωση ισούται με 0,036m²K/W. Το τσιμεντοκονίαμα παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=1,4W/mK και μπορεί να εφαρμόζεται σε 6cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,043m²K/W. Επίσης, σε περιπτώσεις χαμηλών απαιτήσεων για την κατασκευή της εξισωτικής στρώσης μπορεί να επιλεγθεί ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πυκνότητας 1800kg/m³ το οποίο παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,87W/mK και μπορεί να διαστρωθεί σε πάχος 3,5cm. Η θερμική του αντίσταση ισούται με 0,04m²K/W.
- Το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα που τοποθετείται στα δάπεδα για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων, λειτουργεί ως συνδετικό κονίαμα και διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως 3cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους ισούται 0,87W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,023 έως 0,034m²K/W.
- Το τσιμεντοκονίαμα που τοποθετείται στα δάπεδα για την επικόλληση των τελικών επικαλύψεων, λειτουργεί ως συνδετικό κονίαμα και διαστρώνεται σε πάχη από 2 έως 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους ισούται 1,4W/mK και συνεπώς η θερμική του αντίσταση μπορεί να κυμαίνεται από 0,014 έως 0,029m²K/W.
- Ως τελικές επιστρώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα υλικά με τα ίδια χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται και στις άλλες δύο κατηγορίες δαπέδων και τα οποία περιγράφηκαν παραπάνω.
- Το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης διαστρώνεται στα δάπεδα και λειτουργεί ως εξισωτική στρώση ενώ παράλληλα παρέχει θερμική προστασία σε αυτά. Το πάχος του μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Γενικά, μπορεί να εφαρμόζεται σε πάχη μεγαλύτερα ή ίσα των 4cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εξαρτάται από τη σύσταση του ελαφροσκυροδέματος και από τη πυκνότητα του. Συνιστάται για εφαρμογή στα δάπεδα να επιλέγεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα πυκνότητας 300kg/m³ και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ίσο με 0,08W/mK. Για τα παραπάνω χαρακτηριστικά του ελαφροσκυροδέματος, η διάστρωση του υλικού αυτού σε πάχη από 6cm έως και 10cm ικανοποιεί τις απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Η θερμική του αντίσταση, λοιπόν, για τα χαρακτηριστικά αυτά κυμαίνεται από 0,75 έως 1,25m²K/W.
- Το πάχος του μονωτικού υλικού και για συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού μπορεί να καθορίζεται βάσει των απαιτήσεων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ωστόσο, στην περίπτωση δαπέδων με ξύλινη καρφωτή τελική επίστρωση, επειδή το μονωτικό υλικό δεν αποτελεί μια ενιαία στρώση, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών των δαπέδων εξαρτάται και από τους επί μέρους συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε διατομή του δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετείται σε πάχη 2, 3, 4 και 5cm. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού εξαρτάται από το είδος του υλικού. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ένας καλός δηλαδή μικρός συντελεστής λ μονωτικού υλικού ισούται με 0,02W/mK ενώ ως χειρότερο μπορούμε να θεωρήσουμε ένα συντελεστή λ ίσο με 0,04W/mK. Σε συνήθη μονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο

αποδίδεται συντελεστής λ που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,03 με 0,04W/mK. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι κατά κύριο λόγο για ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μονωτικού υλικού ίσο με 0,033W/mK, η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού σε πάχος μεγαλύτερο ή ίσο από 4cm ικανοποιεί σε πολλές περιπτώσεις τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Για $\lambda=0,033\text{W/mK}$ και για τις παραπάνω τιμές πάχους η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού μπορεί να κυμαίνεται από 0,606 έως 1,515m²K/W.

12.5.8 Τα δομικά υλικά των αδιαφανών δομικών στοιχείων με τη σημαντικότερη μεταβολή της θερμικής τους αντίστασης

Σε κάθε περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου εξαρτάται από την κατασκευαστική λύση που θα επιλεγεί. Παρατηρήθηκε ότι ορισμένα δομικά υλικά παρουσιάζουν σταθερά χαρακτηριστικά και συνεπώς σταθερή θερμική αντίσταση ενώ άλλα μπορούν να μεταβάλλουν σε μικρό βαθμό τη θερμική τους αντίσταση. Επιπλέον, ορισμένα υλικά ανάλογα με την εκάστοτε κατασκευαστική λύση παρουσιάζουν εντονότερη μεταβολή της θερμικής τους αντίστασης η οποία όμως λόγω των χαμηλών τιμών της δεν επιδρά σημαντικά στη μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι ορισμένα δομικά υλικά παρουσιάζουν υψηλή θερμική αντίσταση και παράλληλα δύναται η θερμική τους αντίσταση να μεταβάλλεται έντονα είτε λόγω της μεταβολής του πάχους τους είτε λόγω της μεταβολής του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτών ή και λόγω της συνδυασμένης μεταβολής των δύο αυτών χαρακτηριστικών τους, με αποτέλεσμα τα υλικά αυτά να επιδρούν σημαντικά στην τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου. Κατά κύριο λόγο τα υλικά που παρουσιάζουν αυτή τη συμπεριφορά είναι τα μονωτικά υλικά.

Είναι σημαντικό, επίσης, να αναφερθεί ότι το πάχος εφαρμογής ορισμένων δομικών υλικών εξαρτάται από κατασκευαστικούς παράγοντες και έτσι για μια σταθερή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των υλικών αυτών η μεταβολή της θερμικής τους αντίστασης οφείλεται σε κατασκευαστικούς λόγους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι πάχος του βασικού υλικού δόμησης μιας τοιχοποιίας δηλαδή το πάχος της οπτοπλινθοδομής, της πλινθοδομής από τσιμεντόλιθους, από ελαφροτσιμεντόλιθους, από θερμομονωτικά τούβλα, της λιθοδομής και του μεταλλικού σκελετού στις τοιχοποιίες ξηράς δόμησης μπορεί να καθορίζεται από κατασκευαστικούς λόγους. Επίσης, το πάχος της φέρουσας πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος στις οροφές και στα δάπεδα όπως και το πάχος του οπλισμένου σκυροδέματος κολώνων και δοκών, οι διαστάσεις των αμειβόντων και το πάχος του πετσώματος (ξύλινου υποστρώματος) στις ξύλινες στέγες καθορίζονται από κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ακόμη, το πάχος και οι διαστάσεις ορισμένων δομικών υλικών όπως για παράδειγμα των μαρμάρων, κεραμικών πλακιδίων, του γρανίτη, των ταρατσόπλακων, των διαφόρων τύπων κεραμιδιών, των διακοσμητικών και επενδυτικών πλακών όπως τσιμεντοσανίδων, γυψοσανίδων, μοριοσανίδων, των συνδετικών κονιαμάτων και άλλων υλικών καθορίζονται τόσο από τους κατασκευαστές όσο και από τις απαιτήσεις της εκάστοτε κατασκευής. Γενικά, σε πολλές περιπτώσεις το πάχος εφαρμογής μιας στρώσης ενός δομικού υλικού στη σύνθεση του δομικού στοιχείου καθορίζεται από κατασκευαστικούς και τεχνικούς λόγους και από διαφορές ελληνικές προδιαγραφές και κανονισμούς.

Όσον αφορά τις τοιχοποιίες παρατηρήθηκε ότι σημαντικότερη επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών έχουν το θερμομονωτικό επίχρισμα, τα διάφορα μονωτικά υλικά καθώς και τα θερμομονωτικά τούβλα και οι ελαφροτσιμεντόλιθοι στην περίπτωση που αυτά αποτελούν το βασικό δομικό υλικό της τοιχοποιίας. Το θερμομονωτικό επίχρισμα μπορεί να εφαρμόζεται σε διάφορα πάχη ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης, ενώ γενικά παρουσιάζει σταθερό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Παρουσιάζει υψηλή θερμική αντίσταση η οποία δύναται να μεταβάλλεται έντονα ανάλογα με τη μεταβολή του πάχους εφαρμογής του υλικού. Τα θερμομονωτικά τούβλα και οι ελαφροτσιμεντόλιθοι παρουσιάζουν υψηλή θερμική αντίσταση λόγω του μεγάλου πάχους τους και του μικρού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν, ενώ μπορούν να μεταβάλλουν σημαντικά τη θερμική τους αντίσταση ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Ωστόσο, ο συντελεστής λ των υλικών αυτών είναι αρκετά μεγαλύτερος συγκριτικά με τον συντελεστή λ των διαφόρων ελαφριών θερμομονωτικών υλικών. Καθώς, επίσης, αποτελούν το βασικό υλικό δόμησης της τοιχοποιίας στη μεταβολή του πάχους τους υπεισέρχονται και κατασκευαστικοί παράγοντες. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις οι τοιχοποιίες αυτές δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις θερμομόνωσης που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. και απαιτείται η προσθήκη κάποιου επιπλέον θερμομονωτικού υλικού. Συνεπώς, τη μεγαλύτερη επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας μιας τοιχοποιίας έχουν τα διάφορα μονωτικά υλικά τα οποία παρουσιάζουν τις

υψηλότερες θερμικές αντιστάσεις ενώ παράλληλα η θερμική τους αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά. Το πάχος τους μπορεί να μεταβάλλεται και για ένα συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτών μπορεί να καθορίζεται από τα όρια που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τον συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχοποιιών. Επιπλέον, όμως, τα μονωτικά υλικά παρουσιάζουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ο οποίος μεταβάλλεται αναλόγως του είδους και της φύσεως του υλικού.

Στις κολώνες και στις δοκούς παρατηρήθηκε ότι σημαντικότερη επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών έχουν το θερμομονωτικό επίχρισμα και τα διάφορα μονωτικά υλικά. Το θερμομονωτικό επίχρισμα μπορεί να εφαρμόζεται σε διάφορα πάχη ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης, ενώ γενικά παρουσιάζει σταθερό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Παρουσιάζει υψηλή θερμική αντίσταση η οποία δύναται να μεταβάλλεται έντονα ανάλογα με τη μεταβολή του πάχους εφαρμογής του υλικού. Ωστόσο, σημαντικότερη κρίνεται η επίδραση των κοινών θερμομονωτικών υλικών καθώς αποτελούν το βασικό τρόπο θερμομόνωσης των δομικών αυτών στοιχείων, παρουσιάζουν υψηλές θερμικές αντιστάσεις ενώ παράλληλα η θερμική τους αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται έντονα λόγω της μεταβολής των δύο βασικών παραμέτρων αυτών δηλαδή του πάχους και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους.

Όσον αφορά τις οριζόντιες οροφές με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος καθώς και τα δάπεδα παρατηρήθηκε ότι σημαντικότερη επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών έχουν το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα, τα διάφορων ειδών ελαφροσκυροδέματα και άοπλα σκυροδέματα μέσης πυκνότητας, τα μονωτικά υλικά και το θερμομονωτικό επίχρισμα στην περίπτωση δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Τα διάφορων ειδών ελαφροσκυροδέματα και τα άοπλα σκυροδέματα μέσης πυκνότητας εφαρμόζονται στις οροφές και στα δάπεδα για τη διαμόρφωση της στρώσης των κλίσεων ή της εξισωτικής στρώσης αντίστοιχα. Ανάλογα με το είδος του υλικού που θα επιλεγεί και το πάχος στο οποίο θα εφαρμοσθεί, η θερμική αντίσταση της στρώσης αυτής παρουσιάζει μεγάλη μεταβολή. Πιο συγκεκριμένα, όταν για τη κατασκευή της στρώσης αυτής διαστρωθεί σε μεγάλο πάχος κάποιο ελαφροσκυρόδεμα όπως κισηρόδεμα, περλιτόδεμα και κυψελωτό σκυρόδεμα, χαμηλής πυκνότητας που παρουσιάζει μικρό συντελεστή λ τότε η στρώση αυτή παρουσιάζει υψηλή θερμική αντίσταση. Αντίθετα, στρώση από άοπλο σκυρόδεμα χαμηλής πυκνότητας ή και από γαρμπιλόδεμα κατασκευάζεται σε μικρότερο πάχος ενώ τα υλικά αυτά παρουσιάζουν υψηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και έτσι στην περίπτωση αυτή, η στρώση παρουσιάζει σημαντικά μικρότερη θερμική αντίσταση. Ωστόσο, ακόμη και στην περίπτωση που η στρώση των κλίσεων ή η εξισωτική στρώση μπορεί να παρουσιάζει μεγάλη θερμική αντίσταση δε μπορεί να εξασφαλίσει στην οροφή ή στα δάπεδα αντίστοιχα από μόνη της χωρίς τη εφαρμογή κάποιας θερμομονωτικής στρώσης την απαιτούμενη θερμική προστασία. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτής της στρώσης καθορίζονται και από κατασκευαστικούς παράγοντες. Στην περίπτωση οροφών ή δαπέδων όπου διαστρώνεται θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα το οποίο παράλληλα αποτελεί την κύρια θερμομονωτική στρώση, το πάχος του μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης σύμφωνα με όσα ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. ενώ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ανάλογα με τη φύση του υλικού μπορεί να πάρει διαφορετικές τιμές οι οποίες όμως δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους, ενώ είναι αρκετά υψηλότερες από τις τιμές του συντελεστή λ που παρουσιάζουν τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά. Η θερμική αντίσταση της στρώσης αυτής παρουσιάζει υψηλές τιμές και δύναται να μεταβάλλεται σημαντικά ανάλογα με το πάχος εφαρμογής του υλικού. Σε ορισμένες περιπτώσεις βέβαια, όπως σε ορισμένα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, η στρώση θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος δεν καλύπτει από μόνη τις απαιτήσεις θερμομόνωσης του δομικού στοιχείου και απαιτείται η εφαρμογή μιας επιπλέον θερμομονωτικής στρώσης. Το θερμομονωτικό επίχρισμα στα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα μπορεί να εφαρμόζεται σε διάφορα πάχη ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης, γενικά έχει σταθερό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και παρουσιάζει υψηλές τιμές θερμικής αντίστασης. Καθώς, βέβαια χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό θερμομονωτικό υλικό, εφαρμόζεται σε μικρά πάχη ενώ δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή αυτών. Τη μεγαλύτερη επίδραση σε μια οροφή ή σε ένα δάπεδο, όπως και στις τοιχοποιίες, παρουσιάζουν τα διάφορα μονωτικά υλικά καθώς παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές θερμικής αντίστασης ενώ παράλληλα η θερμική τους αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται έντονα λόγω της μεταβολής του πάχους τους είτε του συντελεστή λ ή και λόγω της μεταβολής και των δύο παραμέτρων.

Στις κεκλιμένες στέγες με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος σημαντικότερη κρίνεται η επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών, του θερμομονωτικού ελαφροσκυροδέματος και των διάφορων θερμομονωτικών υλικών. Το θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα διαστρώνεται σε πάχος που μπορεί να

καθορίζεται από τις απαιτήσεις θερμομόνωσης σύμφωνα με όσα ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. Παρουσιάζει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ο οποίος όμως είναι μεγαλύτερος από τον συντελεστή λ που παρουσιάζουν τα κοινά μονωτικά υλικά, ενώ ανάλογα με τη φύση του υλικού μπορεί να πάρει διαφορετικές τιμές οι οποίες όμως δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Η θερμική αντίσταση, λοιπόν, της στρώσης αυτής παρουσιάζει υψηλές τιμές και δύναται να μεταβάλλεται σημαντικά ανάλογα με το πάχος εφαρμογής του υλικού. Ωστόσο, και πάλι στην περίπτωση των δομικών αυτών στοιχείων σημαντικότερη κρίνεται η επίδραση των κοινών θερμομονωτικών υλικών.

Τέλος, όσον αφορά τις ξύλινες στέγες σημαντικότερη επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών έχουν τα μονωτικά υλικά. Η θερμομονωτική στρώση όπως και στα άλλα δομικά στοιχεία παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές θερμικής αντίστασης ενώ παράλληλα η θερμική της αντίσταση μπορεί να μεταβάλλεται έντονα λόγω της μεταβολής των δύο βασικών παραμέτρων αυτής δηλαδή του πάχους και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της. Ωστόσο, οι ξύλινες στέγες αποτελούν σύνθετα δομικά στοιχεία καθώς κατασκευάζονται με βάση ένα ξύλινο σκελετό και το μονωτικό υλικό συνήθως τοποθετείται ανάμεσα στους αμείβοντες είτε πάνω από αυτούς όπου και πάλι στερεώνεται ανάμεσα σε ξύλινα καδρόνια. Συνεπώς, ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτών εξαρτάται και από τους επί μέρους συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε διατομή του σύνθετου αυτού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών.

Συμπερασματικά, λοιπόν, όπως ήδη παρουσιάστηκε παραπάνω, καταλήγουμε στο γεγονός ότι σημαντικότερη επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου έχουν τα μονωτικά υλικά. Τα υλικά αυτά παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές θερμικής αντίστασης, ενώ παράλληλα η θερμική τους αντίσταση μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές αναλόγως της μεταβολής του πάχους τους είτε του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τους ή και λόγω της μεταβολής και των δύο αυτών παραμέτρων. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, τα υλικά αυτά παρουσιάζουν πολύ χαμηλές τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Ακόμη, ανάλογα με το είδος και τη φύση του υλικού, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους παίρνει διαφορετικές τιμές. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι γενικά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της θερμομονωτικής στρώσης μπορεί να κυμαίνεται από 0,02 έως 0,04W/mK. Όσον αφορά το πάχος των μονωτικών υλικών, για ένα συγκεκριμένο συντελεστή λ αυτό μπορεί να καθορίζεται από τις απαιτήσεις που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τον συντελεστή θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού των τιμών του πάχους της μόνωσης και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της μπορεί να γίνεται από την επιδιωκόμενη θερμική προστασία του δομικού στοιχείου και του κελύφους γενικότερα με σκοπό τη μείωση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου αυτού, σε συνδυασμό πάντα με πιθανούς κατασκευαστικούς περιορισμούς, αλλά και με την προϋπόθεση της τήρησης των ορίων του Κ.Εν.Α.Κ.

12.6 Οι θερμογέφυρες

Θερμογέφυρες ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτιρίου 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. [11]

➤ Η επίδραση των θερμογεφύρων

Οι θερμογέφυρες αποτελούν τα "ασθενή" σημεία του κτιριακού περιβλήματος και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία. Στη θέση μιας θερμογέφυρας το δομικό στοιχείο εμφανίζει μειωμένη θερμική προστασία με αποτέλεσμα την αύξηση των ροών θερμότητας που διέρχονται από τη θέση αυτή και την εμφάνιση μιας διαφορετικής κατανομής των θερμοκρασιών στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, συγκριτικά πάντα με τις θέσεις που δεν αποτελούν θερμογέφυρες. Για το λόγο αυτό, η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του δομικού στοιχείου στη θέση της θερμογέφυρας εμφανίζεται χαμηλότερη. Συνεπώς, επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου. Είναι, ωστόσο, σαφές ότι η επίδραση αυτή συναρτάται απόλυτα από την επιφάνεια στην οποία εκτείνεται η θερμογέφυρα. Όσο μικρότερης έκτασης είναι αυτή, τόσο μικρότερη είναι η επίδραση και αντιστοίχως όσο περισσότερο εκτείνεται, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει. [26]

Επιπλέον, συχνά καταλήγουν να είναι πρόξενοι ποικίλων φθορών και καταστροφών, ενίοτε ασήμαντων και έπουσιωδών, κατά το πλείστον όμως επικίνδυνων και σοβαρών. Οι περισσότερες φθορές οφείλονται στην επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών, λόγω της πτώσης της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων σε τιμή χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσαιξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους του κτιρίου συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, θεωρούμενης της θερμικής ροής στον υπολογισμό κατά παραδοχή ως μονοδιάστατο μέγεθος και κάθετο στην επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου, σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%. Αυτό το ποσοστιαίο εύρος έχει να κάνει με το μέγεθος του κτιρίου, τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, τα αρχιτεκτονικά του στοιχεία και κατ' επέκταση με το πλήθος των εμφανιζόμενων θερμογεφυρών. [11]

➤ Γραμμικές και σημειακές θερμογέφυρες

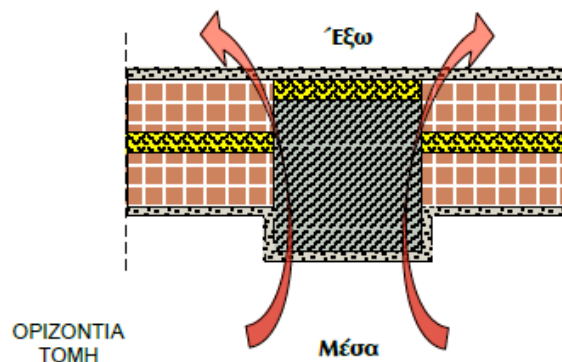
Οι θερμογέφυρες μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους, στις γραμμικές και στις σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών, στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση. Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση, ενώ η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται πρακτικά αμελητέα, γι' αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς. Αντίθετα, οι γραμμικές θερμογέφυρες λαμβάνονται υπόψη και συγκριτικά με τις σημειακές έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κελύφους. [11]

➤ Αιτίες δημιουργίας γραμμικών θερμογεφύρων

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

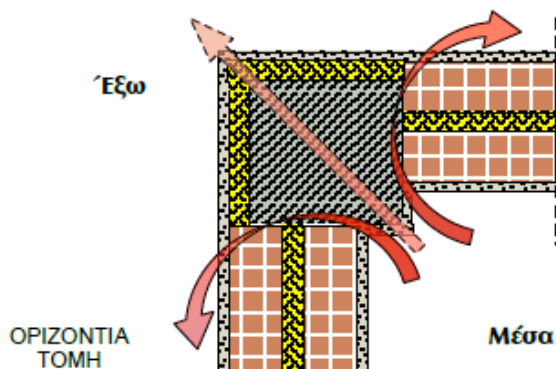
Οι γεωμετρικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες η βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική, όπως στη θέση κάθετης τομής δύο εξωτερικών δομικών στοιχείων με τη συνέχεια της θερμομόνωσης να μην διακόπτεται (γωνία). Σ' αυτήν την περίπτωση επειδή η συνολική εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων διαφέρει από την εσωτερική, αναπτύσσονται έντονα φαινόμενα δισδιάστατης ροής θερμότητας. Ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται εσωτερικές ή εξωτερικές διαστάσεις για τους υπολογισμούς των θερμικών ροών, 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, λειτουργώντας στην ουσία ως διόρθωση στους υπολογισμούς των ροών θερμότητας με παραδοχή μονοδιάστατης ροής. Για τις ανάγκες των υπολογισμών με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. γίνεται παντού χρήση εξωτερικών διαστάσεων.

Οι κατασκευαστικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις στις οποίες υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού, όπως στις θέσεις ένωσης δοκού με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σε αυτήν την περίπτωση αναπτύσσεται έντονη δισδιάστατη ροή θερμότητας στην περιοχή της ασυνέχειας η οποία οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες και μείωση της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Σε αυτές τις θερμογέφυρες η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας είναι πάντα θετική. [11]



Σχήμα 12.2: Θερμογέφυρα στο σημείο σύνδεσης στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης [26]

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει συνδυασμός γεωμετρικής και κατασκευαστικής θερμογέφυρας, όπως 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. 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. [11]



Σχήμα 12.3: Θερμογέφυρα λόγω διαφοράς εμβαδού εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας ενός γωνιακού δομικού στοιχείου και λόγω ασυνέχειας του θερμομονωτικού υλικού [26]

➤ Οι θέσεις εμφάνισης των θερμογεφύρων [11]

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους στο κτίριο, 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 κτιρίου. Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται καθ' ύψος, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των τομών. Διακρίνονται τρεις υποκατηγορίες:

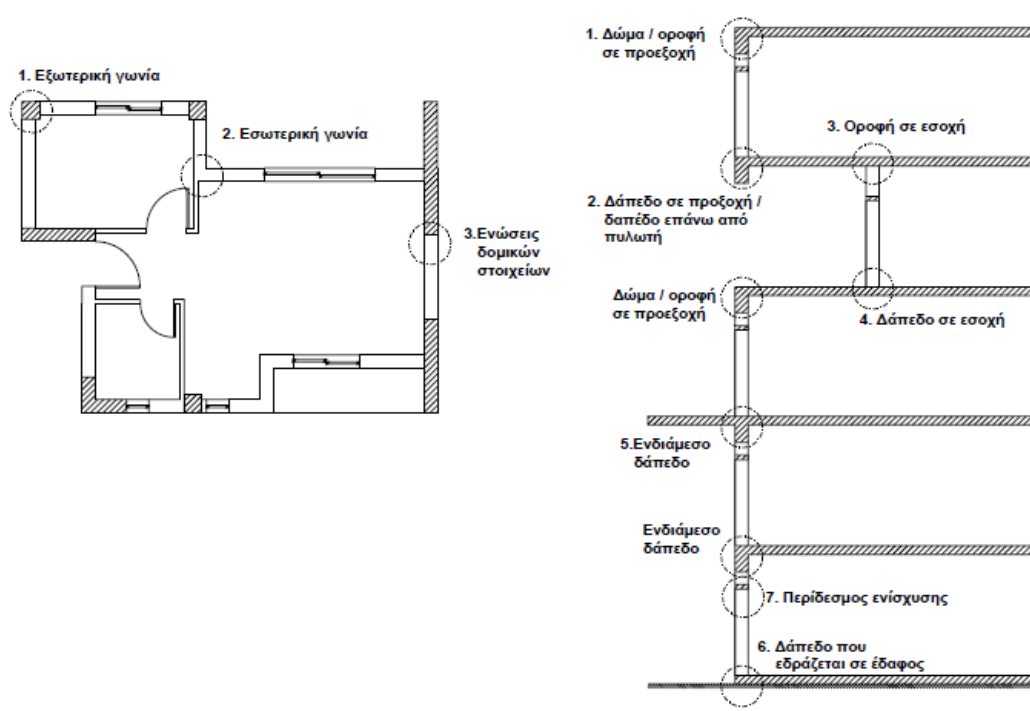
- θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών
- θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών
- θερμογέφυρες ένωσης δομικών στοιχείων

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.

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους διακρίνονται σε επτά υποκατηγορίες:

- θερμογέφυρες δώματος ή οροφής σε προεξοχή
- θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή ή δαπέδου επάνω από πυλωτή
- θερμογέφυρες οροφής σε εσοχή
- θερμογέφυρες δαπέδου σε εσοχή
- θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου
- θερμογέφυρες περιόδου ενίσχυσης
- θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος

Οι θερμογέφυρες κουφωμάτων εντοπίζονται στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία και το μήκος τους μετράται με βάση τις διαστάσεις των ανοιγμάτων. Διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες στις θερμογέφυρες στο λαμπά του κουφώματος και στις θερμογέφυρες στο ανωκάσι/κατωκάσι του κουφώματος.



Σχήμα12.4: Ενδεικτικές θέσεις εμφάνισης κατακόρυφων και οριζόντιων θερμογεφύρων [11]

➤ Υπολογισμός των θερμικών απωλειών κατά μήκος μιας θερμογέφυρας

Στόχος είναι να υπολογισθούν οι θερμικές απώλειες κατά μήκος της κάθε θερμογέφυρας. Για τον υπολογισμό τους απαιτούνται ο κάθε τύπος θερμογέφυρας, που εκφράζεται με ένα συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας, Ψ , μετρούμενο σε $W/(m \cdot K)$ και το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας, l , που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, μετρούμενο σε m . Οι θερμικές απώλειες κατά μήκος μιας θερμογέφυρας ορίζονται από το γινόμενο $\Psi \cdot l$, μετρούμενο σε W/m . [11]

Για να μπορέσουν, λοιπόν, να υπολογισθούν οι θερμικές απώλειες λόγω της ύπαρξης θερμογεφύρων καθώς και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου πρέπει να γνωρίζουμε τόσο την τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ όσο και το μήκος l της θερμογέφυρας που δημιουργείται. Σε ελληνική τεχνική οδηγία [11] παρουσιάζονται οι πλέον συνήθεις περιπτώσεις θερμογεφυρών που απαντώνται στις ελληνικές κατασκευές, ομαδοποιημένες ως προς τη θέση τους στο κτιριακό κέλυφος και υπολογίζεται η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας, Ψ , ανά περίπτωση η οποία έχει προκύψει με χρήση λογισμικού δισδιάστατης ροής θερμότητας, λαμβάνοντας τις εξωτερικές διαστάσεις των δομικών στοιχείων.

➤ Η αντιμετώπιση των θερμογεφύρων

Είναι σκόπιμο οι θέσεις των θερμογεφύρων να προσδιορίζονται εξ αρχής σε ένα κτίριο, δηλαδή από το στάδιο της κατασκευής του, έτσι ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την κατά το δυνατόν αποφυγή ή περιορισμό των επιπτώσεών τους. Η εκ των υστέρων αντιμετώπισή τους συχνά είναι δυσχερής και απαιτεί πιο σύνθετες οικοδομικές εργασίες που αποθαρρύνουν την εφαρμογή τους. Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφύρων σε μια κατασκευή αποτελεί η πλήρης θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφύρων. Και αυτό όχι κατ' ανάγκη επειδή δεν θα έχει εκπονηθεί η απαραίτητη μελέτη θερμικής προστασίας ή επειδή αυτή δεν θα έχει εφαρμοσθεί πλήρως, αλλά επειδή κάποιο σημείο ή τμήμα ενός δομικού στοιχείου λόγω της θέσης του ή του κατασκευαστικού σχήματος του περιβλήματος θα παρουσιάζει υψηλότερες θερμικές απώλειες, τις οποίες ένας συμβατικός τρόπος δόμησης δεν μπορεί να αντιμετωπίσει. [26]

12.7 Ο μειωτικός συντελεστής b [11]

Ο μειωτικός συντελεστής, b , προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Η κάθε ποσότητα $A \cdot U$ (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°C (ή 1K). Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος η ποσότητα αυτή είναι υπερεκτιμημένη. Έτσι, με το μειωτικό συντελεστή, b , επιχειρείται η επαναφορά της ποσότητας $A \cdot U$ σε μεγέθη πλησιέστερα στην πραγματικότητα. Παρουσιάζονται παρακάτω οι τιμές που λαμβάνει ο μειωτικός συντελεστής, b , για έξι περιπτώσεις δομικών στοιχείων:

- Για επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, ο μειωτικός συντελεστής, b , λαμβάνει τιμή $b=1$, καθώς η ποσότητα $A \cdot U$ θεωρείται η πραγματικά υπολογισθείσα. Η τιμή $b=1$ 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.
- Για επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με όμορο κτίριο, ο μειωτικός συντελεστής, b , μπορεί να θεωρηθεί ίσος με $b=1$. 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, δηλαδή με τιμή συντελεστή $b = 1$, διότι είναι απροσδιόριστος ο χρόνος ζωής του όμορου κτηρίου. Ίδια θα είναι η αντιμετώπιση είτε οι χώροι του όμορου κτηρίου είναι θερμαινόμενοι είτε όχι. Ωστόσο, σε μια ενεργειακή επιθεώρηση εκτιμάται η πραγματική κατάσταση του κτηρίου και αποτιμάται η πραγματική μεταφερόμενη ποσότητα ενέργειας μέσω των δομικών στοιχείων των ερχόμενων σε επαφή με τα δομικά στοιχεία του όμορου κτηρίου.
- Για επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους του ίδιου κτιρίου, ο μειωτικός συντελεστής, b , λαμβάνει τιμή $b=0,5$. Σε περίπτωση που υφίστανται χώροι του ίδιου κτιρίου 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 $b = 0,5$. Για παράδειγμα σε περίπτωση προσθήκης νέου κτίσματος (ή και ενός μόνο δωματίου) σε υφιστάμενο θερμομονωμένο ή μη θερμομονωμένο κτίριο τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν το υφιστάμενο κτίριο 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.
- Για μια οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη, ο μειωτικός συντελεστής διατηρεί την τιμή $b=1$, καθώς η διόρθωση στην απόκλιση έχει ήδη γίνει κατά τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U της διατομής, λαμβάνοντας υπόψη την αντίσταση R_{RU} η οποία ορίζεται ως η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της μη θερμομονωμένης κεκλιμένης στέγης.
- Για επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος θεωρείται ότι η διόρθωση των θερμικών ροών με χρήση του ισοδύναμο συντελεστή θερμοπερατότητας είναι επαρκής και επομένως δεν απαιτείται περαιτέρω διόρθωση. Συνεπώς σ' αυτήν την περίπτωση λαμβάνεται $b=1$.
- Στην περίπτωση επιφάνειας που έρχεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο, η ροή θερμότητας μέσω του δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο από το μη θερμαινόμενο χώρο είναι ίση με τη ροή θερμότητας από το μη θερμαινόμενο χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον, επηρεασμένη κατά την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται ή απάγεται μέσω αερισμού στο μη θερμαινόμενο χώρο. Ο μειωτικός συντελεστής, b_u , που καθορίζει την απομείωση της υπολογισθείσας ροής θερμότητας μέσω του διαχωριστικού δομικού στοιχείου μεταξύ ενός θερμαινόμενου και ενός μη θερμαινόμενου χώρου,

προκύπτει από την αναλογική σχέση των μεταφερόμενων ποσοτήτων θερμότητας από τον ένα χώρο στον άλλο και κατά το βαθμό επηρεασμού τους από τον αερισμό του χώρου σύμφωνα με την παρακάτω σχέση 12.1. Ωστόσο, εναλλακτικά παρέχεται η δυνατότητα σε όλες τις περιπτώσεις που το δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο να ληφθεί κατά απλοποιητική παραδοχή ως τιμή του μειωτικού συντελεστή $b_u = 0,50$.

$$b_u = \frac{\sum(U_{ua} \cdot A_{ua}) + (n_u \cdot V_u \cdot c_{αέρα})}{\sum(U_{ua} \cdot A_{ua}) + \sum(U_{iu} \cdot A_{iu})} \quad (12.1)$$

όπου

U_{ua} $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον,

U_{iu} $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο,

A_{ua} $[m^2]$ το εμβαδό επιφάνειας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον,

A_{iu} $[m^2]$ το εμβαδό επιφάνειας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο,

n_u $[h^{-1}]$ το πλήθος των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα, το οποίο ορίζεται ανάλογα με το βαθμό αεροστεγανότητας του χώρου από τον πίνακα 12.2,

V_u $[m^3]$ ο όγκος του μη θερμαινόμενου χώρου,

$c_{αέρα}$ $[J / (m^3 \cdot K)]$ η θερμοχωρητικότητα του αέρα ανά μονάδα όγκου

Πίνακας 12.2: Εναλλαγές αέρα ανά ώρα ενός μη αεριζόμενου χώρου με το εξωτερικό του περιβάλλον βάσει του βαθμού αεροστεγανότητας του [11]

Α/Α	Βαθμός αεροστεγανότητας	Εναλλαγές αέρα ανά ώρα n_u
		$[h^{-1}]$
1	Χωρίς ανοίγματα, υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς αερισμό	0,1
2	Υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς χρήση ανοιγμάτων για αερισμό	0,5
3	Υψηλή αεροστεγανότητα, μικρά ανοίγματα για αερισμό	1
4	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω τοπικών διαμπερών αρμών ή λόγω μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	3
5	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω μεγάλου πλήθους διαμπερών αρμών ή μεγάλων ή πολλών μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	10

12.8 Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, U_m [11]

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, U_m , προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου 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 την παρακάτω σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (12.2)$$

όπου

U_m $[W/(m^2K)]$ ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου,

n $[-]$ το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου,

v $[-]$ το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,

A_j $[m^2]$ το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου,

U_j $[W/(m^2K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου,

l_i $[m]$ το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

Ψ_i $[W/(m \cdot K)]$ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

b $[-]$ ο μειωτικός συντελεστής

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου αποτελεί σημαντική παράμετρο για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιρίου σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που θέτονται από τον κανονισμό πρέπει η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, U_m , του συνόλου του κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση της τιμής του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, $U_{m,max}$, για την ίδια κλιματική ζώνη και για τον ίδιο λόγο του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου προς τον όγκο του F/V . Πρέπει, δηλαδή, να ισχύει $U_m \leq U_{m,max}$. Οι τιμές του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, $U_{m,max}$, για κάθε κλιματική ζώνη και συναρτήσει του λόγου F/V του κτιρίου ορίζονται βάσει του ΚΕΝΑΚ και έχουν ήδη παρουσιαστεί στην παρούσα εργασία στον πίνακα 1.2 και στο σχήμα 1.2 της ενότητας 1.3.

Αν δεν ικανοποιείται η συνθήκη αυτή, δηλαδή αν δεν ισχύει $U_m \leq U_{m,max}$, θα πρέπει ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου να επαναληφθεί από την αρχή, έχοντας προηγουμένως βελτιώσει τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των επί μέρους δομικών στοιχείων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης των αδιαφανών στοιχείων, με τη βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων καθώς και με τη μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων.

12.9 Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης, C_m

Θερμοχωρητικότητα ενός υλικού ή δομικού στοιχείου κατασκευής είναι η ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα που δέχεται από το περιβάλλον μέσα στη μάζα. [16] Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης C_m (kJ/K) υπολογίζεται με βάση τη θερμοχωρητικότητα και την επιφάνεια των δομικών στοιχείων που περικλείουν τη θερμική ζώνη και βρίσκονται σε άμεση επαφή με τον εσωτερικό αέρα της ζώνης. Συγκεκριμένα, η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης προκύπτει από την εφαρμογή της σχέσης: [9]

$$C_m = \sum (k_j \cdot A_j) \quad (12.3)$$

όπου

C_m (kJ / K) η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης

A_j (m^2) η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου j

k_j ($kJ / (m^2 \cdot K)$) η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου j

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα, k (kJ/m^2K), ανά μονάδα επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών του δομικού στοιχείου που βρίσκονται μέχρι το 'μέγιστο' ενεργό βάθος του δομικού στοιχείου. Το ενεργό βάθος ορίζεται ως η μικρότερη τιμή που αντιστοιχεί: [9]

- στην απόσταση από την επιφάνεια του δομικού στοιχείου προς τον εσωτερικό χώρο μέχρι τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης
- στο ήμισυ του πάχους του δομικού στοιχείου
- στα 10 cm [9]

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα, k (kJ/m^2K), ανά μονάδα επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση: [16,23]

$$k = \sum_i \rho_i \cdot c_i \cdot d_i \quad (12.4)$$

όπου

ρ_i [kg / m^3] η πυκνότητα του υλικού μιας στρώσης i του δομικού στοιχείου

c_i [$J / (kg \cdot K)$] η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού μιας στρώσης i του δομικού στοιχείου

d_i [m] το πάχος που καταλαμβάνει μία στρώση i του δομικού στοιχείου [16,23]

Εφόσον, η εσωτερική θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται για το 'μέγιστο' ενεργό βάθος του δομικού στοιχείου ισχύει ότι $d^* = \sum_i d_i$ όπου d^* (m) το μέγιστο αυτό βάθος. [16]

Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα, c_m ($kJ/(m^2K)$) μιας θερμικής ζώνης ισούται με το λόγο της εσωτερικής θερμοχωρητικότητας της ζώνης, C_m (kJ/K), προς την μεικτή επιφάνεια της ζώνης A (m^2), σύμφωνα με τη σχέση: [9]

$$c_m = \frac{C_m}{A} \quad (12.5)$$

Αυτός ο τρόπος υπολογισμού της ανηγμένης θερμοχωρητικότητας μιας θερμικής ζώνης πρέπει να ακολουθείται για τη μελέτη της ενεργειακή απόδοσης των κτιρίων. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τυπικές τιμές της ανηγμένης θερμοχωρητικότητας ανάλογα με τον τύπο και τον τρόπο δόμησης του κτιρίου. [9]

Πίνακας 12.3: Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά m² δαπέδου. [9]

Κατηγορία	Περιγραφή	Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα [kJ/(m ² .K)]
1	Ελαφριά κατασκευή με ξύλινο σκελετό και στοιχεία πλήρωσης από γυψοσανίδα ή ξύλο και εσωτερική θερμομόνωση σε όλα τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο).	80
2	Φέρων οργανισμός από ελαφριά μεταλλική κατασκευή, πλήρωση από υαλοπετάσματα ή ελαφριά πετάσματα με θερμομόνωση.	110
3	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα, στοιχεία πλήρωσης από ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθους ή γυψοσανίδα και ύπαρξη ψευδοροφών.	165
4	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους.	260
5	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από βαριά υλικά, όπως πέτρα, συμπαγείς οπτόπλινθους, ωμόπλινθους ή σκυρόδεμα.	370

12.10 Οι συντελεστές ανάκλασης και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας [9]

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία αδιαφανή επιφάνεια κατά ένα μέρος της ανακλάται και κατά ένα μέρος απορροφάται από αυτή. Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού που απορροφάται από μια επιφάνεια ισούται με τη μονάδα, ισχύει δηλαδή:

$$\rho + \alpha = 1 \quad (12.6)$$

όπου ρ είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία και α είναι ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία

Τόσο η ανακλαστικότητα, όσο και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς υλικού ή μιας επιφάνειας εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή της. Η ανακλαστικότητα σιλιπνών και λείων επιφανειών πλησιάζει προς τη μονάδα, ενώ η απορροφητικότητά τους είναι αντίστοιχα μειωμένη. Από την άλλη, σκουρόχρωμες και τραχιές επιφάνειες εμφανίζουν υψηλή απορροφητικότητα και χαμηλή ανακλαστικότητα. Οι ιδιότητες αυτές των τελικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους προσδιορίζουν ουσιαστικά τα ηλιακά κέρδη των αδιαφανών δομικών στοιχείων και μπορεί να έχουν σημαντικό ρόλο, κυρίως όταν οι επιφάνειες δέχονται μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των δωματίων. Η χρήση υλικών που παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και αποτελούν τις τελικές επιστρώσεις σε δώματα και στέγες μπορούν να μειώσουν τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων και να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη των χώρων.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας για διάφορες επιφάνειες που συναντώνται ως τελικές επιστρώσεις των κατακόρυφων και οριζόντιων δομικών στοιχείων του περιβλήματος.

Πίνακας 12.4: Τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία [9]

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία		
Επίχρισμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0,70	0,30
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (π.χ. ανοιχτό γκρι, μπεζ, κίτρινο, ροζ ή γαλάζιο)	0,60	0,40
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (π.χ. γκρι, μπεζ, σκούρη ώχρα, σομόν)	0,40	0,60
Επίχρισμα σκουρόχρωμο (π.χ. σκούρο λαδί, καφέ, γκρι)	0,20	0,80
Εμφανής οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,20	0,80
Εμφανής ανοιχτόχρωμη οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,40	0,60
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. φύλλα αλουμινίου)	0,80	0,20
Αδιαφανές τμήμα γυάλινης πρόσοψης (π.χ. πάνελ με επικάλυψη γυαλιού)	0,40	0,60
Οριζόντια δομικά στοιχεία (οροφές)		
Κόκκινο κεραμίδι	0,40	0,60
Πολύ σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (ασφαλτόπανα)	0,10	0,90
Σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (π.χ. επικάλυψη με σχιστολιθικές πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια)	0,20	0,80
Ανοιχτόχρωμες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (π.χ. επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου, ασφαλτόπανα με χαλαζιακή ψηφίδα)	0,35	0,65
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. ανακλαστικές μεμβράνες)	0,80	0,20
Γαρμπίλι	0,70	0,30

12.11 Ο συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία

Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Η ιδιότητα αυτή των υλικών ονομάζεται ικανότητα εκπομπής και εκφράζεται με τον συντελεστή εκπομπής ϵ . Γενικά, μεγάλος συντελεστής εκπομπής ϵ συνεπάγεται μεγαλύτερη ευκολία στην αποβολή της αναρροφούμενης θερμότητας. Η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση της τελικής του επιφάνειας. Για τα περισσότερα δομικά υλικά ο συντελεστής εκπομπής (εκπεμπτικότητα) κυμαίνεται μεταξύ 0,80 και 0,90. Χαμηλές τιμές του συντελεστή εκπομπής των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους συναντώνται σε στιλπνές επιφάνειες από μέταλλο (αλουμίνιο, ορείχαλκο ή κασσίτερο). [9] Τυπικές τιμές του συντελεστή εκπομπής σε θερμική ακτινοβολία ϵ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12.5: Τιμές του συντελεστή εκπομπής (εκπεμπτικότητα) θερμικής ακτινοβολίας [9]

Περιγραφή επιφάνειας	Συντελεστής εκπομπής
Σύνηθες δομικό υλικό	0,80
Γυαλί	0,90
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες	0,20
Γαρμπίλι	0,30

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθούμε σε μια σύγχρονη σχετικά τεχνολογία υλικών, τα όποια είναι γνωστά ως ψυχρά υλικά και το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και υψηλό συντελεστή εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία. Τα υλικά αυτά εφαρμόζονται στο κτιριακό κέλυφος και μπορεί να πρόκειται για επικαλύψεις, μεμβράνες, πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια και μεταλλικές στέγες. Η υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σημαίνει ότι έχουμε μικρότερη απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας και αποβολή ευκολότερα της θερμότητας όταν υπάρχει υψηλός συντελεστής εκπομπής, [117] με αποτέλεσμα να μειώνεται η ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται στο κτίριο, να εμφανίζονται μικρότερες επιφανειακές θερμοκρασίες και να διατηρείται μια πιο χαμηλή και σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου. [118] Αυτό σημαίνει ότι, σε επίπεδο κτιρίου, λιγότερη θερμότητα εισέρχεται στο κτίριο, με αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερη ενέργεια και να έχουμε μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό, και σε επίπεδο πόλης σημαίνει ότι λιγότερη θερμότητα μεταδίδεται στον υπερκείμενο αέρα, συνεπώς αντιμετωπίζεται με αυτόν τον τρόπο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, το οποίο συνοπτικά, πρόκειται για το φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο στα αστικά κέντρα παρατηρούνται αρκετά υψηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με τις αγροτικές και τις περιφερειακές περιοχές. [117] Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι τα υλικά αυτά βρίσκουν ιδιαίτερη εφαρμογή στις οροφές, στις οποίες τοποθετούνται ως τελικές επικαλύψεις. Χρησιμοποιούνται σε νέες και υφιστάμενες κατασκευές, σε κατοικίες, καθώς και σε εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια. Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά των υλικών αυτών, που προαναφέρθηκαν, βοηθούν ώστε οι οροφές να απορροφούν λιγότερη θερμότητα και να παραμένουν έως και 28 - 33°C ψυχρότερες από τις συμβατικές οροφές, κυρίως κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Συνεπώς, οι οροφές αυτές, συμβάλλουν σημαντικά αφενός στη βελτίωση συνθηκών θερμικής άνεσης σε μη κλιματιζόμενα κτίρια και αφετέρου στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και στη μείωση του ενεργειακού κόστους. [118]

12.12 Σκίαση και ηλιοπροστασία

Η ηλιοπροστασία είναι μια ιδιαίτερα διαδεδομένη στρατηγική για την προστασία του κτιρίου από τα θερμικά κέρδη. [14] Επιτυχής ηλιοπροστασία συνεισφέρει στη μείωση των ηλιακών κερδών στο κτίριο μέσω των διάφανων αλλά και αδιάφανων στοιχείων του κελύφους η οποία είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται το καλοκαίρι, ενώ θα πρέπει να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα, συνδυάζοντας σε κάθε περίπτωση τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού και αερισμού των χώρων, τη δυνατότητα θέας και την προστασία των ενοίκων από τη θάμβωση και την υπεριώδη ακτινοβολία. [7,14] Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η βελτίωση των συνθηκών άνεσης και η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ηλιοπροστασία του κτιρίου στοχεύει κατά κύριο λόγο στην ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου ώστε να μειωθούν τα θερμικά φορτία αυτού τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας. [7] Ο βαθμός και ο τύπος της αναγκαίας σκίασης εξαρτάται από τη θέση του ήλιου, την τοποθεσία, τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία του τμήματος που πρέπει να σκιασθεί. [14]

Η ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με τη χρήση σκιάστρων και τη χρήση βλάστησης. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται είναι εξωτερικές ή εσωτερικές, σταθερές ή κινητές ή και συνδυασμοί αυτών. [14] Γενικά, ως εξωτερικά σκιάστρα μπορεί να λειτουργήσουν εξωτερικά εμπόδια, γειτονικά κτίρια αλλά και στοιχεία του ίδιου του κτιρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές) καθώς επίσης και εξωτερικές περσίδες, τέντες και παντζούρια. [9] Τα εσωτερικά σκιάστρα μπορεί να πρόκειται για ενετικά στορ, εσωτερικά ρολά και κουρτίνες. [21]

Η εξωτερική σκίαση, δηλαδή η διακοπή της άμεσου ηλιακής ακτινοβολίας πριν αυτή φθάσει στον υαλοπίνακα, είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μείωσης του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων. Με πλήρη εξωτερική σκίαση, ο υαλοπίνακας υπόκειται στην επίδραση μόνο διαχύτου ακτινοβολίας και είναι δυνατή η μείωση του ηλιακού θερμικού κέρδους μέχρι και 80%. Παράλληλα, σημαντικό ρόλο παίζει και η δυνατότητα καλής κυκλοφορίας του αέρα μεταξύ του υαλοπίνακα και του εξωτερικού μέσου σκίασης, ώστε να απάγεται η απορροφούμενη θερμότητα. [21]

Τα εσωτερικά σκιάστρα είναι λιγότερο αποτελεσματικά σε σχέση με τα εξωτερικά διότι το φως του ηλίου εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο και σταματά στο σκιάστρο. [14] Η εσωτερική σκίαση ενός υαλοπίνακα αποβλέπει στον έλεγχο της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, στην αισθητική του χώρου καθώς επίσης και στην απομόνωση από το εξωτερικό περιβάλλον. Από την άποψη μείωσης του ηλιακού θερμικού κέρδους, η

αποτελεσματικότητα της συσκευής εσωτερικής σκίασης εξαρτάται από την ικανότητα της συσκευής να ανακλά την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προς τον υαλοπίνακα έτσι ώστε αυτή να εξέρχεται από τον χώρο πριν απορροφηθεί και μετατραπεί σε θερμότητα μέσα στον χώρο. [21] Ωστόσο, είναι αδύνατο να επιτευχθεί το 100% της ανάκλασης του φωτός, επομένως ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας θα απορροφηθεί και θα μεταφερθεί υπό τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Για το λόγο αυτό όταν υπάρχουν εσωτερικά σκίαστρα δε πρέπει να έχουν σκούρο χρώμα. Το πλεονέκτημα των εσωτερικών σκιάστρων σε σχέση με τα εξωτερικά σκίαστρα είναι ότι έχουν πιο χαμηλό κόστος και είναι πιο εύκολα στο χειρισμό τους. [14]

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τα νότια ανοίγματα λαμβάνουν πιο λίγη ηλιακή ακτινοβολία από ότι το χειμώνα, οπότε είναι και πιο εύκολο να προστατευτούν. Τα πιο αποτελεσματικά σταθερά σκίαστρα για τα νότια παράθυρα είναι τα οριζόντια. [14] Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. [7] Η σκίαση των δυτικών και ανατολικών παραθύρων είναι πιο δύσκολη διότι ο ήλιος κατά την ανατολή και τη δύση βρίσκεται σε πιο χαμηλή κλίση στον ουρανό. Για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς χρησιμοποιούνται κατακόρυφα σκίαστρα. [14]

Το κύριο μειονέκτημα των σταθερών σκιάστρων είναι ότι το ποσό της σκίασης είναι σταθερό και εξαρτάται από τη θέση του ήλιου σε κάθε εποχή και όχι από το κλίμα που θα επικρατεί. Ακόμη τα σταθερά σκίαστρα θα αποκόπουν μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο κατά το χειμώνα. [14]

Τα κινητά σκίαστρα στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα παντζούρια, οι τέντες, οι περσίδες, οι κουρτίνες και τα ρολά πλεονεκτούν σε σχέση με τα σταθερά σκίαστρα στο γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν κινητή μόνωση κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Ένα από τα πιο απλά συστήματα κινητής σκίασης είναι η τέντα η οποία περιορίζει το θερμικό κέρδος μέχρι και 65% κατά το θέρος στις νότιες όψεις και μέχρι 80% στις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες. Η αποτελεσματικότητα της υφασμάτινης τέντας περιορίζεται πολλές φορές λόγω φθοράς της από τις καιρικές συνθήκες. [14] Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού) και δυνατότητα αερισμού, αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα. [7]

Τέλος, η ύπαρξη δέντρων γύρω από το κτίριο παρέχει σκίαση κατά τη διάρκεια της ημέρας και λόγω της εξατμοδιαπνοής τους, απορροφούν θερμότητα από τον αέρα με αποτέλεσμα την επίτευξη πιο χαμηλών θερμοκρασιών. [14] Επιπλέον, η βλάστηση γύρω από το κτίριο έχει την ιδιότητα να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο κατά το δοκούν, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του. [7] Η θέση και η πυκνότητα του φυλλώματος είναι κύριοι παράγοντες για τη χρήση βλάστησης για σκίαση. Τα δέντρα που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι τα φυλλοβόλα. [14] Τα δέντρα αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα δεν εμποδίζουν τα ηλιακά κέρδη και ταυτόχρονα παρέχουν καλύτερη διέλευση του φυσικού φωτισμού, και έτσι αποτελούν ιδανική λύση για νότιο προσανατολισμό. [7,14] Επίσης, ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι και η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα είτε αιθαλή είτε φυλλοβόλα σε ανοίγματα με ανατολικό ή/και δυτικό προσανατολισμό. [7] Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη σκίαση της κατοικίας από δέντρα είναι η μορφολογία και η εξωτερική υφή του εδάφους, το κλίμα, το μέγεθος που καταλαμβάνουν όταν αυτά μεγαλώσουν και η περιποίηση τους. [14]

12.12.1 Ο συντελεστής σκίασης

Τα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους μπορούν να σκιάζονται είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά όπως περιγράφηκε αναλυτικά στην παραπάνω ενότητα. Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω σκίασης λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου με τη χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ τους συντελεστών σκίασης. [9] Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., η κινητή εσωτερική σκίαση (κουρτίνες, περσίδες) των ανοιγμάτων όπως επίσης και τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα τα οποία δε θεωρούνται σταθερά, δε λαμβάνονται υπόψη. [10]

Οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα με το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκίαστρα) και την γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος

σκιάστρου. Στην περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης προβόλου και εξωτερικού σκιάστρου η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται. Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

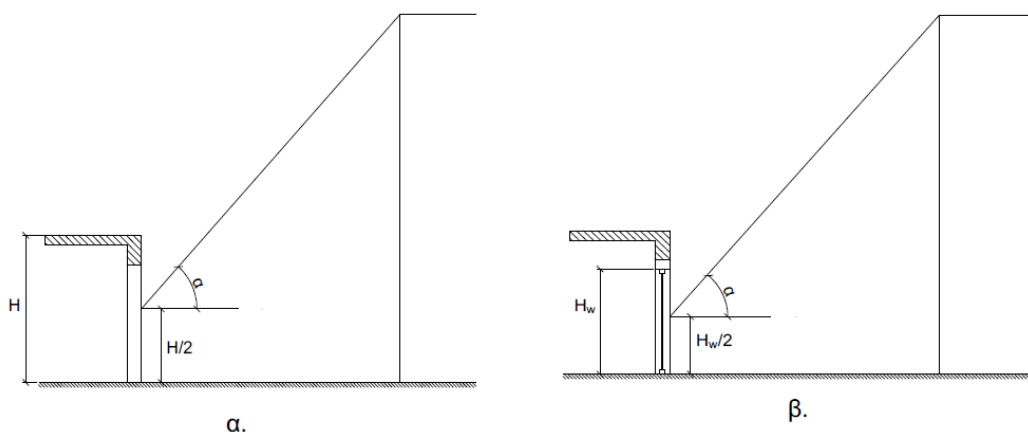
- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γεινιάζοντα κτήρια κ.τ.λ.),
- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο
- και του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο κατά περίπτωση.

Όλοι οι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας τιμή ίση με την μονάδα (1), όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και ίση με μηδέν (0) για πλήρη σκίαση.

Ο συντελεστής σκίασης για τις επιστεγάσεις οριζόντιες ή κεκλιμένες (π.χ. δώματα ή στέγες), καθώς και τα κουφώματα οροφής (π.χ. φεγγίτες), εξαρτάται από τη μορφολογία του περιβάλλοντα χώρου (φυσικά ή τεχνητά εμπόδια) και τις εγκαταστάσεις που υπάρχουν πάνω στις επιστεγάσεις, όπως η απόληξη κλιμακοστασίου, οι ηλιακοί συλλέκτες, οι εγκαταστάσεις κλιματισμού κ.α. Για τις οριζόντιες επιφάνειες αντί για τους τρεις επιμέρους συντελεστές σκίασης (περιβάλλοντα χώρου, οριζόντιους προβόλους, πλευρικά εμπόδια), καθορίζεται ένας μέσος συντελεστής σκίασης. Ο συντελεστής σκίασης μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,9, ανεξαρτήτως του βαθμού σκιασμού των οριζόντιων επιφανειών, υπό την προϋπόθεση ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων είναι μικρότερος από $0,6\text{W/m}^2\text{K}$. Η ελάχιστη τιμή του συντελεστή σκίασης για οριζόντια δομικά στοιχεία πλήρως σκιασμένα από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι 0,3. [9]

12.12.1.1 Ο συντελεστής σκίασης οριζοντα F_{hor} [9]

Ο συντελεστής σκίασης οριζοντα, F_{hor} , προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτιρίου από την ύπαρξη φυσικών εμποδίων (π.χ. λόφων) ή τεχνητών (π.χ. υψηλών κτηρίων). Όταν ο οριζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ($F_{hor} = 1$), ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν ($F_{hor} = 0$).



Σχήμα 12.5: Γραφική απεικόνιση της γωνίας θέασης α που σχηματίζουν τα εμπόδια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β). [9]

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σκίασης οριζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας α του εμποδίου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτιρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης οριζοντα για τα αδιαφανή στοιχεία του κτιρίου μιας όψης με ίδιο προσανατολισμό. Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία α ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της κατακόρυφης επιφάνειας με την ανώτερη παρειά του εμποδίου. Αντίθετα, η τιμή της γωνίας α πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο ξεχωριστά και αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το κέντρο του ανοίγματος με την άνω παρειά του εμποδίου. Στην περίπτωση ύπαρξης πολλών φυσικών ή τεχνητών εμποδίων με διαφορετικό ύψος, τότε ως ανώτερη παρειά εμποδίου λαμβάνεται το μέσο ύψος όλων των εμποδίων, σταθμισμένο με το αντίστοιχο μήκος καθενός εμποδίου. Η τιμή του συντελεστή σκίασης οριζοντα τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο

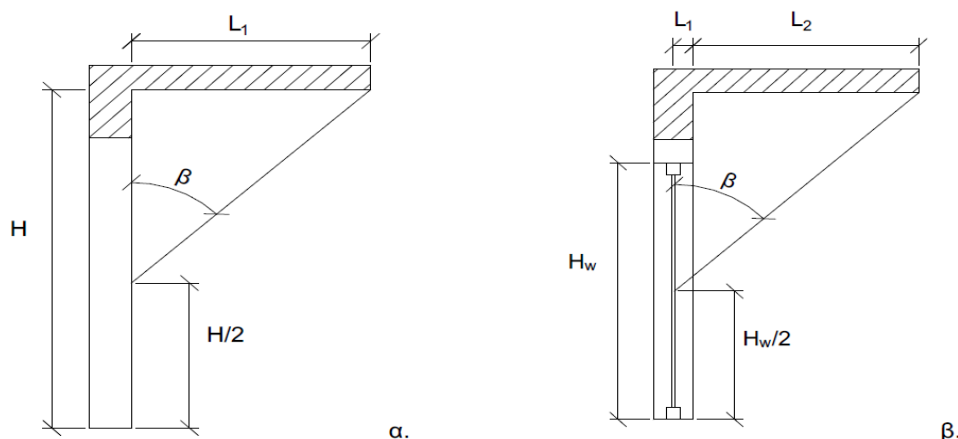
ψύξης προκύπτει από πίνακα, που δίνεται σε ελληνική τεχνική οδηγία [9] ανάλογα με τη γωνία θέασης του εμποδίου α (κυμαίνεται από 10° έως 70°) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή σκίασης οριζόντια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 12.6 Τιμές για ενδιάμεσες γωνίες εμποδίου και ενδιάμεσους προσανατολισμούς μπορούν να ληφθούν με χρήση γραμμικής παρεμβολής.

Πίνακας 12.6: Συντελεστές σκίασης από οριζόντια F_{hor} [9]

Γωνία α	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ND	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,96	0,95	0,93	0,95	1,00
	ψύξης	1,00	0,97	0,94	0,92	0,92
20°	θέρμανσης	0,86	0,84	0,80	0,89	1,00
	ψύξης	1,00	0,92	0,86	0,84	0,87
30°	θέρμανσης	0,61	0,62	0,65	0,85	1,00
	ψύξης	1,00	0,89	0,81	0,81	0,86
40°	θέρμανσης	0,44	0,47	0,57	0,83	1,00
	ψύξης	0,98	0,82	0,72	0,73	0,85
50°	θέρμανσης	0,36	0,40	0,53	0,81	1,00
	ψύξης	0,93	0,74	0,63	0,67	0,85
60°	θέρμανσης	0,32	0,37	0,51	0,81	1,00
	ψύξης	0,86	0,67	0,57	0,63	0,85
$\geq 70^\circ$	θέρμανσης	0,31	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,73	0,58	0,52	0,62	0,85

12.12.1.2 Ο συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov} [9]

Ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων (F_{ov}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου λόγω ύπαρξης οριζόντιων προεξοχών (εξωστών, προστεγασμάτων, υπέρθυρων ανοιγμάτων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με την μονάδα ($F_{ov} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{ov} = 0$).



Σχήμα 12.6: Γραφική απεικόνιση της γωνίας β , που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β). [9]

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από προβόλους είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας β του προβόλου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτιρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης προβόλου για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία β αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο της εξεταζόμενης ζώνης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρασ του προβόλου. Αντίθετα, η γωνία β πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο ξεχωριστά. Αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο του εξεταζόμενου ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το μέσο του ανοίγματος με το πέρασ του προβόλου. Στην περίπτωση ύπαρξης πολλών οριζόντιων εξωτερικών σκιάστρων με διαφορετικό πλάτος, ως πλάτος προβόλου λαμβάνεται το σταθμικό μέσο πλάτος όλων των προβόλων. Η τιμή του συντελεστή σκίασης από προβόλους τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από πίνακα, που δίνεται σε ελληνική τεχνική οδηγία [9] ανάλογα με τη γωνία β του προβόλου (κυμαίνεται από 10° έως 90°) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή σκίασης από προβόλους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 12.7.

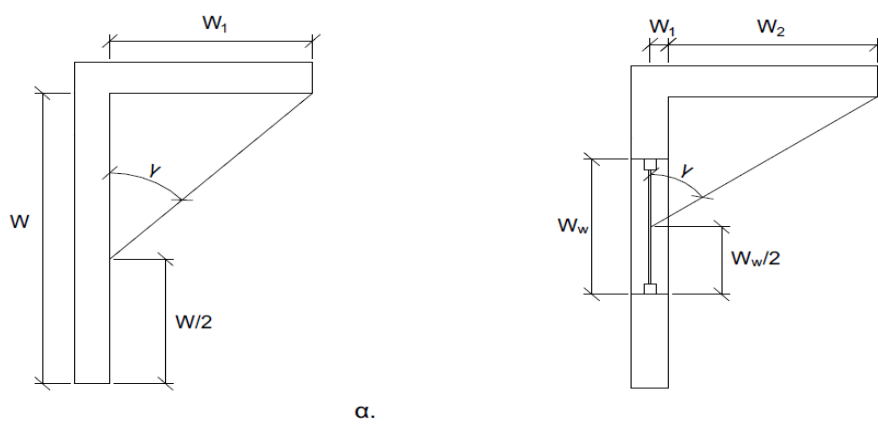
Πίνακας 12.7: Συντελεστές σκίασης από οριζόντιους προβόλους F_{ov} [9]

Γωνία β	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92
	ψύξης	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94
20°	θέρμανσης	0,87	0,88	0,88	0,86	0,85
	ψύξης	0,78	0,82	0,85	0,87	0,87
30°	θέρμανσης	0,80	0,81	0,82	0,80	0,77
	ψύξης	0,67	0,72	0,77	0,80	0,80
40°	θέρμανσης	0,72	0,73	0,75	0,73	0,70
	ψύξης	0,56	0,62	0,68	0,72	0,74
50°	θέρμανσης	0,63	0,64	0,66	0,65	0,62
	ψύξης	0,46	0,52	0,58	0,64	0,67
60°	θέρμανσης	0,50	0,52	0,57	0,57	0,55
	ψύξης	0,39	0,43	0,48	0,55	0,60
70°	θέρμανσης	0,34	0,37	0,44	0,48	0,47
	ψύξης	0,33	0,34	0,38	0,44	0,52
80°	θέρμανσης	0,17	0,21	0,29	0,38	0,40
	ψύξης	0,28	0,26	0,27	0,32	0,41
$\geq 90^\circ$	θέρμανσης	0,10	0,12	0,17	0,27	0,33
	ψύξης	0,24	0,19	0,18	0,22	0,30

12.12.1.3 Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} [9]

Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές προσδιορίζει τη σκίαση επιφανειών του κτιρίου λόγω ύπαρξης κατακόρυφων προεξοχών (πλευρικών προεξοχών, τμημάτων του ίδιου του κτηρίου, διπλανών κτιρίων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα ($F_{fin} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{fin} = 0$).

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας γ της πλευρικής προεξοχής. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης.



Σχήμα 12.7: Γραφική απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β). [9]

Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης πλευρικής προεξοχής για τα αδιαφανή στοιχεία του κτιρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία γ αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρας πλευρικής προεξοχής. Αντίθετα, η γωνία γ πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο (ανοίγματα) ξεχωριστά. Αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου του εξεταζόμενου ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το μέσο του ανοίγματος με το πέρας της πλευρικής προεξοχής.

Η τιμή του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από πίνακες, που δίνεται σε ελληνική τεχνική οδηγία [9], για πλευρική προεξοχή στην αριστερή μεριά της επιφάνειας όπως φαίνεται από έξω και για πλευρική προεξοχή στην δεξιά μεριά της επιφάνειας, ανάλογα με τη γωνία γ της πλευρικής προεξοχής (κυμαίνεται από 10° έως 70°) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Στην περίπτωση που η επιφάνεια σκιάζεται και από τις δύο μεριές λαμβάνονται και οι δύο συντελεστές ανεξάρτητα και γίνεται χρήση του συνολικού συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές, ο οποίος ισούται με το γινόμενο των δύο. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές από την αριστερή και τη δεξιά πλευρά παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 12.8 και 12.9 αντίστοιχα.

Πίνακας 12.8: Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} από την αριστερή πλευρά [9]

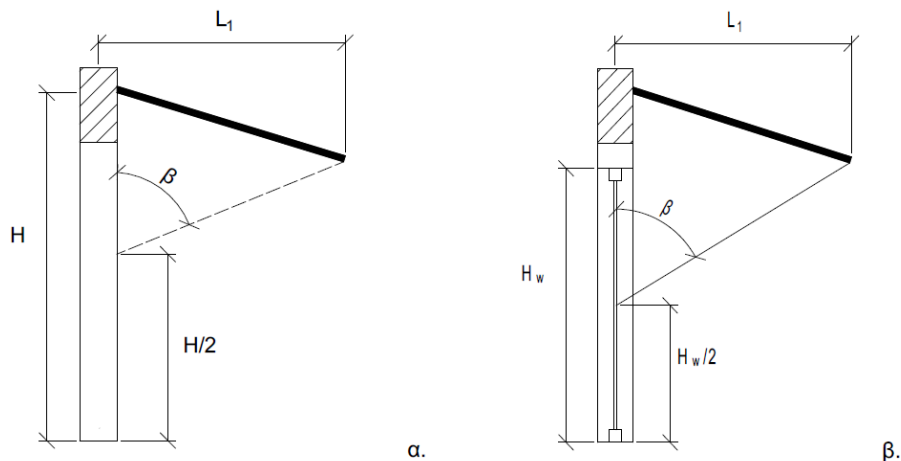
Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	B	BA	A	NA
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,97
	ψύξης	0,97	0,97	1,00	1,00	0,97	0,96	0,99	0,99
20°	θέρμανσης	0,95	0,99	1,00	1,00	1,00	0,92	0,90	0,93
	ψύξης	0,95	0,94	0,99	1,00	0,95	0,93	0,98	0,99
30°	θέρμανσης	0,92	0,98	1,00	1,00	1,00	0,89	0,86	0,90
	ψύξης	0,93	0,90	0,99	1,00	0,93	0,89	0,96	0,98
40°	θέρμανσης	0,89	0,97	1,00	1,00	1,00	0,86	0,80	0,87
	ψύξης	0,91	0,86	0,98	1,00	0,92	0,84	0,95	0,97
50°	θέρμανσης	0,85	0,95	1,00	1,00	1,00	0,84	0,75	0,83
	ψύξης	0,89	0,81	0,97	1,00	0,92	0,79	0,93	0,96

Πίνακας 12.9: Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} από τη δεξιά πλευρά [9]

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,97	0,99	0,99	0,96	0,97	1,00	1,00	0,97
20°	θέρμανσης	0,95	0,93	0,90	0,92	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,95	0,99	0,98	0,93	0,95	1,00	0,99	0,94
30°	θέρμανσης	0,92	0,90	0,86	0,89	1,00	1,00	1,00	0,98
	ψύξης	0,93	0,98	0,96	0,89	0,93	1,00	0,99	0,90
40°	θέρμανσης	0,89	0,87	0,80	0,86	1,00	1,00	1,00	0,97
	ψύξης	0,91	0,97	0,95	0,84	0,92	1,00	0,98	0,86
50°	θέρμανσης	0,85	0,83	0,75	0,84	1,00	1,00	1,00	0,95
	ψύξης	0,89	0,96	0,93	0,79	0,92	1,00	0,97	0,81

12.12.1.4 Ο συντελεστής σκίασης λόγω τέντας [9]

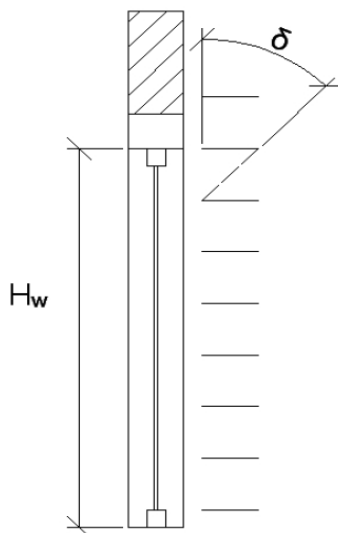
Στην περίπτωση ύπαρξης τέντας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η προστασία που προσφέρει κατά τη θερινή περίοδο. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου θεωρείται ότι δεν υπάρχει σκίαση λόγω τέντας και συνεπώς ο συντελεστής σκίασης λόγω τέντας λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα. Επίσης, κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, όταν υπάρχει παράλληλη σκίαση λόγω τέντας και λόγω προβόλου, η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται. Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από τέντες είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας β της τέντας. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτιρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Η γωνία β αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου του ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το κέντρο του ανοίγματος με το πέρας της τέντας σε πλήρη έκταση. Η τιμή του συντελεστή σκίασης από τέντα για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον πίνακα 12.7 (πίνακας συντελεστών σκίασης λόγω προβόλου) ανάλογα με τη γωνία β της τέντας και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.



Σχήμα 12.8: Γραφική απεικόνιση της γωνίας β που σχηματίζει η τέντα με την κατακόρυφη επιφάνεια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β). [9]

12.12.1.5 Ο συντελεστής σκίασης λόγω εξωτερικών περσίδων [9]

Στην περίπτωση ύπαρξης μόνιμων εξωτερικών περσίδων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η προστασία που προσφέρουν κατά τη θερινή περίοδο αλλά και κατά τη χειμερινή περίοδο με χρήση του συντελεστή σκίασης F_{sh} . Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης, F_{sh} , από περσίδες είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας δ που σχηματίζουν οι περσίδες. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτιρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Η τιμή του συντελεστή σκίασης από οριζόντιες περσίδες τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα, ανάλογα με τη γωνία δ , τον τύπο των περσίδων και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.



Σχήμα 12.9: Γραφική απεικόνιση της γωνίας δ , που σχηματίζουν μεταξύ τους οριζόντιες εξωτερικές περσίδες για τον υπολογισμό της σκίασης σε διαφανές δομικό στοιχείο [9]

Πίνακας 12.10: Συντελεστής σκίασης από οριζόντιες περσίδες F_{sh} [9]

Τύπος περσίδων	Γωνία δ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
			N	NA και ND	A και Δ	BA και ΒΔ	B
Σταθερές οριζόντιες	30°	θέρμανσης	0,65	0,65	0,64	0,64	0,65
		ψύξης	0,51	0,57	0,61	0,62	0,64
Σταθερές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,36	0,39	0,44	0,45	0,49
Κινητές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,03	0,07	0,12	0,23	0,41

12.13 Αερισμός

Ο αερισμός του κτιρίου συμπεριλαμβάνει τρεις διαφορετικούς τύπους αερισμού, και συγκεκριμένα τον αερισμό από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες κουφωμάτων κ.ά.), τον φυσικό αερισμό και τον μηχανικό αερισμό στην περίπτωση που υπάρχει ανάλογη διάταξη. Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας έχει συνεχή λειτουργία, ενώ ο φυσικός και μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου. [9] Λόγω του αερισμού του κτιρίου σημειώνονται σημαντικές απώλειες θερμότητας κατά τη περίοδο θέρμανσης. [50] Αντίθετα, κατά τους θερμούς μήνες η απομάκρυνση θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου μέσω του φυσικού αερισμού συμβάλλει θετικά στην εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου. [7]

Οι διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας οφείλονται σε διαφυγές τόσο από τα κουφώματα (θέσεις συναρμογής με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία και θέσεις επαφής των σταθερών πλαισίων με τα κινητά φύλλα), όσο και από άλλες διόδους του κελύφους (αρμούς κ.τ.λ). Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών υγιεινής και άνεσης στο εσωτερικό των χώρων. [9]

12.13.1 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα) [9]

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου ή θερμικής ζώνης, δηλαδή ο αερισμός που οφείλεται στη διείσδυση του αέρα στο κτίριο, πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων του κελύφους (συναρμογές κουφωμάτων με περιμετρικά δομικά στοιχεία, συναρμογή κινητών φύλλων κουφωμάτων) ή των θυρίδων αερισμού (για συσκευές φυσικού αερίου) ή των καμινάδων εστίων καύσης (τζάκι, θερμάστρα πετρελαίου ή ξύλων κ.ά.), καθώς επίσης και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών του κτιρίου. Αντίθετα, η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν στους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας. Επίσης, στην περίπτωση που το κτίριο ή η θερμική ζώνη εφάπτεται με μη θερμαινόμενο χώρο ή με χώρο προσαρτημένου θερμοκηπίου ή με χώρο κυκλοφορίας (διάδρομοι) η διείσδυση του αέρα μεταξύ των δύο χώρων θεωρείται μηδενική.

Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων στα κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμάδων, την ποιότητα των χαραμάδων, δηλαδή από το αν είναι αεροστεγείς ή όχι, από τον αριθμό και την επιφάνεια των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, καθώς και από την αναλογία εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα (εσωτερικές πόρτες) στο χώρο. Για τον υπολογισμό του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμάδων (διείσδυση αέρα) χρησιμοποιείται η εξίσωση:

$$V_{inf} = \sum (l \cdot a) \cdot R \cdot H \quad (12.7)$$

όπου l (m) το συνολικό μήκος των χαραμάδων του ανοίγματος (πόρτα, παράθυρο κ.ά.),

a ($m^3 / (h \cdot m)$) ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα από χαραμάδες του ανοίγματος, που καθορίζεται από την ποιότητα του κουφώματος,

R (-) ο συντελεστής διεισδυτικότητας,

H (-) ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης.

Τυπικές τιμές του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμάδων (δηλαδή λόγω διείσδυσης του αέρα) ανά τετραγωνικό μέτρο ανοίγματος ($m^3/h/m^2$) παρουσιάζονται στον πίνακα 12.11.

Πίνακας 12.11: Τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος [9]

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[$m^3/h/m^2$]	[$m^3/h/m^2$]
Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο.	11,8	15,1
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, μη πιστοποιημένο.	9,8	12,5
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	7,9	10,0
Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο .	7,4	8,7
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, μη πιστοποιημένο.	5,3	6,8
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	4,8	6,2
Γυάλινες προσόψεις		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

12.13.2 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, για την διατήρηση της ποιότητας του αέρα σε ικανοποιητικά επίπεδα και συνεπώς για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών υγιεινής και άνεσης. [9,14] Γενικά, βρίσκει εφαρμογή μόνο στις κατοικίες, ενώ στα κτίρια του τριτογενούς τομέα η απαίτηση για νωπό αέρα καλύπτεται με σύστημα μηχανικού αερισμού. [9]

Μια άλλη λειτουργία του φυσικού αερισμού είναι ότι αποτελεί σημαντική τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο κατά τους θερμούς μήνες. Μέσω αυτού του τύπου αερισμού απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέψουν ενώ απομακρύνεται και η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, στην περίπτωση που αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα. [7] Επιπλέον, η επαφή του αέρα αυτού με το ανθρώπινο σώμα αυξάνει τον ρυθμό εξάτμισης από το δέρμα και την αποβολή θερμότητας, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες. [14]

Ο φυσικός αερισμός των χώρων εφαρμόζεται μέσω της χρήσης των υφιστάμενων κουφωμάτων και καταγράφεται σε m^3/s . [9] Η φυσική κίνηση του αέρα διαμέσου ενός ανοίγματος οφείλεται στη διαφορά πίεσης που υπάρχει στις δύο πλευρές του. Η διαφορά αυτή πίεσης οφείλεται είτε στην ύπαρξη ανέμου είτε στη διαφορά θερμοκρασίας είτε σε συνδυασμό τους. [14]

Οι κύριοι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων καθώς και η κατηγορία και η χρήση του κτιρίου. [14]

Οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες καθορίζουν και τις απαιτήσεις του φυσικού αερισμού στη διάρκεια των εποχών του έτους. Στις εύκρατες περιοχές, όπου ο χειμώνας είναι υγρός και σχετικά ψυχρός, το ποσοστό του αερισμού πρέπει να μειώνεται, ώστε να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες. Αντίθετα, το καλοκαίρι ο φυσικός αερισμός είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης. Η κίνηση του αέρα μειώνει την εσωτερική θερμοκρασία και απομακρύνει την πρόσθετη υγρασία. Οι δροσεροί άνεμοι (αύρες) συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό και την ψύξη του κτιρίου. Σε ζεστές, ξηρές περιοχές, με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται ο αερισμός την ημέρα. Αντίθετα, τη νύχτα, που η εξωτερική θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή, ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται τόσο για τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου, όσο και για την ψύξη των εσωτερικών επιφανειών. [14]

Ο κατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων αποτελεί καθοριστικό κριτήριο για τη δημιουργία επαρκούς φυσικού αερισμού. Γενικά, για την επίτευξη της σωστής κυκλοφορίας του αέρα μέσα στο κτίριο είναι καλό να επιλέγονται ορθογώνια ανοίγματα, [14] ενώ σε κάθε περίπτωση πρέπει να τοποθετούνται ανοίγματα σε περισσότερους από έναν τοίχους και κατά προτίμηση αντιμέτωπους καθώς και τα ανοίγματα εισόδου πρέπει να είναι υψηλότερα από τα ανοίγματα εξόδου. [18] Αναλυτικότερα ο κατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο περιγράφηκε στην ενότητα 12.1.2.

Βάσει της κατηγορίας και της χρήσης του κτιρίου καθορίζονται ο αριθμός ατόμων ανά $100 m^2$ μεικτής δομημένης επιφάνειας δαπέδου, οι απαιτούμενες τιμές νωπού αέρα ανά άτομο ($m^3/h/άτομο$) καθώς και ο απαιτούμενος νωπός αέρας ανά επιφάνεια δαπέδου ($m^3/h/m^2$). Οι τιμές αυτές έχουν υπολογισθεί και παρουσιάζονται σε πίνακα σε ελληνική τεχνική οδηγία ανάλογα με την κατηγορία και τη χρήση του κτιρίου. Συνεπώς, εάν ένα κτίριο δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας διαχείρισης αέρα ή άλλου συστήματος αερισμού), ως φυσικός αερισμός λαμβάνονται τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο. Όταν, όμως, υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού σε ένα χώρο, τότε ο φυσικός αερισμός θεωρείται μηδενικός κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου. Ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, που υποδηλώνει το μέσο ποσοστό του χρόνου (καθόλη τη διάρκεια του έτους) κατά τον οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός, υπολογίζεται από την ποσότητα του απαιτούμενου νωπού αέρα και τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Για τα κτίρια κατοικίας η διάρκεια λειτουργίας θεωρείται κατά σύμβαση ίση με 18 ώρες και στο χρόνο αυτό γίνεται ισοκατανομή του απαιτούμενου νωπού αέρα, προκειμένου να εκτιμηθεί ο ρυθμός παροχής φυσικού αερισμού σε m^3/s . [9]

13. Οι σημαντικότερες παράμετροι του κτιριακού κελύφους

13.1 Οι παράμετροι του κτιριακού κελύφους

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε αναλυτική παρουσίαση των παραμέτρων του κτιριακού κελύφους, ενώ περιγράφηκε και η επίδραση τους στη θερμική συμπεριφορά αυτού. Για την ευκολότερη εποπτεία και την άμεση παρατήρηση των παραγόντων που περιγράφουν, επιδρούν και καθορίζουν το κτιριακό κέλυφος κατασκευάστηκε ο παρακάτω ποιοτικός πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται ονομαστικά οι περισσότερες παράμετροι του κελύφους που περιγράφηκαν στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 13.1: Ποιοτική παρουσίαση των παραμέτρων του κτιριακού κελύφους

Παράμετροι κτιριακού κελύφους		
Συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος	<ul style="list-style-type: none"> • Η θερμοκρασία του αέρα • Η σχετική υγρασία των εσωτερικών χώρων • Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία των επιφανειών • Η ταχύτητα του αέρα 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο απαιτούμενος νωπός αέρας περιβάλλοντος • Η ποσότητα και ποιότητα του φωτισμού 	
Συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος	<ul style="list-style-type: none"> • Η θερμοκρασία του αέρα • Η ηλιακή ακτινοβολία • Οι άνεμοι • Η σχετική υγρασία 	
	Οι 4 κλιματικές ζώνες Α, Β, Γ και Δ στις οποίες διαιρείται οι ελληνική επικράτεια	
Ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με κατεύθυνση την αξιοποίηση των εξής παραμέτρων:	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλιακή ακτινοβολία • Φυσικός αερισμός • Φυσικό φως 	<ul style="list-style-type: none"> • Προσανατολισμός κτιρίου • Σχήμα κτιρίου • Μέγεθος (επιφάνεια) υαλοπινάκων
		<ul style="list-style-type: none"> • Ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους • Προσανατολισμός υαλοπινάκων • Θέση ανοιγμάτων • Διάρθρωση εσωτερικών χώρων
Οι θερμικές ζώνες του κτιρίου		
Η γεωμετρία του κτιρίου	<ul style="list-style-type: none"> • Το μήκος των δομικών στοιχείων • Το ύψος των δομικών στοιχείων • Το εμβαδό των δομικών στοιχείων • Ο όγκος του κτιρίου • Ο λόγος F/V 	
Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών	<ul style="list-style-type: none"> • Η πυκνότητα ρ (kg/m³) • Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK) • Η ειδική θερμοχωρητικότητα c_p (J/kg·K) • Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών μ (-) 	

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κελύφους, U (W/m^2K)		
Εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> την εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης R_a (m^2K/W) την εσωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης R_i (m^2K/W) την αντίσταση θερμοδιαφυγής, R_L (m^2K/W), του δομικού στοιχείου την υγρασία 	
Η αντίσταση θερμοδιαφυγής, R_L (m^2K/W), του δομικού στοιχείου προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων, R (m^2K/W), της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου και συνεπώς εξαρτάται από :	<ul style="list-style-type: none"> Το πάχος της κάθε επιμέρους στρώσης δομικών υλικών, d (m) Τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε επιμέρους στρώσης, λ (W/mK) Την θερμική αντίσταση R_δ (m^2K/W) πιθανής στρώσης μη αεριζόμενου διακένου αέρα 	
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U_{RU} , κλειστών χώρων μεταξύ των οριζόντιων οροφών των τελευταίων οροφών του κτιρίου και των κεκλιμένων επιστεγάσεων τους που δεν είναι θερμομονωμένες υπολογίζεται από:	<ul style="list-style-type: none"> Την εσωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης R_i (m^2K/W) Την αντίσταση θερμοδιαφυγής, R_L (m^2K/W), της οριζόντιας οροφής Την αντίσταση θερμικής μετάβασης, R_U (m^2K/W), που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της κεκλιμένης στέγης Την εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης R_a (m^2K/W) 	
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετων δομικών στοιχείων εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> Τον συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K), της κάθε επιμέρους διαφορετικής διατομής του σύνθετου δομικού στοιχείου Την επιφάνεια που καταλαμβάνει κάθε επιμέρους διαφορετική διατομή στη συνολική επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου 	
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων, U_w (W/m^2K) εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> Τον συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, U_g (W/m^2K) Τον συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου, U_f (W/m^2K) Την επιφάνεια του υαλοπίνακα και του πλαισίου Τον συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_g (W/mK) του υαλοπίνακα του κουφώματος Το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος, l_g (m) 	
Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, U_g (W/m^2K) εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> Την εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης R_a (m^2K/W) Την εσωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης R_i (m^2K/W) 	
	<ul style="list-style-type: none"> Την αντίσταση θερμοδιαφυγής, R_L (m^2K/W), του δομικού στοιχείου, η οποία καθορίζεται από: 	<ul style="list-style-type: none"> Τον τύπο του υαλοπίνακα (μονός, διπλός, τριπλός) Το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υάλου, λ (W/mK) Το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα Το πάχος του διακένου μεταξύ των φύλλων του υαλοπίνακα Το είδος του αερίου πλήρωσης του υαλοπίνακα Την επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή σε δύο φύλλα του υαλοπίνακα Το συντελεστή θερμικής εκπομπής, ϵ, του υαλοπίνακα
Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{max} (W/m^2K), που ορίζει ο Κενακ ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων. Πρέπει πάντα να ισχύει $U \leq U_{max}$		
Ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας U' (W/m^2K) δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος	Για οριζόντιο δομικό στοιχείο εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> Τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K) του δομικού στοιχείου Το βάθος έδρασης, z, του δομικού στοιχείου Τη χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας B'
	Για κατακόρυφο δομικό στοιχείο εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> Τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m^2K) του δομικού στοιχείου Το βάθος, z, μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο

Κατηγορίες αδιαφανών δομικών στοιχείων, η σύνθεση και τα δομικά υλικά αυτών		
Εξωτερικές τοιχοποιίες		
Επίχρισμα εσωτερικό και εξωτερικό		
Επίχρισμα φινιρίσματος		
Θερμομονωτικό επίχρισμα		
Γυψοσανίδα		
Πλάκες εκ φυτικών ινών		
Φράγμα υδρατμών αναλόγως των απαιτήσεων		
Μονωτικό υλικό		
Τοιχοποιίες από οπτόπλινθους	<ul style="list-style-type: none"> • Μονοκέλυφη τοιχοποιία • Δικέλυφη τοιχοποιία με μη αεριζόμενο διάκενο αέρα • Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα • Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα και με μη αεριζόμενο διάκενο αέρα • Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα και με αεριζόμενο διάκενο (τοιχοποιία με αεριζόμενη πρόσοψη) • Δικέλυφη τοιχοποιία χωρίς μόνωση με διάκενο εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος • Δικέλυφη τοιχοποιία με μόνωση πυρήνα και διάκενο εντός του οποίου σύρονται φύλλα συρόμενου κουφώματος 	
	Εξωτερικό αεριζόμενο κέλυφος (αεριζόμενη πρόσοψη)	<ul style="list-style-type: none"> • οπτοπλινθοδομή από διάτρητους ή συμπαγείς οπτόπλινθους
		<ul style="list-style-type: none"> • φυσικές πέτρες • πλάκες μαρμάρου • τσιμεντοσανίδες • πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος • εφυαλωμένα κεραμικά πλακίδια και κεραμικές πλάκες • μεταλλικές πλάκες και μεταλλικά φύλλα • σανίδες ξύλου
	Πιθανές επενδυτικές στρώσεις στην εξωτερική επιφάνεια του εξωτερικού κελύφους κατασκευασμένου από οπτόπλινθους	<ul style="list-style-type: none"> • φυσικές πέτρες • πλάκες μαρμάρου • τσιμεντοσανίδες • εφυαλωμένα κεραμικά πλακίδια και κεραμικές πλάκες • μεταλλικές πλάκες και μεταλλικά φύλλα
Μονοκέλυφη τοιχοποιία από τσιμεντόλιθους		
Μονοκέλυφη τοιχοποιία από ελαφροτσιμεντόλιθους		
Μονοκέλυφη τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα		
Μονοκέλυφη τοιχοποιία από τούβλα με ενσωματωμένο μονωτικό υλικό		
Λιθοδομές	<ul style="list-style-type: none"> • Μονοκέλυφη τοιχοποιία-λιθοδομή • Δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση πυρήνα με εξωτερικό κέλυφος από φυσικό λίθους (λιθοδομή) και εσωτερικό κέλυφος από οπτόπλινθους 	

Τοιχοποιίες ξηράς δόμησης με μεταλλικό σκελετό και τσιμεντοσανίδα	<ul style="list-style-type: none"> • Επίχρισμα • Τσιμεντοσανίδα • Διαπνέουσα μεμβράνη • Μεταλλικός σκελετός στο εσωτερικό του οποίου τοποθετείται το μονωτικό υλικό • Δύο στρώσεις γυψοσανίδας • Μονωτικό υλικό
	<ul style="list-style-type: none"> • Τοιχοποιία με μονό μεταλλικό σκελετό • Τοιχοποιία με μονό μεταλλικό σκελετό σε συνδυασμό με εξωτερική μόνωση • Τοιχοποιία με διπλό μεταλλικό σκελετό • Τοιχοποιία με διπλό μεταλλικό σκελετό και ενδιάμεση στρώση γυψοσανίδας
Κολόνες και δοκοί (στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος του φέροντα οργανισμού)	
Οπλισμένο σκυρόδεμα	
Επίχρισμα εσωτερικό και εξωτερικό	
Επίχρισμα φινιρίσματος	
Θερμομονωτικό επίχρισμα	
Γυψοσανίδα	
Πλάκες εκ φυτικών ινών	
Μονωτικό υλικό	
Φύλλο αλουμινίου ως επενδυτικό φύλλο στην εξωτερική πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης (εξωτερική θερμομόνωση)	
Φράγμα υδρατμών αναλόγως των απαιτήσεων	
Εσωτερική οπτοπλινθοδομή από οπτόπλινθους διάτρητους ως επενδυτική στρώση του οπλισμένου σκυροδέματος ή του θερμομονωτικού υλικού (εσωτερική θερμομόνωση)	
Εξωτερική οπτοπλινθοδομή από οπτόπλινθους διάτρητους ή πλήρεις ως επενδυτική στρώση του θερμομονωτικού υλικού (εξωτερική θερμομόνωση)	
Αεριζόμενη πρόσοψη (όπως και στην περίπτωση των τοιχοποιιών από οπτόπλινθους)	
Εξωτερικές επενδυτικές στρώσεις στην εξωτερική επιφάνεια του οπλισμένου σκυροδέματος (όπως και στην περίπτωση των τοιχοποιιών από οπτόπλινθους)	
Δώματα (οριζόντιες οροφές)	
Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	<ul style="list-style-type: none"> • Συμπαγής • Δοκιδωτή (πλάκα Zoellner, πλάκα σάντουιτς)
Μονωτικό υλικό	
Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης (ως θερμομονωτική στρώση και ως στρώση κλίσεων)	
Η στρώση των κλίσεων	<ul style="list-style-type: none"> • Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας • Γαρμπιλόδεμα • Κισηρόδεμα • Κυψελωτό σκυρόδεμα • Περλιτόδεμα
Στεγανοποιητική στρώση	
Φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται	
Φύλλο πολυαιθυλενίου	
Γεωύφασμα	
Πλάκες εκ φυτικών ινών	
Εσωτερικό επίχρισμα	

Αναρτώμενη ψευδοροφή (περίπτωση τοποθέτησης του μονωτικού υλικού κάτω από τη φέρουσα πλάκα)	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινος ή μεταλλικός σκελετός για την στερέωση και τοποθέτηση του μονωτικού υλικού και του συνόλου της ψευδοροφής
	<ul style="list-style-type: none"> Επενδυτικές πλάκες στερεωμένες στην ψευδοροφή <ul style="list-style-type: none"> Γυψοσανίδα Τσιμεντοσανίδα Μοριοσανίδα Ινοσανίδα Αντικολλητές πλάκες ξύλου
	<ul style="list-style-type: none"> Πιθανό διάκενο αέρα (μη αεριζόμενο)
Συνδετικό κονίαμα	<p>Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα</p> <p>Τσιμεντοκονίαμα</p>
Τελική επικάλυψη	<ul style="list-style-type: none"> Χαλίκι Γαρμπιλόδεμα Κυψελωτό σκυρόδεμα Πλάκες ταρατσας Μάρμαρα Κεραμικά πλακίδια Μαλτεζόπλακες Θερμομονωτικά πλακίδια
Φυτεμένο δώμα	
<ul style="list-style-type: none"> Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος Στρώση των κλίσεων Φράγμα υδρατμών Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα Μονωτικό υλικό Αντιρριζική στεγανοποιητική μεμβράνη 	<ul style="list-style-type: none"> Αποστραγγιστική μεμβράνη Φύλλο πολυαιθυλενίου Γεώφασμα Κροκάλες, χαλίκι Υπόστρωμα συγκράτησης της υγρασίας (διογκωμένος περλίτης, πετροβάμβακας, ορυκτοβάμβακας) Χώμα φύτευσης Φυτικό υλικό
Αεριζόμενο δώμα	
Στέγες (κεκλιμένες οροφές) με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	
<ul style="list-style-type: none"> Μη αεριζόμενες στέγες Αεριζόμενες στέγες 	
Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	
Επίχρισμα	
Μονωτικό υλικό	
Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	
Στεγανοποιητική μεμβράνη	
Φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται	
Πέτσωμα (ξύλινο υπόστρωμα)	
Διάφραγμα (μεμβράνη κεραμοσκεπής) δημιουργίας ζωνών αερισμού	
Διάκενο αέρα (αεριζόμενο ή μη)	
Ξύλινος σκελετός	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινα καδρόνια για τη στερέωση του μονωτικού υλικού Ξύλινα καδρόνια για τη στερέωση των κεραμιδιών Ξύλινος σκελετός για τη δημιουργία αεριζόμενου διακένου
Συνδετικό κονίαμα (ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα)	
Τελική επικάλυψη	<ul style="list-style-type: none"> Κεραμίδια (αργιλικά, ασφαλτικά, πλαστικά, διαφανή, ηλιακά) Σχιστόπλακες Μεταλλικά φύλλα
Αναρτώμενη ψευδοροφή (όπως και στην περίπτωση των δωμαίων)	

Ξύλινες στέγες (κεκλιμένες οροφές)	
<ul style="list-style-type: none"> Μη αεριζόμενες στέγες Αεριζόμενες στέγες 	
Αμείβοντες	
Πέτωμα (σε μία ή και σε δύο διαφορετικές στρώσεις)	
Μονωτικό υλικό	
Στεγανοποιητική μεμβράνη	
Φράγμα υδρατμών όταν απαιτείται	
Διάφραγμα (μεμβράνη κεραμοσκεπής) δημιουργίας ζωνών αερισμού	
Διάκενο αέρα (αεριζόμενο ή μη)	
Ξύλινος σκελετός	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινα καθρόνια για τη στερέωση του μονωτικού υλικού Ξύλινα καθρόνια για τη στερέωση των κεραμιδιών Ξύλινος σκελετός για τη δημιουργία αεριζόμενου διακένου
Συνδετικό κονίαμα (ασβεστοσιμεντοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα)	
Τελική επικάλυψη (όπως και στην περίπτωση των στεγών με φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος)	
Οριζόντιες οροφές κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες	
Μεταλλικές οροφές (οριζόντιες ή κεκλιμένες)	
Φέρον οργανισμός κατασκευασμένος από μεταλλικό σκελετό πάνω στον οποίο μπορεί να στερεώνεται μια τραπεζοειδής, κυματοειδής ή επίπεδη χαλυβδολαμαρίνα	
Στεγανοποιητική στρώση	
Γεώφασμα	
Φράγμα υδρατμών	
Μονωτικό υλικό	
Χαλίκι	
Άοπλο, χυτό σκυρόδεμα	
Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα	
Σύνθετα πετάσματα τύπου σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση αφρού πολυουρεθάνης	
Δάπεδα σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (πιλοτές)	
Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	<ul style="list-style-type: none"> Συμπαγής Δοκιδωτή (πλάκα Zoellner, πλάκα σάντουιτς)
Μονωτικό υλικό	
Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης (ως θερμομονωτική στρώση και ως εξισωτική στρώση)	
Θερμομονωτικό επίχρισμα	
Επίχρισμα φινιρίσματος	
Εξωτερικό επίχρισμα	
Φύλλο πολυαιθυλενίου	
Εξισωτική στρώση	<ul style="list-style-type: none"> Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας Γαρμπιλόδεμα Κισηρόδεμα Κυψελωτό σκυρόδεμα Περλιτόδεμα
Συνδετικό κονίαμα (ασβεστοσιμεντοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα)	

Τελική επικάλυψη	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινο δάπεδο 	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινο κολλητό δάπεδο 	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινα τεμάχια ως τελική επικάλυψη Ξύλινο ψευδοπάτωμα (ως υπόστρωμα) Ξύλινα καδρόνια
		<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινο καρφωτό δάπεδο 	<ul style="list-style-type: none"> Διάκενο αέρα (μη αεριζόμενο)
<ul style="list-style-type: none"> Φυσικές πέτρες (μάρμαρο, σχιστόλιθος, γρανίτης) Κεραμικά πλακίδια Χυτές επιστρώσεις (μωσαϊκό, βιομηχανικό δάπεδο) Ελαφρές επιστρώσεις Μαλακά δάπεδα 			
Αναρτώμενη ψευδοροφή (περίπτωση τοποθέτησης του μονωτικού υλικού κάτω από τη φέρουσα πλάκα)	<ul style="list-style-type: none"> Ξύλινες ή μεταλλικές δοκοί άμεσα στερεωμένες στη φέρουσα πλάκα για την στερέωση και τοποθέτηση του μονωτικού υλικού και του συνόλου της ψευδοροφής 		
	<ul style="list-style-type: none"> Επενδυτικές πλάκες στερεωμένες στην ψευδοροφή <ul style="list-style-type: none"> - Γυψοσανίδα - Τσιμεντοσανίδα 		
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς, μη θερμαινόμενους χώρους			
Κατασκευάζονται όπως και τα δάπεδα που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα με την διαφορά ότι δε συναντάται η χρήση θερμομονωτικού επιχρίσματος και συνεπώς επιχρίσματος φινιρίσματος και επίσης, στην περίπτωση όπου το μονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από τη φέρουσα πλάκα μπορεί να κατασκευαστεί ψευδοροφή για τη στερέωση και τοποθέτηση αυτού όπως και στην περίπτωση των δωματίων.			
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος			
Αμμοχάλικο ή λιθορριπή επί της επιφάνειας του σκαμμένου εδάφους			
Στρώση εξυγίανσης	<ul style="list-style-type: none"> Ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλότερης κατηγορίας Γαρμπιλόδεμα Τσιμεντοκονίαμα 		
Στεγανοποιητική στρώση			
Γεώφασμα			
Φύλλο πολυαιθυλενίου			
Συμπαγής φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος			
Μονωτικό υλικό			
Θερμομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με κόκκους διογκωμένης πολυστερίνης (ως θερμομονωτική στρώση και ως εξισωτική στρώση)			
Εξισωτική στρώση	<ul style="list-style-type: none"> Γαρμπιλόδεμα Τσιμεντοκονίαμα Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 		
Συνδετικό κονίαμα (ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα)			
Τελική επικάλυψη (όπως και στην περίπτωση δαπέδων που βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα)			
Θερμαινόμενο δάπεδο			
Τρόποι θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων			
<i>Τοιχοποιίες</i>	<i>Κολόνες και δοκοί</i>	<i>Οροφές σκυροδέματος</i>	<i>Δάπεδα</i>
Εξωτερική θερμομόνωση	Εξωτερική θερμομόνωση	Θερμομόνωση πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος	Θερμομόνωση κάτω από τη φέρουσα πλάκα
Εσωτερική θερμομόνωση	Εσωτερική θερμομόνωση	Θερμομόνωση κάτω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος	Θερμομόνωση πάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος
Θερμομόνωση πυρήνα			
Θερμομόνωση με ελαφροβαρή λιθοσώματα (ή και σε συνδυασμό με εξωτερική θερμομόνωση)			

Θερμογέφυρες	<ul style="list-style-type: none"> • Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ (W/mK) που καθορίζεται από τον τύπο της θερμογέφυρας • Το μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας l (m) 	
Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου U_m (W/m²K)		
Καθορίζεται από:	<ul style="list-style-type: none"> • Τον συντελεστή θερμοπερατότητας, U (W/m²K), του κάθε δομικού στοιχείου του κελύφους του κτιρίου • Το εμβαδό της επιφάνειας, A (m²) που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους • Το συνολικό μήκος l (m), του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου • Τον συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας, Ψ (W/mK), του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου • Τον μειωτικό συντελεστή b (-) 	
Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, $U_{m,max}$ (W/m ² K), που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ συναρτήσει του λόγου F/V ανά κλιματική ζώνη. Πρέπει πάντα να ισχύει $U_m \leq U_{m,max}$		
Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα, C_m (KJ/K), μιας θερμικής ζώνης εξαρτάται από:	<ul style="list-style-type: none"> • Την εσωτερική επιφάνεια, A (m²), του δομικού στοιχείου 	<ul style="list-style-type: none"> • Την πυκνότητα του υλικού, ρ (kg/m³), μιας στρώσης του δομικού στοιχείου • Την ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού, c_p (J/kg·K), μιας στρώσης του δομικού στοιχείου • Το «μέγιστο» ενεργό πάχος του δομικού στοιχείου
	<ul style="list-style-type: none"> • Την εσωτερική θερμοχωρητικότητα, k (kJ/m²K) ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου, η οποία εξαρτάται από: 	
Διάχυση των υδρατμών και πιθανή συμπύκνωση αυτών στην εσωτερική επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου ή και στο εσωτερικό αυτού	<ul style="list-style-type: none"> • Η υγρασία του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος • Η θερμοκρασία του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος • Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής και η θερμοκρασία στο εσωτερικό αυτής • Η μερική τάση των υδρατμών 	
	Η θερμική αντίσταση του μονωτικού υλικού για την αποφυγή συμπύκνωσης των υδρατμών σε μια τοιχοποιία	
	<ul style="list-style-type: none"> • Η αντίσταση διαπερατότητας των υδρατμών $1/\Delta$ (m²hmmQS/kg) ενός δομικού στοιχείου προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων διαπερατότητας των υδρατμών της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από: 	<ul style="list-style-type: none"> • Το πάχος μίας στρώσης υλικού, d (m), του δομικού στοιχείου • Τον συντελεστή αγωγιμότητας των υδρατμών, δ (kg/ m²hmmQS) του υλικού ο οποίος εξαρτάται από τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, μ(-)
Ο συντελεστής ανακλαστικότητας, ρ, και ο συντελεστής απορροφητικότητας, α, μιας αδιαφανούς επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία		
Ο συντελεστής εκπομπής, ε, μιας επιφάνειας στη θερμική ακτινοβολία		
Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους, g_w, του κουφώματος, ο οποίος καθορίζεται από:	<ul style="list-style-type: none"> • Τον συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους, g_{gl}, του υαλοπίνακα • Το ποσοστό του πλαισίου στο κούφωμα 	
Ο συντελεστής φωτοδιαπερατότητας, L_T, του υαλοπίνακα		

Ο συντελεστής σκίασης	<ul style="list-style-type: none"> • Ο συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor} • Ο συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov} • Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} • Ο συντελεστής σκίασης λόγω τέντας • Ο συντελεστής σκίασης λόγω εξωτερικών περσίδων
Αερισμός κτιριακού κελύφους	<ul style="list-style-type: none"> • Αερισμός από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου (διείσδυση αέρα μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων, των θυρίδων αερισμού και των καμινάδων εστιών καύσης) • Φυσικός αερισμός (απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο)

13.2 Οι σημαντικότερες παράμετροι του κτιριακού κελύφους και η συνδυασμένη επίδραση αυτών

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, όπως και στον πίνακα της παραπάνω ενότητας προκύπτει ότι ο αριθμός των παραμέτρων του κτιριακού κελύφους οι οποίες επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης και ψύξης είναι μεγάλος. Ωστόσο, οι τιμές αρκετών παραμέτρων του κτιριακού κελύφους καθορίζονται και ελέγχονται από την ελληνική πολιτεία μέσω θεσμικών πλαισίων και νόμων με βασικότερη τη νομοθεσία που αφορά τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ), όπως ήδη παρουσιάστηκε, καθώς και μέσω ελληνικών τεχνικών οδηγιών οι οποίες εκπονήθηκαν με στόχο την ανάλυση και την στήριξη του Κ.Εν.Α.Κ αλλά και την σωστή και αυστηρή εφαρμογή αυτού. Επιπλέον, αρκετές παράμετροι καθορίζονται σε σχεδόν σταθερές τιμές λόγω φυσικών, τεχνικών και κατασκευαστικών περιορισμών και απαιτήσεων, ενώ παράλληλα παρατηρούνται παράμετροι οι τιμές των οποίων έχουν πολύ μικρή επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης και ψύξης.

Οι σημαντικότεροι, λοιπόν, κατασκευαστικοί παράγοντες που επιδρούν στο επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η μόνωση με τα χαρακτηριστικά της μεγέθη, δηλαδή το πάχος της και την ειδική θερμική της αγωγιμότητα, και οι υαλοπίνακες με τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη, δηλαδή με τον συντελεστή θερμικής διαπερατότητας, το ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνουν επί του κελύφους καθώς και τον προσανατολισμό τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα δύο αυτά δομικά στοιχεία παρουσιάζουν, την μεγαλύτερη και τη μικρότερη θερμική αντίσταση, αντιστοίχως, από όλα τα άλλα στοιχεία του κτιριακού κελύφους. Μάλιστα, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι τιμές αυτών των παραμέτρων δύνανται να μεταβάλλονται σημαντικά, ενώ ακόμη και μια θεωρητικά μικρή μεταβολή αυτών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτά της μόνωσης και των υαλοπινάκων μπορούν να καθοριστούν σε κάθε περίπτωση από τους μηχανικούς κατά την αρχική φάση σχεδιασμού και μελέτης του κτιρίου ή ακόμη και στην περίπτωση της ριζικής ανακαίνισης αυτού, σε συνδυασμό πάντα με τους φυσικούς, τεχνικούς και κατασκευαστικούς περιορισμούς που τίθενται κατά περίπτωση και υπό την προϋπόθεση φυσικά της τήρησης της σχετικής ελληνικής νομοθεσίας.

Εκτός αυτών, οι υαλοπίνακες επιτρέπουν την είσοδο ηλιακών φορτίων υπό μορφή ακτινοβολίας καθώς επίσης σχετίζονται με το φωτισμό του κτιρίου, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την δημιουργία ενός από τα σημαντικότερα φορτία θέρους. Η λειτουργία της μόνωσης, και πολύ περισσότερο των υαλοπινάκων, διαφέρει κατά τη χειμερινή και την θερινή περίοδο λόγω της επιθυμητής, κατά το χειμώνα, ηλιακής ενέργειας, της οποίας την είσοδο δυσκολεύει η μόνωση, ενώ αντιθέτως επιτρέπει ο υαλοπίνακας. Κατά την χειμερινή περίοδο, η ιδιότητα αυτή των υαλοπινάκων δηλαδή η ιδιότητα τους να διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία, γίνεται ακόμα πιο σημαντική εάν στους απέναντι τοίχους υπάρχουν συστήματα αύξησης του θερμοαποθηκευτικού δυναμικού, όπως για παράδειγμα υλικά αλλαγής φάσης. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι υαλοπίνακες και σε μικρότερο βαθμό η μόνωση, κατά την χειμερινή περίοδο αφού επιτρέπουν την είσοδο τόσο θετικών (ηλιακή ακτινοβολία) όσο και αρνητικών (αγωγή θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας) φορτίων. [112]

Ιδιαίτερη σημασία έχει η γνώση της επίδρασης του συνδυασμού των παραπάνω παραμέτρων στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων καθώς μπορούμε να πετύχουμε ίδιες απώλειες διαμέσου του κελύφους συνδυάζοντας κατάλληλα διάφορες τιμές των παραμέτρων, γεγονός που αυξάνει την ελευθερία στην επιλογή

υλικών και στους τρόπους κατασκευής του κτιριακού κελύφους, ενώ παράλληλα με τον κατάλληλο συνδυασμό των παραμέτρων αυτών μπορούμε να πετύχουμε την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του κελύφους και συνεπώς την εξοικονόμηση ενέργειας.

Σημαντική ακόμη θα ήταν και η γνώση της επίδρασης του συνδυασμού των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων στη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων έτσι ώστε να διευκολύνεται η ενεργειακή αξιολόγηση υφιστάμενων κτιρίων αλλά και να δίνεται η ευχέρεια στους μελετητές μηχανικούς να επιλέγουν τα χαρακτηριστικά της μόνωσης και των υαλοπινάκων τα οποία θα δίνουν τον ίδιο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου ενώ θα μπορούν να ικανοποιούν διαφορετικές κατασκευαστικές, αρχιτεκτονικές, αισθητικές και οικονομικές απαιτήσεις λόγω των διαφορετικών συνδυασμών των χαρακτηριστικών των παραμέτρων. Για παράδειγμα, η γνώση της επίδρασης του συνδυασμού των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων θα μπορούσε να δώσει τη δυνατότητα στον μηχανικό της άμεσης επιλογής του πάχους της μόνωσης αν αποφασιστεί αύξηση της επιφάνειας των υαλοπινάκων, ώστε να διατηρηθεί ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους στο επίπεδο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.

Ως γνωστόν ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού δύναται να μεταβάλλεται σημαντικά αναλόγως του είδους του υλικού. Επιπλέον, το πάχος του μονωτικού υλικού στα δομικά στοιχεία του κελύφους μπορεί για ένα συγκεκριμένο υλικό να καθορίζεται από την επιδιωκόμενη θερμική προστασία του κάθε δομικού στοιχείου και συνεπώς του κελύφους γενικότερα. Έχει ήδη γίνει σαφές από προηγούμενες ενότητες η άμεση εξάρτηση του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων από την αντίσταση θερμοδιαφυγής αυτών η οποία καθορίζεται σημαντικά από την θερμική αντίσταση της θερμομονωτικής στρώσης. Καθώς, λοιπόν, η θερμική αντίσταση της στρώσης του μονωτικού υλικού καθορίζεται από το πάχος του και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτού παρατηρούμε ότι η συνδυασμένη μεταβολή των δύο αυτών παραμέτρων μπορεί να μας δώσει σταθερή τιμή της θερμικής αντίστασης της μόνωσης και συνεπώς σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου. Πιο συγκεκριμένα, επιλέγοντας ένα μονωτικό υλικό με μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και σε μικρότερο πάχος εφαρμογής μπορούμε να πετύχουμε τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου σε σχέση με την περίπτωση επιλογής μονωτικού υλικού με μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και με μεγαλύτερο πάχος εφαρμογής του. Επιπλέον, είναι σαφές ότι μεταβάλλοντας μία από τις δύο παραμέτρους της μόνωσης και θεωρώντας σταθερή την άλλη προκύπτει μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας. Για παράδειγμα, για σταθερό πάχος μόνωσης και μειώνοντας τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτής μπορούμε να πετύχουμε μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας. Τέλος, με την αύξηση του πάχους της μόνωσης σε συνδυασμό με την μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας μπορούμε να πετύχουμε ακόμη μεγαλύτερη θερμική αντίσταση της θερμομονωτικής στρώσης και συνεπώς σημαντικότερη μείωση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου του δομικού στοιχείου.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων, ήδη έγινε αναφορά στην επίδραση του προσανατολισμού των υαλοπινάκων και του ποσοστού αυτών επί του κελύφους στην εξοικονόμηση ενέργειας, όπως επίσης, παρουσιάστηκε και η επίδραση του ποσοστού των υαλοπινάκων σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό αυτών στην ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης. Επαναλαμβάνουμε εδώ για λόγους πληρότητας, ότι γενικά προτιμώνται μεγάλα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό, μέτρια στην ανατολή και στη δύση και μικρά ανοίγματα στο βορρά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και συνεπώς εξασφαλίζουν μεγάλα ηλιακά θερμικά κέρδη ενώ γενικότερα δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους με τον πιο ευνοϊκό τρόπο. Αντίθετα, τα ανοίγματα στο βορρά δέχονται μόνο διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και όχι άμεση, για αυτό πρέπει να είναι περιορισμένης επιφάνειας καθώς παρουσιάζουν ελάχιστα ηλιακά κέρδη το χειμώνα.

Σημαντική, επίσης, κρίνεται, και η επίδραση της μεταβολής του ποσοστού των υαλοπινάκων συναρτήσει του προσανατολισμού αυτών στην ενεργειακή κατανάλωση. Όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 10.6.1 αυξανόμενου του ποσοστού των υαλοπινάκων με βόρειο προσανατολισμό αυξάνεται η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου για θέρμανση. Αντίθετα, αυξανόμενου του ποσοστού των υαλοπινάκων με νότιο προσανατολισμό μειώνονται οι ανάγκες για θέρμανση του κτιρίου και συνεπώς εξοικονομείται ενέργεια.

Ακόμη, υαλοπίνακες με βόρειο προσανατολισμό πρέπει να παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας. Η παράμετρος αυτή είναι ακόμη σημαντικότερη σε ψυχρά κλίματα. Σε κάθε περίπτωση βέβαια, δηλαδή υαλοπίνακες κάθε προσανατολισμού πρέπει να παρουσιάζουν συντελεστή θερμοπερατότητας

που ικανοποιεί τα όρια που θέτει ο ΚΕνΑΚ για τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές των κουφωμάτων ανά κλιματική ζώνη.

Σε μελέτη [112] που έχει διεξαχθεί για την 21^η Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας για ένα τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς όπου θεωρήθηκε ότι κάθε μία από τις τέσσερις προσανατολισμένες επιφάνειες του κτιρίου αποτελείται από την ίδια επιφάνεια από υαλοπίνακες, ελέγχεται και εξετάζεται η συνδυασμένη επίδραση των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων, δηλαδή του πάχους της μόνωσης, της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων και του ποσοστού των υαλοπινάκων επί του κελύφους, στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, προκειμένου να βρεθούν οι συνδυασμοί των παραπάνω παραμέτρων για τους οποίους επιτυγχάνεται σταθερή ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης αλλά και να εντοπιστούν οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων οι οποίοι ελαχιστοποιούν την ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τη μελέτη αυτή [112] αποδείχθηκε ότι για σταθερό πάχος της μόνωσης αυξανόμενου του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος επιτυγχάνεται μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης λόγω αύξησης της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία υπερκαλύπτει τις απώλειες αγωγής που αυξάνουν με την αύξηση της επιφάνειας των υαλοπινάκων λόγω της μικρής θερμικής αντίστασης αυτών σε σχέση με την αντίσταση των εξωτερικών τοίχων.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί, όπως προέκυψε από την ίδια μελέτη, [112] ότι για σταθερή τιμή του ποσοστού των υαλοπινάκων επί του κελύφους, αύξηση του πάχους της μόνωσης προκαλεί την αναμενόμενη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Ωστόσο, αυτό παρατηρήθηκε όταν το ποσοστό των υαλοπινάκων επί του κελύφους είναι μεγαλύτερο μιας οριακής τιμής η οποία στην συγκεκριμένη μελέτη προέκυψε ίση με 5%. Το αντίθετο παρατηρήθηκε στην περίπτωση που το ποσοστό των υαλοπινάκων είναι μικρότερο αυτής της τιμής, δηλαδή για σταθερή τιμή του ποσοστού των υαλοπινάκων η οποία είναι μικρότερη της οριακής τιμής αυτού, αύξηση του πάχους της μόνωσης προκαλεί αύξηση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Η μη αναμενόμενη αυτή συμπεριφορά οφείλεται στη μείωση (λόγω αύξησης του πάχους της μόνωσης) της δι' αγωγής εισερχόμενης ηλιακής θερμότητας μέσω των εξωτερικών τοίχων, η οποία παίζει τώρα το ρυθμιστικό ρόλο αντί της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται από την περιορισμένη επιφάνεια των υαλοπινάκων. Η αντίθετη συμπεριφορά της μόνωσης για ποσοστά υαλοπινάκων επί του κελύφους μεγαλύτερα και μικρότερα της οριακής τιμής αυτού έχει σαν αποτέλεσμα η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας να εμφανίζεται σχεδόν ανεξάρτητη του πάχους της μόνωσης όταν το ποσοστό των υαλοπινάκων λάβει την οριακή αυτή τιμή.

13.3 Το «ψευδοαδιαβατικό» κέλυφος [119]

Ήδη στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε ότι οι σημαντικότεροι παράγοντες από τα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους που επιδρούν και καθορίζουν την ενεργειακή κατανάλωση αυτού είναι η μόνωση και οι υαλοπίνακες. Ιδιαίτερα, μάλιστα, σημαντική παρατηρήθηκε η συμβολή των υαλοπινάκων καθώς αυτοί επιτρέπουν την είσοδο στον εσωτερικό χώρο μιας μεγάλης ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία είναι επιθυμητή μόνο κατά την περίοδο θέρμανσης.

Σε μελέτη [119] που έχει διεξαχθεί για διάφορους μήνες στην περιοχή της Αθήνας για ένα τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς ελέγχεται και εξετάζεται η συνδυασμένη επίδραση των παραμέτρων της μόνωσης δηλαδή του πάχους της μόνωσης, w_i , και του συντελεστή θερμικής της αγωγιμότητας, k_i , και των παραμέτρων των υαλοπινάκων, δηλαδή του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_f , αυτών και του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος, P_f , στην επίτευξη του «ψευδοαδιαβατικού» κελύφους. Στη μελέτη αυτή, λοιπόν, υπολογίστηκαν οι συνδυασμοί των τιμών των παραπάνω παραμέτρων για τους οποίους επιτυγχάνεται «ψευδοαδιαβατικό» κέλυφος και διαπιστώθηκε ότι οι εν λόγω συνδυασμοί τιμών εξαρτώνται σημαντικά από τις κλιματικές συνθήκες και υφίστανται για τους μήνες από Νοέμβριο έως και Μάρτιο και μόνο για κτίρια με ενεργητικά συστήματα θέρμανσης. Ακόμη, προέκυψε ότι οι συνδυασμοί των τιμών των παραπάνω παραμέτρων για τους οποίους επιτυγχάνεται «ψευδοαδιαβατικό» κέλυφος είναι διαφορετικές για κάθε ένα μήνα από αυτούς.

Ως γνωστό, κατά την χειμερινή περίοδο η μόνωση και πολύ περισσότερο οι υαλοπίνακες επιτρέπουν την είσοδο θετικών (ηλιακό θερμικό κέρδος) και αρνητικών (θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς θερμοκρασίας)

φορτίων. Το άθροισμα αυτών των φορτίων μπορεί να προκύπτει θετικό, αρνητικό ή μηδέν, ανάλογα με την επιλογή των συνδυασμών των τιμών των παραμέτρων των υαλοπινάκων και της μόνωσης.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να παρουσιασθεί η έννοια του «ψευδοαδιαβατικού» κελύφους. Με τον όρο «ψευδοαδιαβατικό» περιγράφουμε το κέλυφος όταν αυτό συμπεριφέρεται αδιαβατικά, δηλαδή όταν το άθροισμα των αρνητικών και θετικών φορτίων που εισέρχονται στο κέλυφος διαμέσου των υαλοπινάκων και των αδιαφανών δομικών στοιχείων αυτού είναι μηδέν.

Το ημερήσιο θερμικό κέρδος και οι απώλειες διαμέσου του κτιριακού κελύφους αποτελούνται από:

- Το ηλιακό θερμικό κέρδος διαμέσου των υαλοπινάκων, F_s
- Την απώλεια θερμότητας δι'αγωγής, E_c , η οποία αποτελείται από το δι'αγωγής ηλιακό θερμικό κέρδος μέσω του κελύφους (εκτός των υαλοπινάκων), E_{cs} , και από την θερμική απώλεια μέσω του κελύφους (συμπεριλαμβανομένων και των υαλοπινάκων), E_{ct} , η οποία οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας.

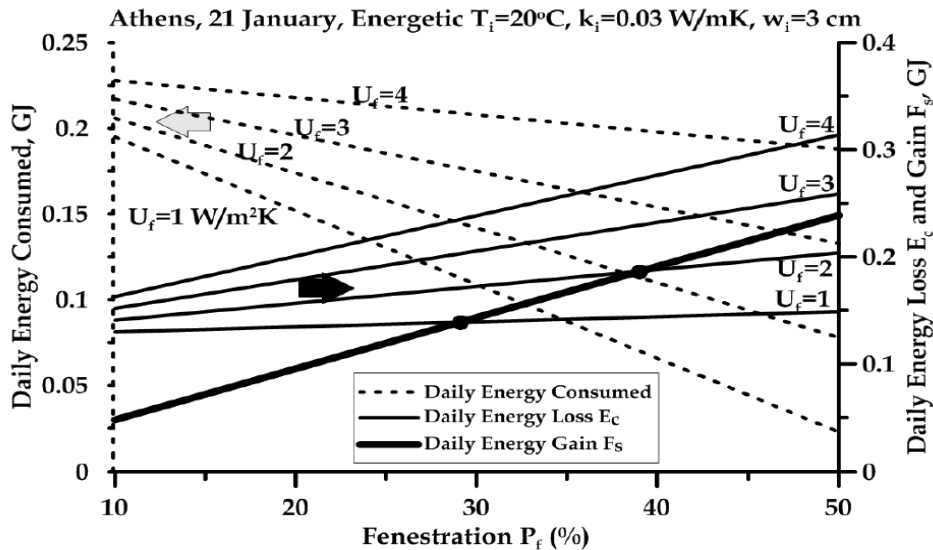
Συνεπώς, η καθαρή ημερήσια ροή θερμότητας διαμέσου του κτιριακού κελύφους προκύπτει από τη σχέση:

$$F_s - E_c = F_s - (E_{cs} - E_{ct}) \quad (13.1)$$

και η συνθήκη για το «ψευδοαδιαβατικό» κέλυφος μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

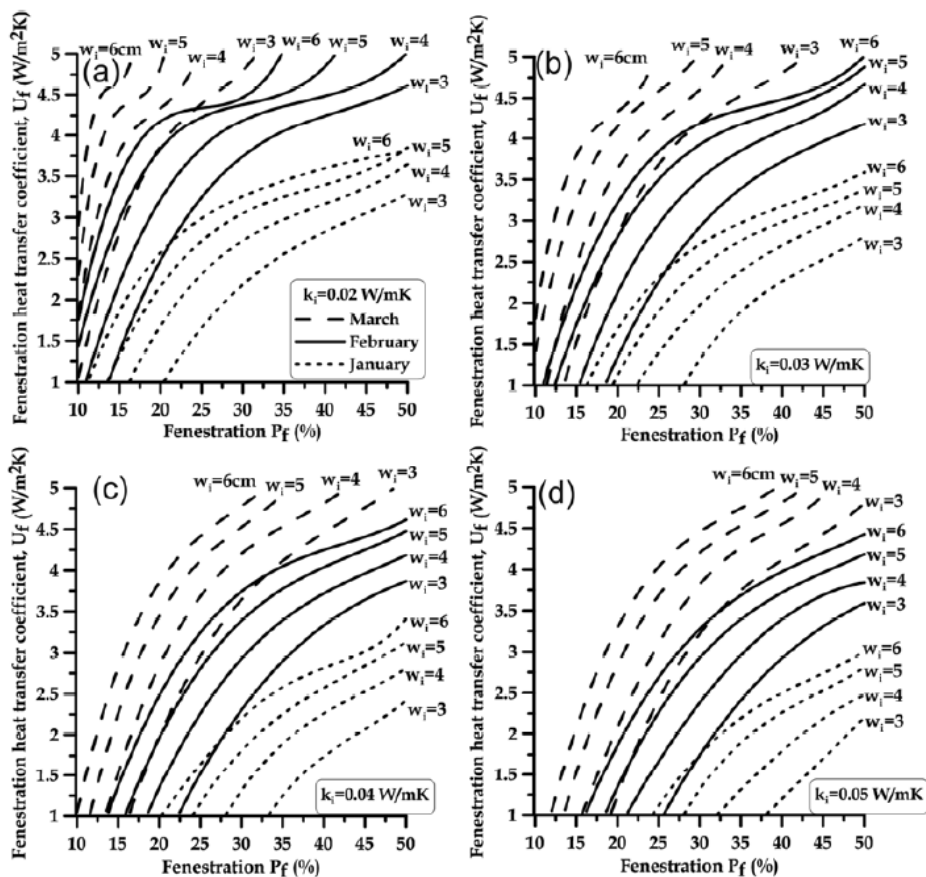
$$F_s - E_c = F_s - (E_{cs} - E_{ct}) = 0 \quad (13.2)$$

Για να γίνει ευκολότερα κατανοητή η έννοια του ψευδοαδιαβατικού κελύφους παρουσιάζεται το παρακάτω διάγραμμα, όπως υπολογίστηκε από την μελέτη [119] που προαναφέραμε. Το διάγραμμα αυτό υπολογίστηκε για την περιοχή της Αθήνας, κατά τη 21^η Ιανουαρίου, για σταθερή θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος $T_i = 20^\circ\text{C}$ και αφορά όπως προαναφέρθηκε ένα τυπικό ελληνικό κτίριο, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης $k_i = 0,03 \text{ W/mK}$ και για πάχος μόνωσης $w_i = 3 \text{ cm}$. Οι διακεκομμένες καμπύλες στο παρακάτω διάγραμμα αντιπροσωπεύουν την ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση από το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου για την εξασφάλιση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας ίσης με 20°C και υπολογίζονται κάθε φορά συναρτήσει του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , και για τέσσερις διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων U_f ($\text{W/m}^2\text{K}$). Οι λεπτές συνεχείς γραμμές αντιπροσωπεύουν την ημερήσια απώλεια θερμότητας λόγω αγωγής, E_c , και υπολογίζονται κάθε φορά συναρτήσει του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , και για τέσσερις διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f ($\text{W/m}^2\text{K}$). Τέλος, η παχιά γραμμή αντιπροσωπεύει το ημερήσιο ηλιακό θερμικό κέρδος F_s σε συνάρτηση με το ποσοστό των υαλοπινάκων P_f . Τα σημεία τομής της καμπύλης του ηλιακού θερμικού κέρδους $F_s(P_f)$ και της καμπύλης της απώλειας θερμότητας $E_c(P_f)$ αντιστοιχούν σε ψευδοαδιαβατικό κέλυφος καθώς στα σημεία αυτά η καθαρή ημερήσια ροή θερμότητας διαμέσου του κτιριακού κελύφους γίνεται μηδέν, και η ικανοποιείται η εξίσωση 13.2.



Σχήμα 13.1: Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, απώλεια θερμότητας E_c μέσω του κελύφους και ηλιακό θερμικό κέρδος F_s υαλοπινάκων συναρτήσει του ποσοστού των υαλοπινάκων P_f για τέσσερις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , για ενεργητικό τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς κατά την 21^η Ιανουαρίου στην Αθήνα. Τα σημεία τομής των καμπύλων $E_c(P_f)$ και $F_s(P_f)$ αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες του ψευδοαδιαβατικού κελύφους. [119]

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα παρακάτω διαγράμματα τα οποία υπολογίστηκαν από την ίδια μελέτη [119] έτσι ώστε να παρατηρήσουμε τους συνδυασμούς των παραμέτρων των υαλοπινάκων (U_f , P_f) και της μόνωσης (k_i , w_i) οι οποίοι καθιστούν το κτιριακό κέλυφος ψευδοαδιαβατικό. Στα διαγράμματα που ακολουθούν δίνονται οι καμπύλες που αντιστοιχούν σε συνδυασμούς των παραμέτρων (U_f , P_f) για τις οποίες το κέλυφος του κτιρίου αναφοράς συμπεριφέρεται ως «ψευδοαδιαβατικό» κρατώντας σε κάθε περίπτωση σταθερές τις τιμές των παραμέτρων της μόνωσης. Οι υπολογισμοί γίνονται κατά την 21^η μέρα του Ιανουαρίου, του Φεβρουαρίου και του Μαρτίου και οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης που εξετάστηκαν είναι $k_i=0,02$, $0,03$, $0,04$ και $0,05\text{W/mK}$ και του πάχους της μόνωσης $w_i=3$, 4 , 5 και 6cm (αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται στη μελέτη αυτή και για τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο). Ακόμη, πρέπει να σημειωθεί ότι τα παρακάτω αποτελέσματα προέκυψαν για ένα τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς, για σταθερή θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος ίση με 20°C , για μία ανανέωση αέρα ανά ώρα και για ποσοστό υαλοπινάκων το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στο νότιο, στο βόρειο, στον ανατολικό και στο δυτικό τοίχο του κτιρίου αντίστοιχα.



Σχήμα 13.2: Συνδυασμοί των παραμέτρων του κτιριακού κελύφους (k_i , w_i , U_f , P_f) για τους οποίους το τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς καθίσταται ψευδοαδιαβατικό, στην περιοχή της Αθήνας, κατά την 21^η Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου και Μαρτίου, και για συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης (a) $k_i=0,02$ W/mK, (b) $k_i=0,03$ W/mK, (c) $k_i=0,04$ W/mK και (d) $k_i=0,05$ W/mK. [119]

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Για σταθερή τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , καθώς μειώνεται η αποτελεσματικότητα της μόνωσης λόγω μείωσης του πάχους αυτής, w_i , και/ή λόγω αύξησης του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτής, k_i , για την επίτευξη του ψευδοαδιαβατικού κελύφους απαιτείται αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυξάνοντας το ποσοστό των υαλοπινάκων, P_f , αυξάνεται το ηλιακό θερμικό κέρδος, F_s , το οποίο εξουδετερώνει την αύξηση της απώλειας θερμότητας λόγω αγωγής, E_{CT} , η οποία προκαλείται από τη μείωση της αποτελεσματικότητας της μόνωσης. Μάλιστα, το αποτέλεσμα αυτό είναι εντονότερο σε μήνες με μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία.
- Για σταθερά χαρακτηριστικά της μόνωσης, καθώς αυξάνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , για την επίτευξη του ψευδοαδιαβατικού κελύφους απαιτείται αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , έτσι ώστε να αυξηθεί η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία η οποία θα εξουδετερώσει την υψηλότερη απώλεια θερμότητας λόγω δι' αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων. Μάλιστα, για τους μήνες με χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία απαιτείται μεγαλύτερη αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων.
- Για σταθερό ποσοστό των υαλοπινάκων, P_f , καθώς μειώνεται η αποτελεσματικότητα της μόνωσης λόγω μείωσης του πάχους αυτής, w_i , και/ή λόγω αύξησης του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αυτής, k_i , αυξάνεται η απώλεια θερμότητας του κελύφους. Η αύξηση αυτή θα εξαιρεθεί με την μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , έτσι ώστε να επιτευχθεί το ψευδοαδιαβατικό κέλυφος.
- Όταν το ποσοστό των υαλοπινάκων μειώνεται, P_f , αντίστοιχα μειώνεται και το ηλιακό κέρδος μέσω των υαλοπινάκων, F_s . Συνεπώς, το ψευδοαδιαβατικό κέλυφος θα επιτευχθεί μέσω της ίσης μείωσης της απώλειας θερμότητας του κελύφους την οποία μπορούμε να πετύχουμε μέσω της μείωσης του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , και/ή μέσω της αύξησης του πάχους της μόνωσης,

w_i , και/ή μειώνοντας το ποσοστό των υαλοπινάκων U_f . Μάλιστα, το αποτέλεσμα αυτό είναι εντονότερο σε μήνες με υψηλότερη ηλιακή ακτινοβολία.

- Η επίδραση του μήνα, δηλαδή η επίδραση των κλιματικών χαρακτηριστικών αυτού, στους συνδυασμούς των τιμών των παραμέτρων του κελύφους (k_i , w_i , U_f , P_f) για τους οποίους καθίσταται το κέλυφος ψευδοαδιαβατικό είναι πολύ σημαντική. Οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων για τις οποίες επιτυγχάνεται ψευδοαδιαβατικό κέλυφος είναι διαφορετικοί για κάθε έναν από τους μήνες αυτούς (από το Νοέμβριο έως και το Μάρτιο).

Ακόμη, σύμφωνα με τη μελέτη [119], στην περιοχή της Αθήνας και για περιοχές με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες, το ψευδοαδιαβατικό κέλυφος δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί τόσο κατά την κύρια περίοδο ψύξης όσο και κατά τη περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου, το οποίο οφείλεται στις υψηλές τιμές του ημερήσιου ηλιακού θερμικού κέρδους.

Συνεπώς, βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης [119] που παρουσιάστηκε καθώς προέκυψε ότι την περίοδο θέρμανσης είναι δυνατό να επιτευχθεί το ψευδοαδιαβατικό κέλυφος αλλά και ότι οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων για τις οποίες έχουμε ψευδοαδιαβατικό κέλυφος είναι διαφορετικές για κάθε ένα μήνα από αυτούς, συμπεραίνεται ότι για κτίρια τα οποία λειτουργούν κατά τη διάρκεια μιας καθορισμένης περιόδου, οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων που καθιστούν το κέλυφος ψευδοαδιαβατικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης των κτιρίων.

Μέρος δεύτερο

Εισαγωγή

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, γίνεται μελέτη σχετικά με την επίδραση του συνδυασμού των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων για την επίτευξη θερμικής άνεσης στην περιοχή της Αθήνας. Πιο συγκεκριμένα εξετάζουμε την επίδραση του συνδυασμού των χαρακτηριστικών αυτών των δύο στοιχείων τα οποία είναι το πάχος και η ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης, το ποσοστό επιφάνειας των υαλοπινάκων επί του κελύφους και ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, στην κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ενός κτιρίου αναφοράς.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στο θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας, η μόνωση και οι υαλοπίνακες αποτελούν τους δύο σημαντικότερους κατασκευαστικούς παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου, καθώς τα δύο αυτά στοιχεία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη, αντιστοίχως, θερμική αντίσταση από όλα τα άλλα δομικά στοιχεία του κελύφους. Επιπλέον κατά τη χειμερινή περίοδο οι υαλοπίνακες και σε μικρότερο βαθμό η μόνωση, επιτρέπουν την είσοδο τόσο θετικών (ηλιακή ακτινοβολία), όσο και αρνητικών (αγωγή θερμότητας λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς) φορτίων.

Η μελέτη μας γίνεται κατά τη διάρκεια της 21^{ης} Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας για ένα πανταχόθεν ελεύθερο κτίριο αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς που μελετάμε πρόκειται για κτίριο με τετραγωνικό δάπεδο επιφάνειας $10 \times 10 = 100 \text{m}^2$, με επιφάνεια κελύφους (πλην αδιαβατικού δαπέδου) 220m^2 και όγκο κτιρίου 330m^3 . Οι τέσσερις πλευρές του κτιρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα. Αρχικά, θεωρείται ότι η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων στο κέλυφος ισομοιράζεται στις τέσσερες πλευρές του κτιρίου, δηλαδή ότι οι τέσσερις όψεις αυτού διαθέτουν την ίδια επιφάνεια υαλοπινάκων. Στη συνέχεια, μελετάται και η περίπτωση όπου οι υαλοπίνακες τοποθετούνται μόνο στις τρεις πλευρές του κτιρίου, δηλαδή σε αυτές με προσανατολισμό σε νότο, δύση και ανατολή, ενώ στη βόρεια πλευρά δεν υπάρχουν υαλοπίνακες. Επιπλέον, το δάπεδο του κτιρίου θεωρείται αδιαβατικό, καθώς το κτίριο είναι ισόγειο σε άμεση επαφή με το έδαφος.

Όλοι οι υπολογισμοί που ακολουθούν αφορούν το τυπικό ελληνικό κτίριο αναφοράς που περιγράφηκε παραπάνω. Τα φορτία που λαμβάνουμε υπόψη μας είναι το ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων, το φορτίο δι'αγωγής των υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα.

Αρχικά υπολογίζεται το συνολικό φορτίο του κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου και για δεδομένες τιμές των παραμέτρων που εξετάζουμε. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης συναρτήσεως των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τη μόνωση και τους υαλοπίνακες και μελετάται η επίδραση του συνδυασμού κάποιων τιμών των παραμέτρων αυτών στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων για τους οποίους επιτυγχάνεται η ίδια ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση, όσο και οι συνδυασμοί των παραμέτρων αυτών για τους οποίους μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση κάποιων αποτελεσμάτων μας με τα αποτελέσματα της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών που εφαρμόστηκε σε δημοσίευση όπου εξετάζεται η συνδυασμένη επίδραση της μόνωσης και των υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι οι τοίχοι και η οροφή αποδίδουν στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει μετά από κάποια χρονική υστέρηση. Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε μόνιμη κατάσταση, για το λόγο αυτό οι υπολογισμοί έγιναν για 24ωρο, καθώς κατά τη διάρκεια του 24ώρου ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό του κτιρίου.

14. Θερμική συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας για την 21^η Ιανουαρίου

14.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας στιγμιαίας ηλιακής ακτινοβολίας κεκλιμένης επιφάνειας, G_T

Η ακτινοβολία που δέχεται μία κεκλιμένη επιφάνεια αποτελείται από τις παρακάτω τρεις συνιστώσες:

1. Άμεση ακτινοβολία: $G_b R_b$
2. Διάχυτη ακτινοβολία προερχόμενη από τον ουρανό: $G_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$
3. Διάχυτη ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση της ολικής στο έδαφος:
 $(G_b + G_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$

Προσθέτοντας τις παραπάνω τρεις συνιστώσες, προκύπτει η προσπίπτουσα ολική στιγμιαία ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου, η οποία υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση (14.1.1).

$$G_T = G_b R_b + G_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (G_b + G_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad \left[\frac{KW}{m^2} \right] \quad (14.1.1)$$

όπου

- G_b $[KW / m^2]$ είναι η άμεση στιγμιαία ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου
- G_d $[KW / m^2]$ είναι η διάχυτη στιγμιαία ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου
- R_b είναι ο λόγος της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου
- ρ είναι η ανακλαστικότητα του εδάφους. Ο συντελεστής ρ ισούται με 0,2 για συνηθισμένο έδαφος και έως 0,7 για χιονισμένο έδαφος. Στην παρούσα μελέτη για την ανακλαστικότητα του εδάφους επιλέχθηκε η τιμή 0,2.
- β είναι η κλίση του επιπέδου, είναι δηλαδή η γωνία που σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Επομένως, εφόσον σκοπός μας είναι ο υπολογισμός της προσπίπτουσας στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας των υαλοπινάκων, καθώς αυτοί είναι κάθετοι στην οριζόντιο επίπεδο, η γωνία β ισούται με 90° .
- $\left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$ και $\left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$ είναι οι παράγοντες όρασης ουρανού και εδάφους αντιστοίχως του κεκλιμένου επιπέδου

Στη συνέχεια, στις ενότητες που ακολουθούν θα γίνει υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d , αντιστοίχως, καθώς και του λόγου R_b προκειμένου να υπολογιστεί η ολική στιγμιαία ακτινοβολία G_T που προσπίπτει σε κατακόρυφο υαλοπίνακα.

14.1.1 Υπολογισμός στιγμιαίας αμέσου και διαχύτου ηλιακής ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου, G_b και G_d

Άμεσος ακτινοβολία, όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 2.2.2, είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γή κατ' ευθείαν από τον ήλιο χωρίς να μεσολαβήσει διασκορπισμός μέσα στην ατμόσφαιρα, ενώ διάχυτη ακτινοβολία είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γή ύστερα από διασκορπισμό και αλλαγή κατεύθυνσης κατά τη διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα.

Ο υπολογισμός της στιγμιαίας αμέσου, G_b , και διαχύτου, G_d , ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου γίνεται από τις (14.1.1.1) και (14.1.1.2) σχέσεις αντίστοιχα για κάθε ώρα τις ημέρας που υπάρχει ηλιοφάνεια δηλαδή από τις 7:00 π.μ. μέχρι τις 18:00 μ.μ.

$$G_b = M_t + A_t \sin\left(\frac{360}{365}D - P_t\right) \quad \left[\frac{kW}{m^2}\right] \quad (14.1.1.1)$$

$$G_d = m_t + a_t \sin\left(\frac{360}{365}D - p_t\right) \quad \left[\frac{kW}{m^2}\right] \quad (14.1.1.2)$$

όπου

- M_t , A_t , P_t , m_t , a_t και p_t είναι οι συντελεστές δίνονται για κάθε ώρα t στον πίνακα που ακολουθεί,
- D είναι ο αριθμός της ημέρας του έτους ($1 \div 365$) και καθώς η μελέτη αφορά την 21^η Ιανουαρίου, ισχύει ότι $D=21$.

Πίνακας 14.1.1.1: Τιμές των συντελεστών των εξισώσεων (14.1.1.1) και (14.1.1.2)

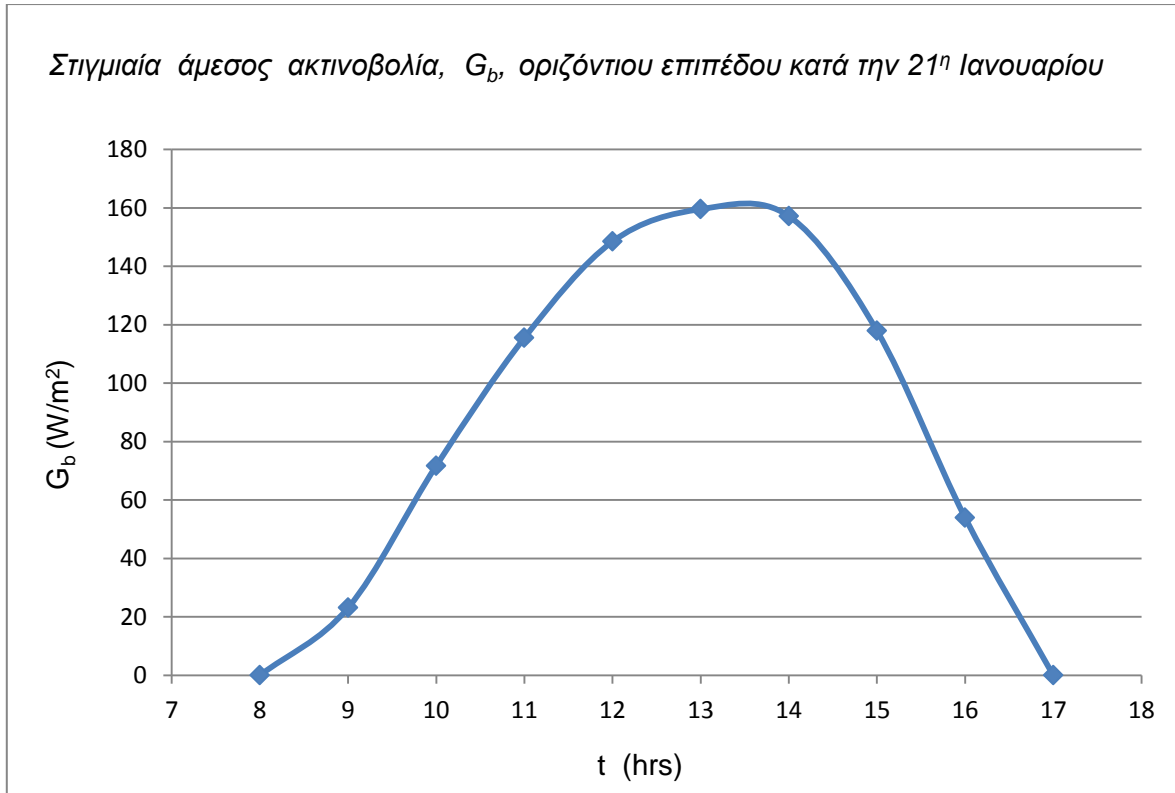
Time t (hrs)	M_t (kW/m ²)	A_t (kW/m ²)	P_t (degrees)	m_t (kW/m ²)	a_t (kW/m ²)	p_t (degrees)
07:00	0,007	0,046	86,18	0,048	0,111	81,23
08:00	0,057	0,068	87,31	0,134	0,127	82,45
09:00	0,119	0,104	87,94	0,208	0,133	83,94
10:00	0,191	0,129	88,31	0,261	0,129	85,6
11:00	0,258	0,153	89,35	0,283	0,117	86,05
12:00	0,319	-0,181	-88,88	0,271	0,095	82,71
13:00	0,342	-0,194	-89,18	0,243	0,081	81,95
14:00	0,325	0,183	87,21	0,21	0,083	87,23
15:00	0,269	0,166	86,22	0,176	0,087	89,53
16:00	0,183	0,147	82,1	0,141	-0,085	-88,19
17:00	0,078	0,131	79,85	0,104	-0,079	-88,97
18:00	-0,025	0,114	77,36	0,051	0,091	86,79

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται για κάθε ώρα τις ημέρας από τις 7:00 π.μ. μέχρι τις 18:00 μ.μ οι τιμές της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d που έχουν υπολογιστεί βάσει των σχέσεων (14.1.1.1) και (14.1.1.2) για την 21^η Ιανουαρίου. Τόσο η άμεση στιγμιαία, G_b , όσο και η διάχυτη στιγμιαία, G_d , ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου υπολογίστηκαν αρχικά σε μονάδες kW/m^2 και στη συνέχεια έγινε η μετατροπή τους σε μονάδες W/m^2 , για την ευκολότερη παρατήρηση και σύγκριση των τιμών τους.

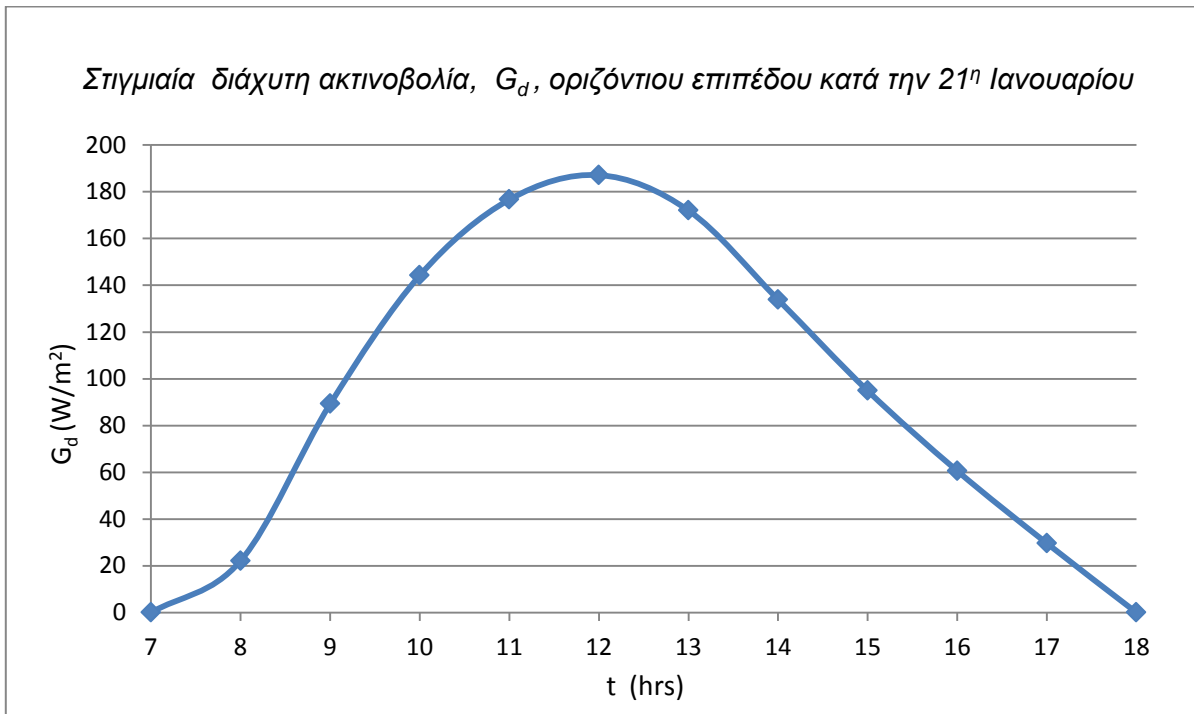
Πίνακας 14.1.1.2: Στιγμιαία άμεση, G_b (W/m^2), και διάχυτη, G_d (W/m^2), ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	G_b (W/m^2)	G_d (W/m^2)
07:00	0	0
08:00	0	22,13981
09:00	23,10678	89,25714
10:00	71,73556	144,1934
11:00	115,5118	176,6724
12:00	148,4795	187,1218
13:00	159,5753	171,9935
14:00	157,181	133,8738
15:00	117,9372	94,87813
16:00	53,95165	60,58386
17:00	0	29,61562
18:00	0	0

Στη συνέχεια, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων και διαγραμματικά στα σχήματα 14.1.1.1 και 14.1.1.2. Παρατηρείται τόσο από τον παραπάνω πίνακα όσο και από τα διαγράμματα που ακολουθούν ότι η στιγμιαία άμεσος ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου, G_b , κατά την 21^η Ιανουαρίου μεγιστοποιείται στις 13:00 ενώ η διάχυτη, G_d , στις 12:00 το μεσημέρι. Τις ώρες αυτές ο ήλιος είναι πιο κάθετος και πιο δυνατός.



Σχήμα 14.1.1.1: Διακύμανση της στιγμιαίας άμεσου ακτινοβολίας οριζόντιου επιπέδου, G_b (W/m²K), συναρτήσει των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.1.1.2: Διακύμανση της στιγμιαίας διάχυτης ακτινοβολίας οριζόντιου επιπέδου, G_d (W/m²K), συναρτήσει των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου

14.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου, R_b

Ο λόγος R_b της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$R_b = \frac{G_{bT}}{G_b} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (14.1.2.1)$$

όπου

- $G_{bT} \left[\frac{kW}{m^2} \right]$ η στιγμιαία άμεσος ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου
- θ είναι η γωνία πρόσπτωσης της άμεσου ακτινοβολίας πάνω σε μία επιφάνεια και ορίζεται ως η γωνία μεταξύ των προσπίπτουσών ηλιακών ακτινών και της καθέτου στην επιφάνεια.
- θ_z είναι η γωνία ζενίθ η οποία σχηματίζεται από την κατακόρυφο και την ευθεία όρασης του ήλιου

Η τιμή του λόγου R_b απαιτείται για τον υπολογισμό της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένης επιφάνειας G_{bT} όταν είναι γνωστή η άμεσος ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας G_b . Προκειμένου, λοιπόν, να υπολογιστεί ο λόγος R_b , θα πρέπει να υπολογιστούν η γωνία πρόσπτωσης θ και η γωνία ζενίθ θ_z .

Η γωνία πρόσπτωσης θ υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (14.1.2.2)$$

Όταν η κλίση του επιπέδου, β , δηλαδή όταν η γωνία που σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο ισούται με 90° (κατακόρυφη επιφάνεια), η παραπάνω σχέση (14.1.2.2) γίνεται:

$$\cos \theta = -\sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (14.1.2.3)$$

Για μία οριζόντια επιφάνεια, δηλαδή για κλίση επιπέδου $\beta=0^\circ$, η γωνία πρόσπτωσης ταυίζεται με την γωνία ζενίθ, θ_z , και η εξίσωση (14.1.2.2) γίνεται:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (14.1.2.4)$$

Οι γωνίες που υπεισέρχονται στις παραπάνω σχέσεις ορίζονται ως εξής:

- φ είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ($-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$). Η παρούσα μελέτη αφορά την Αθήνα η οποία έχει γεωγραφικό πλάτος $\varphi=38^\circ$
- αζιμούθιο επιφάνειας, γ , είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνεια πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και τη νότια κατεύθυνση. Το αζιμούθιο επιφάνειας, γ , εκφράζει τον προσανατολισμό και ισούται με $\gamma=0^\circ$ στο νότο, $\gamma=90^\circ$ στη δύση, $\gamma=180^\circ$ στο βορρά και $\gamma=-90^\circ$ στην ανατολή.
- ηλιακή απόκλιση, δ , είναι η γωνιακή θέση του ηλίου κατά το ηλιακό μεσημέρι ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Ισχύει $-23,45 \leq \delta \leq 23,45$ με θετικές τιμές προς τον βορρά. Υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$\delta = 23,45 \sin \left(\frac{360(284 + n)}{365} \right) \quad (14.1.2.5)$$

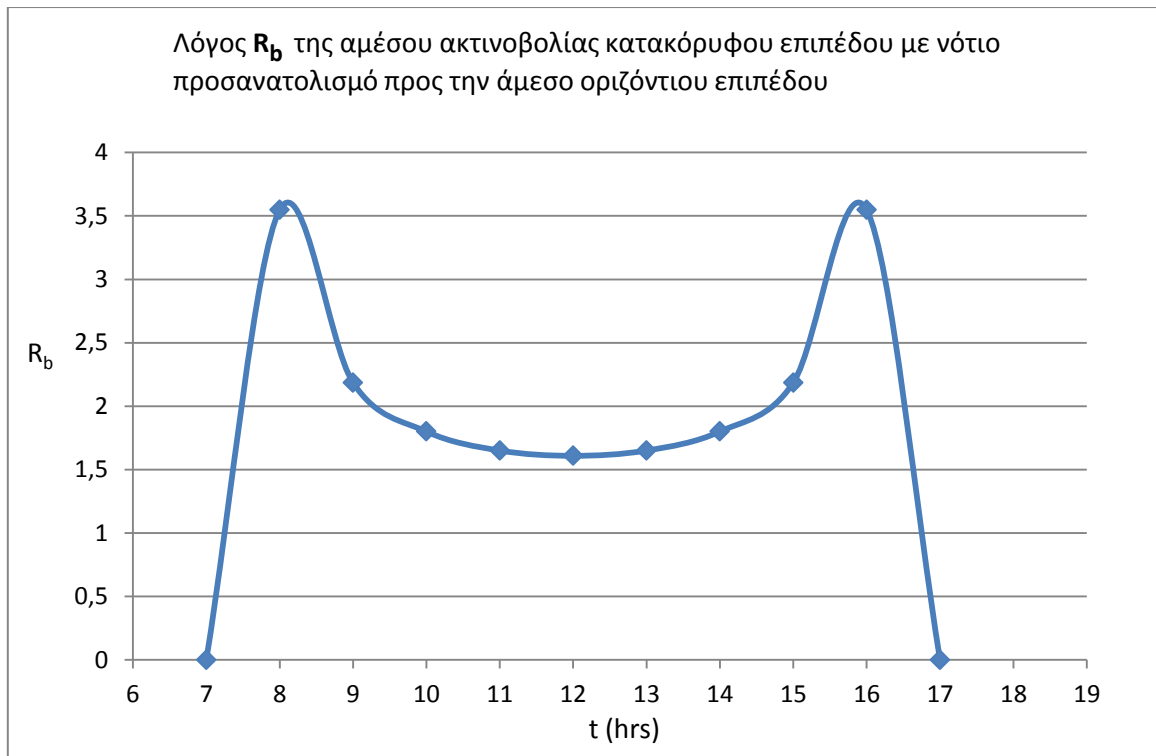
όπου $n=1 \div 365$ είναι η ημέρα του έτους. Η μελέτη μας αφορά την 21^η Ιανουαρίου και επομένως $n=21$.

- Ωριαία γωνία, ω , είναι η γωνιακή μετατόπιση του ηλίου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονα της με ρυθμό $15^\circ/h=0,25^\circ/\text{min}$. Προφανώς ισχύει $\omega=0,25 \times (\text{min από το ηλιακό μεσημέρι})$ και λαμβάνεται ως θετικό ($\omega>0$) για μ.μ και ως αρνητικό ($\omega<0$) για π.μ.

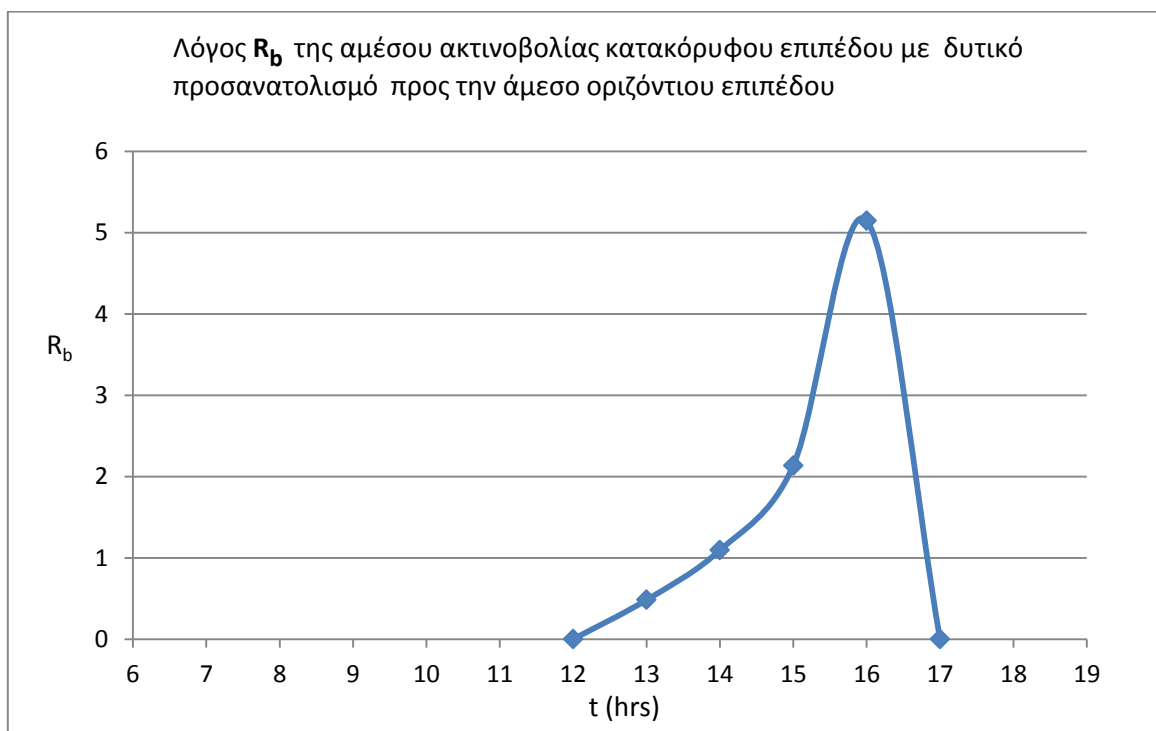
Υπολογίζεται, λοιπόν βάσει των σχέσεων και των δεδομένων που παρουσιάστηκαν παραπάνω, ο λόγος R_b για κατακόρυφες επιφάνειες προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα δηλαδή προς το νότο, τη δύση, το βορρά και την ανατολή για κάθε ώρα της ημέρας από τις 7:00 το πρωί μέχρι τις 18:00 το απόγευμα για την 21^η Ιανουαρίου. Οι τιμές του λόγου R_b που προκύπτουν δίνονται στον πίνακα 14.1.2.1 και στη συνέχεια τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στα παρακάτω σχήματα.

Πίνακας 14.1.2.1: Οι τιμές του λόγου R_b κατά την 21^η Ιανουαρίου για κατακόρυφες επιφάνειες εστραμμένες προς το νότο, τη δύση, το βορρά και την ανατολή

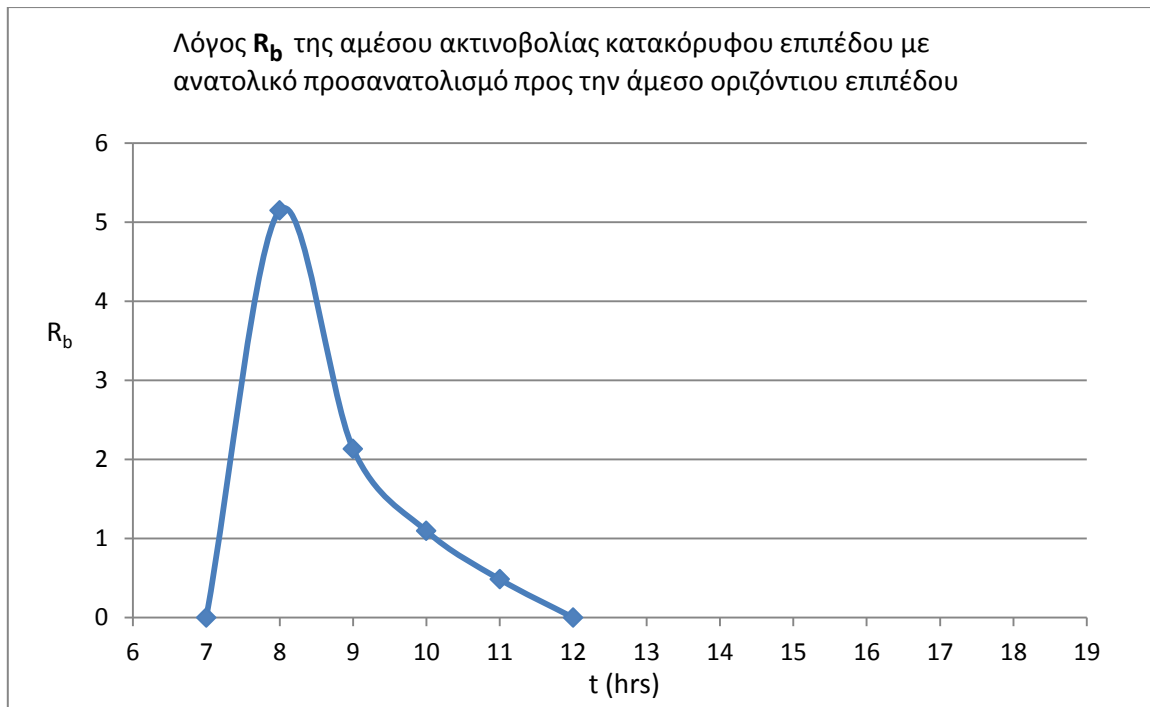
Time t (hrs)	Λόγος R_b			
	Νότος	Δύση	Βορράς	Ανατολή
07:00	0	0	0	0
08:00	3,54724	0	0	5,147499
09:00	2,185291	0	0	2,13341
10:00	1,800283	0	0	1,094873
11:00	1,650454	0	0	0,483416
12:00	1,608946	0	0	0
13:00	1,650454	0,483416	0	0
14:00	1,800283	1,094873	0	0
15:00	2,185291	2,13341	0	0
16:00	3,54724	5,147499	0	0
17:00	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0



Σχήμα 14.1.2.1: Διακύμανση του λόγου R_b της αμέσου ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου με νότιο προσανατολισμό προς την άμεσο οριζόντιου επιπέδου συναρτήσεως των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.1.2.2: Διακύμανση του λόγου R_b της αμέσου ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου με δυτικό προσανατολισμό προς την άμεσο οριζόντιου επιπέδου συναρτήσεως των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.1.2.3: Διακύμανση του λόγου R_b της άμεσου ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου με ανατολικό προσανατολισμό προς την άμεσο οριζόντιου επιπέδου συναρτήσει των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να γίνουν ορισμένες παρατηρήσεις όσον αφορά τις τιμές του λόγου R_b που υπολογίστηκαν και παρουσιάστηκαν παραπάνω για κατακόρυφες επιφάνειες εστραμμένες προς το νότο, τη δύση, το βορρά και την ανατολή, για κάθε ώρα της ημέρας από τις 7:00 μέχρι τις 18:00 κατά την 21^η Ιανουαρίου.

Αρχικά, όπως αναμενόταν και από τον ορισμό του λόγου R_b , παρατηρούμε ότι στη βόρεια κατακόρυφο επιφάνεια οι τιμές του λόγου R_b προκύπτουν ίσες με μηδέν για όλες τις ώρες της ημέρας. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ορθό καθώς οι βόρειες επιφάνειες του κτιρίου δεν δέχονται άμεση ακτινοβολία στη διάρκεια της ημέρας.

Επιπλέον, στις κατακόρυφες επιφάνειες που είναι εστραμμένες στην ανατολή δεν προσπίπτει άμεσος ακτινοβολία κατά τις μεσημεριανές από τις 12:00 και έπειτα ενώ στις επιφάνειες που είναι εστραμμένες στην δύση δεν προσπίπτει άμεσος ακτινοβολία τις πρωινές ώρες έως και τις 12:00. Οι τιμές του λόγου R_b κατά τις ώρες αυτές ισούνται με μηδέν, το οποίο μαθηματικά προκύπτει από τον μηδενισμό του συνημίτονου της γωνίας πρόσπτωσης θ . Ακόμη, παρατηρούμε τόσο από τον πίνακα όσο και από τα σχήματα 14.1.2.2 και 14.1.2.3 ότι οι τιμές του R_b για την ανατολική κατακόρυφο επιφάνεια για τις ώρες πριν τις 12:00 προκύπτουν ίσες με τις τιμές του R_b για τη δυτική κατακόρυφο επιφάνεια για τις ώρες μετά τις 12:00 που απέχουν ίσα χρονικά διαστήματα από την ώρα 12:00. Η αντιστοιχία των τιμών αυτών του λόγου R_b οφείλεται στην κλίση των δύο επιφανειών καθώς και οι δύο είναι κατακόρυφες ($\beta=90^\circ$), στον προσανατολισμό των δύο επιφανειών δηλαδή στο αζιμούθιο επιφάνειας, γ , όπου για την ανατολική επιφάνεια έχουμε $\gamma=-90^\circ$ και για την δυτική $\gamma=90^\circ$, όπως έχει ήδη αναφερθεί καθώς και στην ωριαία γωνία ω , οι τιμές της οποίας για τις ώρες πριν το ηλιακό μεσημέρι και για τις ώρες μετά το ηλιακό μεσημέρι που ισαπέχουν χρονικά από την ώρα 12:00 προκύπτουν ίσες και αντίθετες. Παράλληλα, το συνημίτονο της γωνίας ζενίθ παίρνει τις ίδιες τιμές για κάθε προσανατολισμό ενώ οι τιμές του για τις ώρες πριν τις 12:00 και για τις ώρες μετά τις 12:00 που ισαπέχουν χρονικά από το ηλιακό μεσημέρι είναι ίσες καθώς για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται και το συνημίτονο της ωριαίας γωνίας ω όπως δηλώνεται και από την εξίσωση (14.1.2.4).

Όσον αφορά τη νότια κατακόρυφη επιφάνεια, παρατηρούνται οι περισσότερες θετικές τιμές του λόγου R_b . Ακόμη, όπως παρατηρείται και στο διάγραμμα του σχήματος 14.1.2.1 οι τιμές του λόγου R_b για τις νότιες κατακόρυφες επιφάνειες για τις ώρες πριν τις 12:00 και για τις ώρες μετά τις 12:00 που ισαπέχουν χρονικά από το ηλιακό μεσημέρι είναι ίσες, έτσι η γραφική παράσταση του λόγου R_b συναρτήσει των ωρών προκύπτει συμμετρική ως προς ένα νοητό κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το σημείο του οριζόντιου άξονα που

αντιστοιχεί στην ώρα 12:00. Η ιδιότητα αυτή των τιμών του λόγου R_b οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο οι τιμές του συνημίτονου της γωνίας πρόσπτωσης θ όσο και οι τιμές του συνημίτονου της γωνίας ζενίθ για τις ώρες που ισαπέχουν χρονικά καθεμία ξεχωριστά από το ηλιακό μεσημέρι είναι ίσες. Αυτό συμβαίνει καθώς όπως φαίνεται και από τις εξισώσεις (14.1.2.3) και (14.1.2.4) για τον υπολογισμό του συνημίτονου της γωνίας πρόσπτωσης θ και της γωνίας ζενίθ συνυπολογίζεται και το συνημίτονο της ωριαίας γωνίας ω του οποίου οι τιμές για τις ώρες που ισαπέχουν χρονικά από το ηλιακό μεσημέρι είναι ίσες.

Ένα άλλο σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι ότι οι τιμές του λόγου R_b για νότια κατακόρυφη επιφάνεια υπολογιζόμενες για κάθε ώρα μειώνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας από τις 8:00 το πρωί μέχρι τις 12:00 και στην συνέχεια αυξάνονται αντίστοιχα από τις 12:00 μέχρι τις 16:00 το απόγευμα. Η ελάχιστη τιμή του λόγου R_b σημειώνεται στις 12:00 το μεσημέρι. Θεωρητικά καθώς ο λόγος R_b βάσει του ορισμού του δηλώνει κατά πόσο είναι μεγαλύτερη η άμεσος ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου από την άμεσο ακτινοβολία ενός οριζόντιου επιπέδου θα αναμέναμε η τιμή του λόγου R_b να αυξάνεται όσο πλησιάζουμε προς το μεσημέρι. Το γεγονός όμως αυτό δεν αναιρεί την αξιοπιστία της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του λόγου R_b και της στιγμιαίας άμεσης ακτινοβολίας κεκλιμένης επιφάνειας.

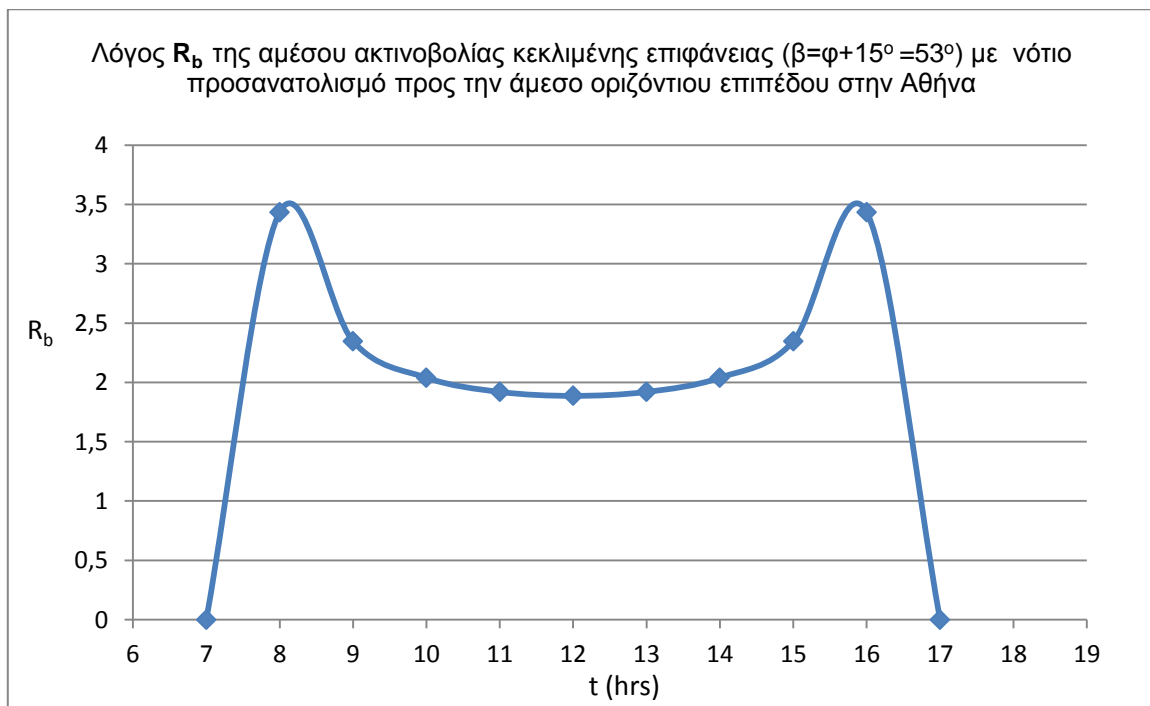
Για τον έλεγχο της ορθότητας της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, για τον υπολογισμό του λόγου R_b θα υπολογίσουμε με τον ίδιο τρόπο τον λόγο R_b της άμεσου ακτινοβολίας μιας άλλης κεκλιμένης επιφάνειας προς την άμεσο οριζόντιου επιπέδου. Από μελέτες που έχουν διεξαχθεί έχει προκύψει ότι για μέγιστη ενέργεια χειμώνα απαιτείται κλίση επιφάνειας κατά 15° μεγαλύτερη του γεωγραφικού πλάτους, δηλαδή $\beta = \varphi + 15^\circ$ καθώς και ότι ο βέλτιστος προσανατολισμός μιας επιφάνειας είναι ο νότιος ($\gamma = 0^\circ$) για το βόρειο ημισφαίριο, δηλαδή η επιφάνεια πρέπει να είναι εστραμμένη προς τον ισημερινό. Βάσει αυτών, μια επιφάνεια στην Αθήνα, η οποία όπως ήδη έχει αναφερθεί έχει γεωγραφικό πλάτος $\varphi = 38^\circ$, για μέγιστη ενέργεια χειμώνα θα πρέπει να έχει κλίση $\beta = 38^\circ + 15^\circ = 53^\circ$ και νότιο προσανατολισμό. Στη συνέχεια, θα γίνει υπολογισμός του λόγου R_b για την επιφάνεια που παρουσιάστηκε από την παρακάτω σχέση:

$$R_b = \frac{\sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cos(\varphi - \beta) \cos \omega}{\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega} \quad (14.1.2.6)$$

Η σχέση (14.1.2.6) ισχύει για κεκλιμένες επιφάνειες που βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο και είναι στραμμένες προς νότο (αζιμούθιο επιφάνειας $\gamma = 0^\circ$) και έχει προκύψει από τις σχέσεις (14.1.2.1), (14.1.2.2) και (14.1.2.4) για $\gamma = 0^\circ$ βάσει μαθηματικών τριγωνομετρικών ιδιοτήτων. Οι έννοιες, ο τρόπος υπολογισμού και οι τιμές των διαφόρων γωνιών που υπεισέρχονται στη σχέση (14.1.2.6) έχουν ήδη παρουσιασθεί. Οι τιμές του λόγου R_b που προκύπτουν δίνονται στον παρακάτω πίνακα και στη συνέχεια τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στο σχήμα 14.1.2.4.

Πίνακας 14.1.2.2: Οι τιμές του λόγου R_b κατά την 21^η Ιανουαρίου για κεκλιμένη επιφάνεια με κλίση $\beta=\varphi+15^\circ$ εστραμμένη προς το νότο στην Αθήνα

Time t (hrs)	Λόγος R_b για επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό και κλίση $\beta=53^\circ$
07:00	0
08:00	3,434767
09:00	2,347066
10:00	2,039585
11:00	1,919926
12:00	1,886776
13:00	1,919926
14:00	2,039585
15:00	2,347066
16:00	3,434767
17:00	0
18:00	0



Σχήμα 14.1.2.4: Διακύμανση του λόγου R_b της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένης επιφάνειας ($\beta=\varphi+15^\circ$) εστραμμένη προς νότο προς την άμεσο οριζόντιου επιπέδου συναρτήσεως των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου στην Αθήνα

Από τα αποτελέσματα λοιπόν που παρουσιάζονται τόσο στον πίνακα όσο και στο διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο λόγος R_b για επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό και με κλίση $\beta=\varphi+15^\circ=53^\circ$ μεταβάλλεται συναρτήσεως των ωρών κατά παρόμοιο τρόπο με τον λόγο R_b κατακόρυφου επιπέδου με νότιο προσανατολισμό. Όπως

στην περίπτωση νότιου κατακόρυφου επιπέδου, έτσι και στην περίπτωση αυτή οι τιμές του λόγου R_b υπολογιζόμενες για κάθε ώρα προκύπτουν θετικές μεγαλύτερες της μονάδας από τις 8:00 μέχρι τις 16:00, ενώ μειώνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας από τις 8:00 το πρωί μέχρι τις 12:00 και στην συνέχεια αυξάνονται αντίστοιχα από τις 12:00 μέχρι τις 16:00 το απόγευμα. Η ελάχιστη τιμή του λόγου R_b σημειώνεται στις 12:00 το μεσημέρι. Ομοίως με το νότιο κατακόρυφο επίπεδο, έτσι και εδώ, οι τιμές του λόγου R_b για τις ώρες πριν τις 12:00 και για τις ώρες μετά τις 12:00 που ισαπέχουν χρονικά από το ηλιακό μεσημέρι είναι ίσες, έτσι η γραφική παράσταση του λόγου R_b συναρτήσεως των ωρών προκύπτει συμμετρική ως προς ένα νοητό κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το σημείο του οριζώντιου άξονα που αντιστοιχεί στην ώρα 12:00. Ο λόγος R_b που υπολογίζεται για επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό και με κλίση $\beta=53^\circ$ διαφέρει ως προς τον λόγο R_b που υπολογίζεται για κατακόρυφο νότιο επίπεδο στο γεγονός ότι οι τιμές του που υπολογίζονται για κάθε ώρα της ημέρας από τις 9:00 μέχρι τις 15:00 προκύπτουν μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές του λόγου R_b για κατακόρυφο επίπεδο, ενώ η διαφορά αυτή αυξάνεται όσο προχωράμε προς το μεσημέρι και γίνεται μέγιστη κατά την ώρα 12:00. Το αποτέλεσμα αυτό δηλώνει, όπως αναμενόταν, ότι η στιγμιαία άμεσος ακτινοβολία που προσπίπτει σε επιφάνεια εστραμμένη στο νότο και με κλίση $\beta=53^\circ$ για κάθε ώρα από τις 9:00 μέχρι τις 15:00 είναι μεγαλύτερη από την στιγμιαία άμεσο ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα κατακόρυφο επίπεδο με νότιο προσανατολισμό για τις ίδιες ώρες. Επίσης, μέσω της μελέτης μας προέκυψε ότι η στιγμιαία άμεσος ακτινοβολία που προσπίπτει τόσο στην κατακόρυφη νότια επιφάνεια όσο και στην κεκλιμένη νότια επιφάνεια ($\beta=53^\circ$) μεγιστοποιείται κατά τις 14:00 η ώρα.

Έχοντας, λοιπόν, υπολογίσει και καθορίσει όλα τα απαιτούμενα μεγέθη υπολογίζουμε την ολική προσπίπτουσα στιγμιαία ακτινοβολία κατακόρυφου επιπέδου, G_T , όπως ορίζεται από τη σχέση (14.1.1) για κάθε ένα από τους τέσσερις προσανατολισμούς και για τις ώρες $t=7, 8, \dots, 18$ της ημέρας. Οι τιμές της ακτινοβολίας G_T υπολογίστηκαν σε W/m^2 και δίνονται στον παρακάτω πίνακα 14.1.2.3. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στα παρακάτω σχήματα.

Πίνακας 14.1.1: Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου G_T (W/m^2) για κάθε προσανατολισμό και για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	G_T (W/m^2) Νότος	G_T (W/m^2) Δύση	G_T (W/m^2) Βορράς	G_T (W/m^2) Ανατολή
07:00	0	0	0	0
08:00	13,2839	13,2839	13,2839	13,2839
09:00	106,36	55,8650	55,8650	105,1612
10:00	222,8339	93,6896	93,6896	172,2309
11:00	308,2015	117,5546	117,5546	173,3948
12:00	366,0164	127,1210	127,1210	127,1210
13:00	382,5253	196,2948	119,1536	119,1536
14:00	379,0127	268,1356	96,0424	96,0424
15:00	326,4477	320,3291	68,7206	68,7206
16:00	233,1249	319,4615	41,7455	41,7455
17:00	17,7694	17,7694	17,76937	17,76937
18:00	0	0	0	0



Σχήμα 14.1.1: Διακύμανση της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου, G_T , με νότιο προσανατολισμό συναρτήσεως των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.1.2 : Διακύμανση της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου, G_T , με δυτικό προσανατολισμό συναρτήσεως των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.1.3: Διακύμανση της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου, G_T , με βόρειο προσανατολισμό συναρτήσει των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.1.4: Διακύμανση της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου, G_T , με ανατολικό προσανατολισμό συναρτήσει των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα και τα αντίστοιχα διαγράμματα, συμπεραίνουμε ότι συνολικά κατά τη διάρκεια της ημέρας οι επιφάνειες που δέχονται τη μεγαλύτερη ακτινοβολία είναι οι νότιες, ενώ οι επιφάνειες που δέχονται τη λιγότερη ακτινοβολία είναι οι βόρειες. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς όπως αποδείχθηκε και παραπάνω οι νότιες κατακόρυφες επιφάνειες δέχονται άμεσο στιγμιαία ακτινοβολία, G_{bT} , για όλες τις ώρες της ημέρας που έχουμε άμεσο στιγμιαία ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου. Αντιθέτως, κατακόρυφες επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό δέχονται μόνο διάχυτη ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και η οποία είναι η ίδια για κάθε προσανατολισμό και για τις ίδιες ώρες, όπως φαίνεται και από τη σχέση (14.1.1). Ακόμη, παρατηρούμε ότι η δυτική πλευρά δέχεται περισσότερη ακτινοβολία τις απογευματινές ώρες ενώ η ανατολική τις πρωινές.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι η ολική στιγμιαία ακτινοβολία, G_T , που προσπίπτει σε ένα κατακόρυφο επίπεδο με νότιο προσανατολισμό μεγιστοποιείται γύρω στις 13:00 ενώ για κατακόρυφο επίπεδο με βόρειο προσανατολισμό η ακτινοβολία παρουσιάζει μέγιστο στις 12:00. Επιπλέον, και στις δύο περιπτώσεις τα διαγράμματα της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας, G_T , συναρτήσει των ωρών είναι ομαλά.

Όσον αφορά τους άλλους δύο προσανατολισμούς, η μέγιστη τιμή της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας, G_T , που προσπίπτει σε ένα κατακόρυφο επίπεδο με ανατολικό προσανατολισμό προκύπτει γύρω στις 10:00 με 11:00, ενώ η ολική στιγμιαία ακτινοβολία, G_T , που προσπίπτει σε ένα κατακόρυφο επίπεδο με δυτικό προσανατολισμό παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή στις 15:00-16:00. Επίσης, παρατηρούμε ότι τα διαγράμματα της ολικής προσπίπτουσας στιγμιαίας ακτινοβολίας, G_T , συναρτήσει των ωρών που αφορούν το κατακόρυφο επίπεδο με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό παρουσιάζουν μια απότομη μεταβολή γύρω από την ώρα 12:00. Πιο συγκεκριμένα, η καμπύλη της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας για το κατακόρυφο επίπεδο με ανατολικό προσανατολισμό παρουσιάζει μια απότομη μείωση μεταξύ 11:00 με 12:00, ενώ για το κατακόρυφο επίπεδο με δυτικό προσανατολισμό παρουσιάζει μια απότομη αύξηση μεταξύ 12:00 με 13:00. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις 12:00 ο λόγος R_b και στους δύο προσανατολισμούς ισούται με μηδέν. Έτσι, ενώ το κατακόρυφο επίπεδο με ανατολικό προσανατολισμό δέχεται τόσο άμεση όσο και διάχυτη ακτινοβολία τις πρωινές ώρες, από τις 12:00 και μετά δέχεται μόνο διάχυτη ακτινοβολία. Αντίθετα, το κατακόρυφο επίπεδο με δυτικό προσανατολισμό δέχεται μόνο διάχυτη ακτινοβολία τις πρωινές ώρες έως και τις 12:00, ενώ τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες δέχεται τόσο άμεση όσο και διάχυτη ακτινοβολία.

14.2 Ηλιακό θερμικό κέρδος υαλοπινάκων

Το ηλιακό θερμικό κέρδος (SHG) υαλοπινάκων οφείλεται στη ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται δια μέσου των υαλοπινάκων καθώς και στην ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από τους υαλοπίνακες και αποδίδεται στο εσωτερικό του χώρου. Υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$SHG = 0,85 \cdot G_T \cdot A_f \cdot 3600 \quad [J/h] \quad (14.2.1)$$

όπου

G_T $[W/m^2]$ η ολική στιγμιαία ακτινοβολία που προσπίπτει στους υαλοπίνακες

A_f $[m^2]$ το εμβαδό των υαλοπινάκων

Η παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το 3600 s/h προκειμένου το ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων να εκφραστεί σε μονάδες J/h.

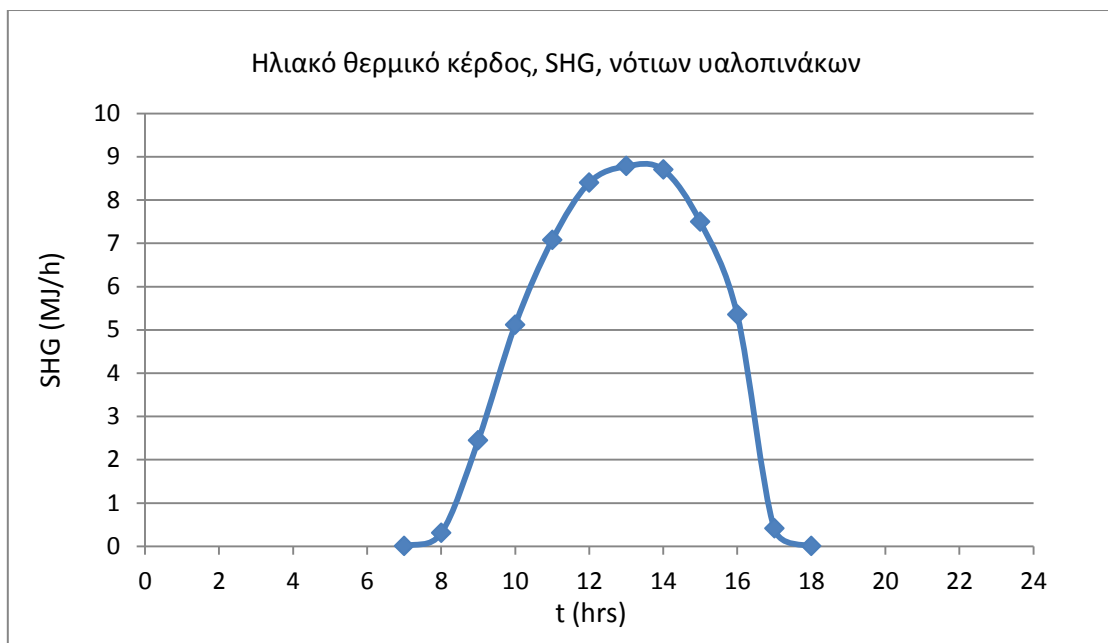
Ο συντελεστής 0,85 εκφράζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που γίνεται ηλιακό θερμικό κέρδος του χώρου. Η συνολική, δηλαδή, εισερχόμενη ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο ισούται με το 85% της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον υαλοπίνακα. Το υπόλοιπο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας δηλαδή το 15% χάνεται διότι καθώς προσπίπτει η ακτινοβολία στον υαλοπίνακα ένα μέρος της ανακλάται εξαρχής από αυτόν και επιπλέον ένα μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται από τον υαλοπίνακα εξέρχεται στη συνέχεια στο εξωτερικό περιβάλλον.

Το κτίριο αναφοράς που μελετάμε πρόκειται για πανταχόθεν ελεύθερο κτίριο με τετραγωνικό δάπεδο επιφάνειας $10 \times 10 = 100 \text{m}^2$, με επιφάνεια κελύφους (πλην αδιαβατικού δαπέδου) $F = 220 \text{m}^2$ και με όγκο $V = 300 \text{m}^3$. Οι τέσσερις πλευρές του κτιρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα. Συνεπώς, οι τέσσερις πλευρές του κτιρίου καταλαμβάνουν συνολική επιφάνεια $A_{\text{tw}} = 120 \text{m}^2$ και η κάθε πλευρά έχει επιφάνεια $A_w = 30 \text{m}^2$. Κάθε μία από αυτές αποτελείται από ποσοστό $P_f = 25\%$ από υαλοπίνακες. Επομένως, το εμβαδό των υαλοπινάκων για κάθε πλευρά του κτιρίου θα ισούται με $A_f = 30 \text{m}^2 \times 0,25 = 7,5 \text{m}^2$.

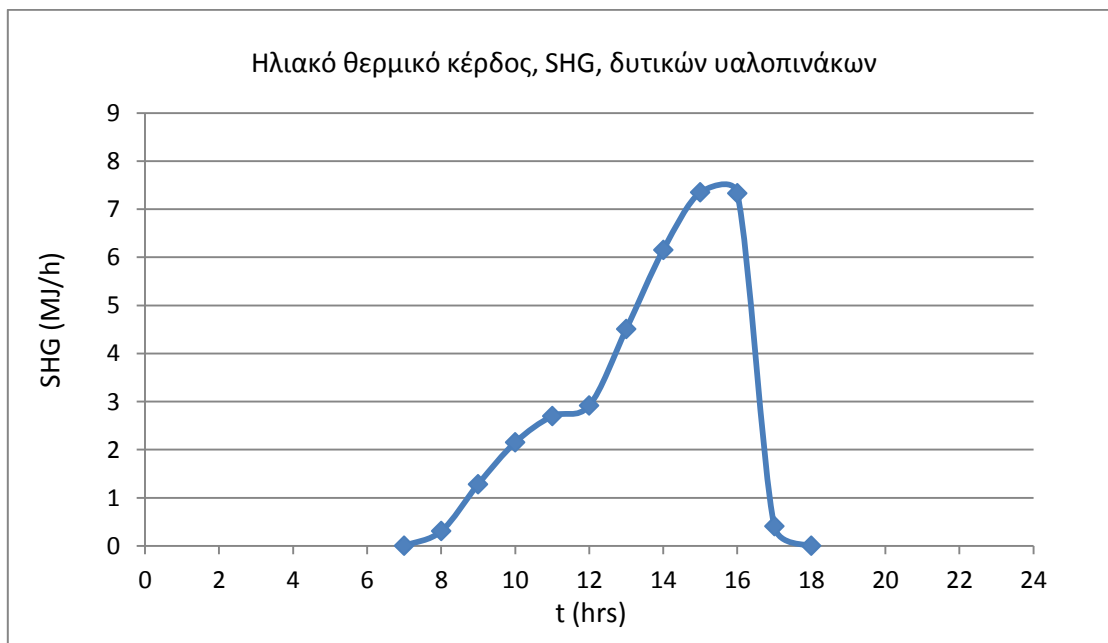
Έχοντας, λοιπόν, υπολογίσει και καθορίσει όλα τα απαιτούμενα μεγέθη μπορούμε να υπολογίσουμε το ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων βάσει της σχέσης (14.2.1) για κάθε προσανατολισμό και για όλο το 24ωρο. Τα ηλιακά θερμικά κέρδη υπολογίστηκαν αρχικά σε μονάδες (J/h) και στη συνέχεια έγινε η μετατροπή τους σε μονάδες (MJ/h) με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα (14.2.1) και στη συνέχεια παρουσιάζονται και διαγραμματικά στα παρακάτω σχήματα.

Πίνακας 14.2.1: Ηλιακό θερμικό κέρδος υαλοπινάκων, SHG (MJ/h), για κάθε προσανατολισμό και για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

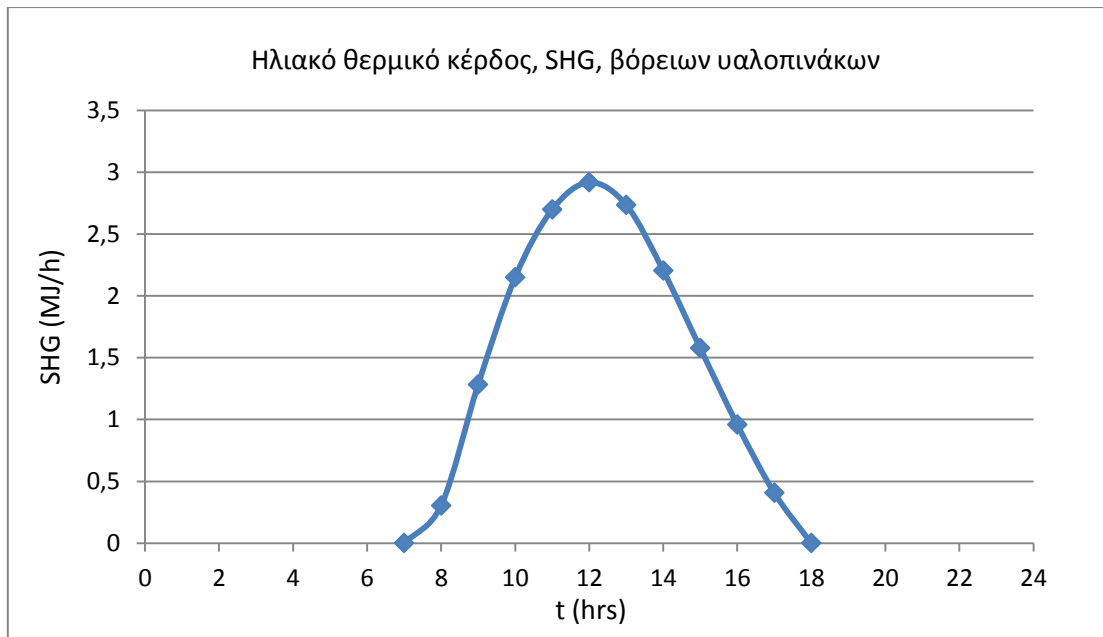
Time t (hrs)	SHG (MJ/h) Νότος	SHG (MJ/h) Δύση	SHG (MJ/h) Βορράς	SHG (MJ/h) Ανατολή
1:00	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0
8:00	0,304865	0,3048652	0,304865	0,304865
9:00	2,440962	1,2821009	1,282101	2,41345
10:00	5,114039	2,1501763	2,150176	3,9527
11:00	7,073225	2,6978788	2,697879	3,979411
12:00	8,400077	2,9174275	2,917427	2,917427
13:00	8,778955	4,5049659	2,734576	2,734576
14:00	8,698341	6,1537121	2,204173	2,204173
15:00	7,491976	7,3515521	1,577138	1,577138
16:00	5,350217	7,3316423	0,958059	0,958059
17:00	0,407807	0,407807	0,407807	0,407807
18:00	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0



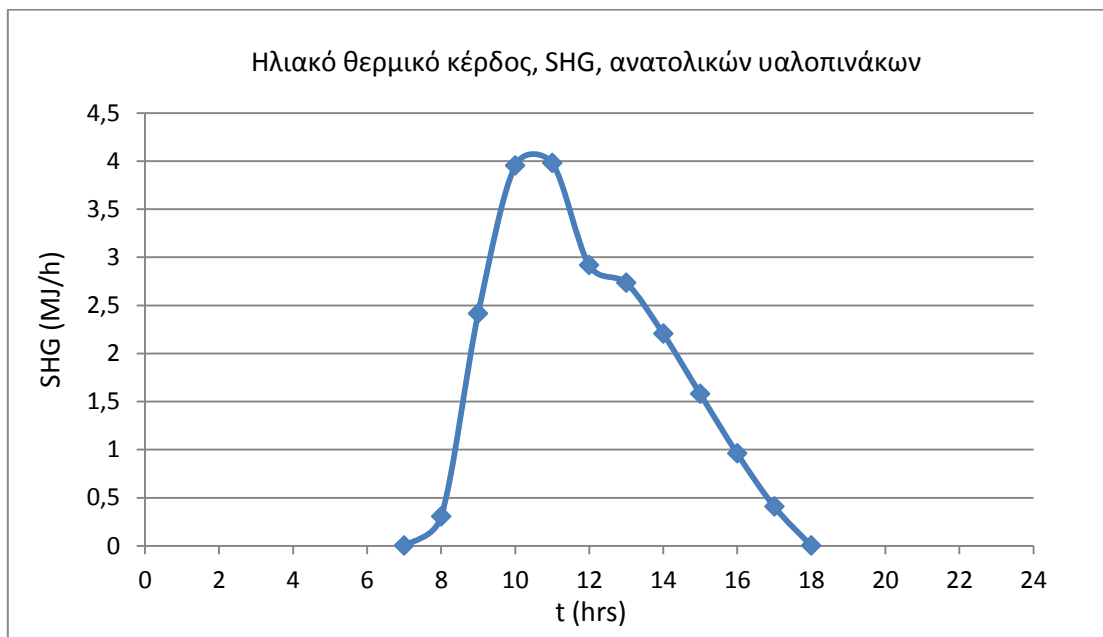
Σχήμα 14.2.1: Ηλιακό θερμικών κέρδος, SHG (MJ/h), νότιων υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.2.2: Ηλιακό θερμικών κέρδος, SHG (MJ/h), δυτικών υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.2.3: Ηλιακό θερμικών κέρδος, SHG (MJ/h), βόρειων υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.2.4: Ηλιακό θερμικών κέρδος, SHG (MJ/h), ανατολικών υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

Τόσο από τον πίνακα 14.2.1 όσο και από τα παραπάνω διαγράμματα για τη διακύμανση του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων συναρτήσει των ωρών της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου για κάθε προσανατολισμό προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα που προκύπτουν και από τα αντίστοιχα διαγράμματα που παρουσιάζουν την διακύμανση του G_T συναρτήσει των ωρών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ηλιακό θερμικό κέρδος, SHG, των υαλοπινάκων όπως φαίνεται και από τη σχέση (14.2.1) εξαρτάται από την ολική προσπίπτουσα στιγμιαία ακτινοβολία, G_T . Συνεπώς, όπως παρατηρούμε το ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων μεγιστοποιείται τις ώρες κατά τις οποίες μεγιστοποιείται και η ολική προσπίπτουσα στιγμιαία

ακτινοβολία για κάθε προσανατολισμό αντίστοιχα. Επιπλέον, όπως παρατηρούμε οι καμπύλες του ηλιακού θερμικού κέρδους για υαλοπίνακες νότιου και βόρειου προσανατολισμού συναρτήσει των ωρών είναι ομαλές, ενώ οι καμπύλες του ηλιακού θερμικού κέρδους για δυτικούς και ανατολικούς υαλοπίνακες παρουσιάζουν μια απότομη μεταβολή γύρω από την ώρα 12:00 η οποία οφείλεται στη μεταβολή των τιμών του G_T τις ίδιες ώρες και η οποία επεξηγήθηκε παραπάνω.

Υπολογίζουμε, στη συνέχεια, το ημερήσιο ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό. Προκύπτει, λοιπόν, ότι το ημερήσιο ηλιακό θερμικό κέρδος των νότιων υαλοπινάκων είναι ίσο με 54,06MJ/day, των δυτικών υαλοπινάκων ίσο με 35,102MJ/day, των βόρειων υαλοπινάκων ίσο με 17,23MJ/day, και τέλος των ανατολικών υαλοπινάκων ισούται με 21,45MJ/day. Από τα αποτελέσματα αυτά παρατηρούμε ότι το ημερήσιο ηλιακό κέρδος των νότιων υαλοπινάκων είναι σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το ημερήσιο ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων των άλλων προσανατολισμών. Αντίθετα, οι υαλοπίνακες βόρειου προσανατολισμού παρουσιάζουν το μικρότερο ημερήσιο ηλιακό θερμικό κέρδος.

14.3 Αρνητικό φορτίο υαλοπινάκων δι' αγωγής

Το αρνητικό φορτίο υαλοπινάκων δι' αγωγής, L_f , οφείλεται στη ροή θερμότητας που προκαλείται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Καθώς η μελέτη μας αφορά τον μήνα Ιανουάριο που η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του εσωτερικού περιβάλλοντος, το φορτίο αυτό αποτελεί απώλεια για το κέλυφος. Υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση για κάθε ώρα της ημέρας.

$$L_f = U_f \cdot A_f \cdot (T_o - T_i) \cdot 3600 \quad \left[\frac{J}{h} \right] \quad (14.3.1)$$

όπου

$U_f \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, ο οποίος σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς θεωρήθηκε ίσος με 3,5 W/m²K.

$A_f \quad [m^2]$ το εμβαδό των υαλοπινάκων

$T_o - T_i \quad [K]$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος

Η παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το 3600 s/h προκειμένου το θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων δι' αγωγής να εκφραστεί σε μονάδες J/h.

Το αρνητικό φορτίο δι' αγωγής των υαλοπινάκων προκύπτει ίδιο για κάθε προσανατολισμό, δηλαδή οι υαλοπίνακες στην νότια, δυτική, βόρεια και ανατολική επιφάνεια του κτιρίου παρουσιάζουν τις ίδιες απώλειες λόγω δι' αγωγής. Αυτό οφείλεται στον γεγονός ότι το αρνητικό φορτίο δι' αγωγής των υαλοπινάκων εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, η οποία είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού καθώς και στο ότι κάθε επιφάνεια (νότια, δυτική, βόρεια και ανατολική) του κτιρίου αναφοράς πάνω στο οποίο γίνεται η μελέτη θεωρήθηκε ότι αποτελείται από το ίδιο ποσοστό υαλοπινάκων, όπως ήδη αναφέρθηκε, και επομένως η επιφάνεια A_f των υαλοπινάκων σε κάθε όψη του κτιρίου είναι ίδια.

14.3.1 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_o-T_i

Η θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος T_i για το κτίριο αναφοράς πάνω στο οποίο γίνεται η μελέτη μας έχει θεωρηθεί για την 21^η Ιανουαρίου ίση με 22°C ενώ διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ισχύει, λοιπόν, $T_i=22^\circ\text{C}=295\text{K}$.

Για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος T_o χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας περιβάλλοντος στην περιοχή των Αθηνών η οποία υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$T_o(H) = M + \sum_{i=1}^3 C_i \cos \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] + \sum_{i=1}^3 S_i \sin \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] \quad [^\circ\text{C}] \quad (14.3.1.1)$$

όπου

- H είναι η ώρα της ημέρας, $H=1 \div 24$
- M , C_i , και S_i είναι οι συντελεστές που δίνονται στον πίνακα 14.3.1.1 για την 21^η Ιανουαρίου

Πίνακας 14.3.1.1: Τιμές των συντελεστών της συνάρτησης (14.3.1.1)

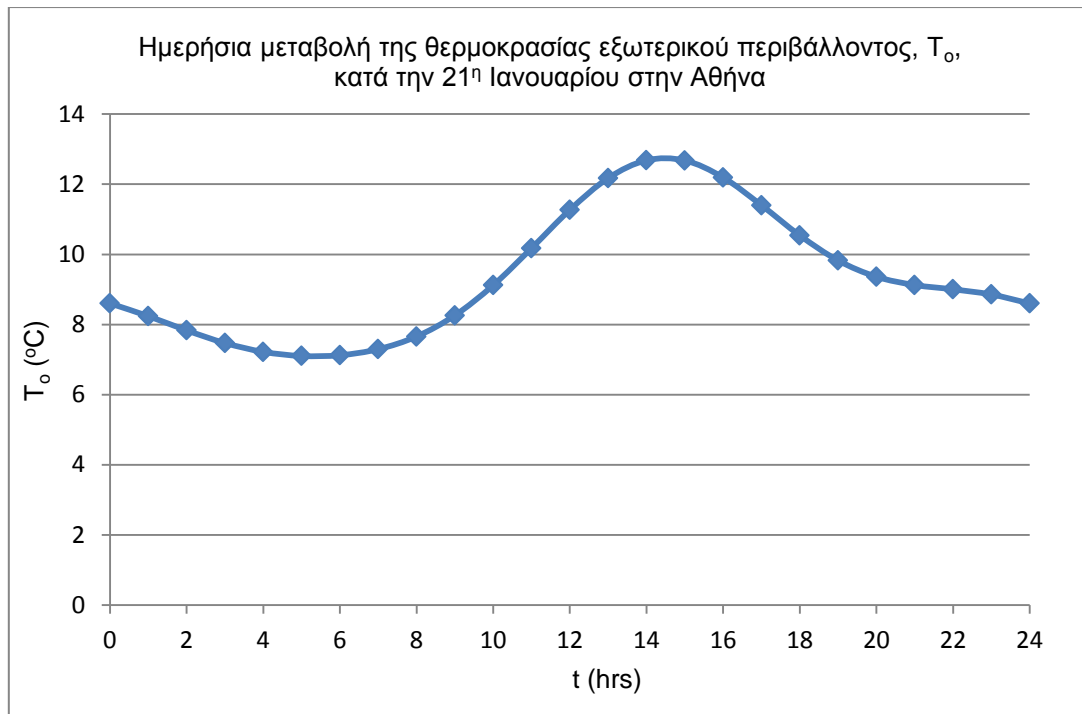
DAY	M	C1	C2	C3	S1	S2	S3
21 ^η Ιανουαρίου	9,384	-1,6730	0,7110	0,0085	-1,7230	0,5240	-0,2410

Βάσει, λοιπόν, της σχέσης (14.3.1.1) και του πίνακα 14.3.1.1 υπολογίζεται η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος T_o ($^\circ\text{C}$) για κάθε ώρα της ημέρας για την 21^η Ιανουαρίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και στη συνέχεια διαγραμματικά στο σχήμα 14.3.1.1. Στον ίδιο πίνακα δίνεται η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος σε μονάδες K καθώς και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_o-T_i για κάθε ώρα της ημέρας.

Πίνακας 14.3.1.2: Η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος T_o και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_o-T_i για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	T_o (°C)	T_o (K)	T_o-T_i
1:00	8,2	281,2	-13,8
2:00	7,8	280,8	-14,2
3:00	7,5	280,5	-14,5
4:00	7,2	280,2	-14,8
5:00	7,1	280,1	-14,9
6:00	7,1	280,1	-14,9
7:00	7,3	280,3	-14,7
8:00	7,7	280,7	-14,3
9:00	8,3	281,3	-13,7
10:00	9,1	282,1	-12,9
11:00	10,2	283,2	-11,8
12:00	11,3	284,3	-10,7
13:00	12,2	285,2	-9,8
14:00	12,7	285,7	-9,3
15:00	12,7	285,7	-9,3
16:00	12,2	285,2	-9,8
17:00	11,4	284,4	-10,6
18:00	10,5	283,5	-11,5
19:00	9,8	282,8	-12,2
20:00	9,4	282,4	-12,6
21:00	9,1	282,1	-12,9
22:00	9,0	282,0	-13,0
23:00	8,9	281,9	-13,1
24:00	8,6	281,6	-13,4

Όπως αναμενόταν, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_o-T_i για κάθε ώρα της ημέρας που εξετάζουμε προκύπτει αρνητική. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος T_o είναι πάντα μικρότερη της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου T_i . Επιπλέον, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, T_o-T_i , μειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες και παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές κατά τις 14:00 με 15:00 όπου η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος, T_o , παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές, όπως παρατηρείται και από το παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 14.3.1.1: Ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος, T_o (°C), κατά την 21^η Ιανουαρίου στην Αθήνα

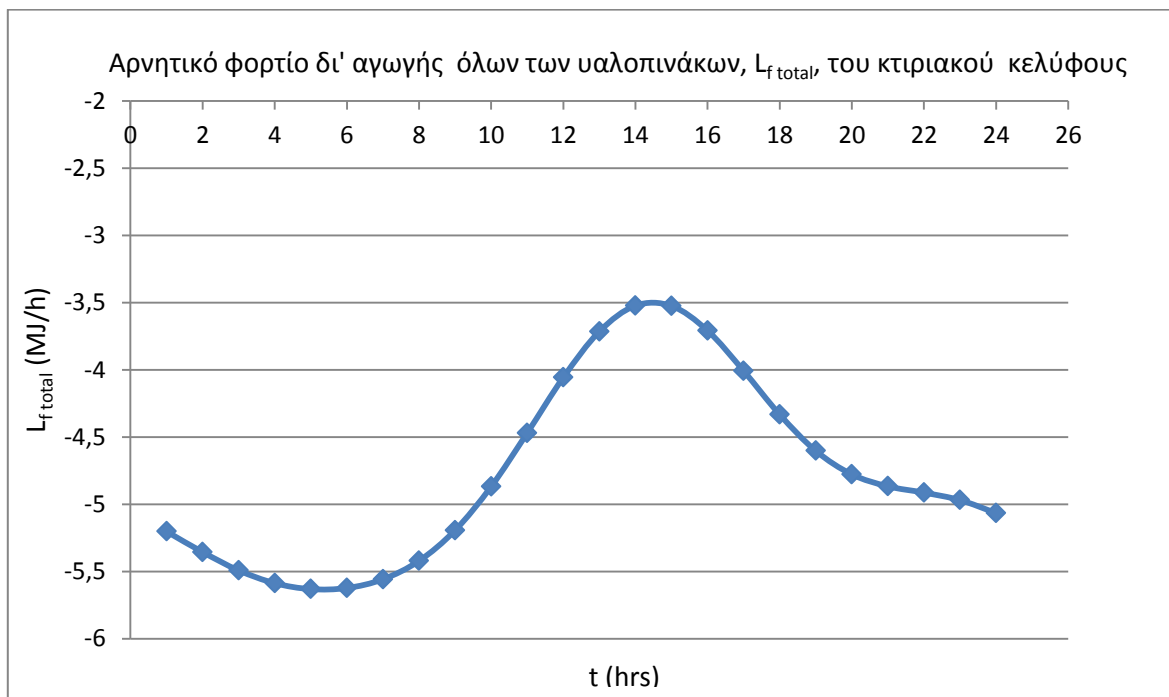
Έχοντας, λοιπόν, υπολογίσει και καθορίσει όλα τα απαιτούμενα μεγέθη υπολογίζουμε το αρνητικό φορτίο δι' αγωγής των υαλοπινάκων L_f για κάθε ώρα της ημέρας βάσει της σχέσης (14.3.1) για κάθε ένα προσανατολισμό, θεωρώντας $A_f=7,5m^2$ την επιφάνεια των υαλοπινάκων στη μία όψη του κτιρίου αναφοράς, και στη συνέχεια υπολογίζουμε το αρνητικό φορτίο όλων των υαλοπινάκων του κτιρίου $L_{f \text{ total}}$, θεωρώντας $A_f=30m^2$ την συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων στο κτίριο, για κάθε ώρα της ημέρας. Τα φορτία αυτά υπολογίστηκαν αρχικά σε μονάδες (J/h) και στη συνέχεια έγινε η μετατροπή τους σε μονάδες (MJ/h) με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα 14.3.1 και στη συνέχεια παρουσιάζονται και διαγραμματικά στα παρακάτω σχήματα.

Πίνακας 14.3.1: Αρνητικό φορτίο δι' αγωγής υαλοπινάκων για κάθε ένα προσανατολισμό, L_f (MJ/h), και αρνητικό φορτίο δι' αγωγής όλων των υαλοπινάκων του κτιρίου, $L_{f \text{ total}}$ (MJ/h), για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	L_f (MJ/h)	$L_{f \text{ total}}$ (MJ/h)
1:00	-1,300468	-5,201871
2:00	-1,338795	-5,355179
3:00	-1,372888	-5,491553
4:00	-1,396650	-5,586598
5:00	-1,407665	-5,630661
6:00	-1,405629	-5,622516
7:00	-1,389375	-5,557498
8:00	-1,355207	-5,420827
9:00	-1,298338	-5,193353
10:00	-1,217079	-4,868316
11:00	-1,117311	-4,469242
12:00	-1,014092	-4,056370
13:00	-0,928524	-3,714095
14:00	-0,880580	-3,522320
15:00	-0,881094	-3,524378
16:00	-0,926893	-3,707571
17:00	-1,001750	-4,007000
18:00	-1,082963	-4,331851
19:00	-1,150482	-4,601928
20:00	-1,194267	-4,777066
21:00	-1,216527	-4,866108
22:00	-1,228227	-4,912906
23:00	-1,242122	-4,968489
24:00	-1,266164	-5,064655



Σχήμα 14.3.1: Αρνητικό φορτίο δι' αγωγής υαλοπινάκων, L_f (MJ/h), για κάθε προσανατολισμό και για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.3.2: Αρνητικό φορτίο δι' αγωγής όλων των υαλοπινάκων, $L_{f\ total}$ (MJ/h), για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε, όπως αναμενόταν, ότι τα φορτία δι' αγωγής μέσω των υαλοπινάκων για κάθε ώρα της ημέρας προκύπτουν αρνητικά και συνεπώς το φορτίο αυτό αποτελεί απώλεια για το κέλυφος. Αυτό οφείλεται όπως φαίνεται και από τη σχέση (14.3.1) στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, T_o-T_i , η οποία προκύπτει για την 21^η Ιανουαρίου για όλες τις ώρες αρνητική καθώς η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος, T_o είναι καθόλη τη διάρκεια της ημέρας μικρότερη της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος, T_i . Επιπλέον, λόγω της εξάρτησης των αρνητικών φορτίων δι' αγωγής από τη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος, παρατηρούμε συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 14.3.1.1, 14.3.1 και 14.3.2 ότι η καμπύλη του αρνητικού φορτίου δι' αγωγής των υαλοπινάκων συναρτήσει των ωρών είναι ανάλογη της καμπύλης της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος T_o συναρτήσει των ωρών. Ακόμη, παρατηρούμε ότι οι απώλειες είναι μικρότερες κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος αυξάνεται, και συνεπώς μειώνεται η διαφορά θερμοκρασίας T_o-T_i . Αντίστοιχα, οι απώλειες είναι μεγαλύτερες κατά τις νυχτερινές ώρες όπου η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος είναι αρκετά μικρότερη.

Υπολογίζουμε, στη συνέχεια, το ημερήσιο αρνητικό φορτίο δι' αγωγής (απώλεια) των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό το οποίο προκύπτει ίσο με 28,613MJ/day καθώς και το ημερήσιο αρνητικό φορτίο δι' αγωγής (απώλεια) για το σύνολο των υαλοπινάκων στο κέλυφος του κτιρίου το οποίο προκύπτει ίσο με 114,452MJ/day, δηλαδή τέσσερις φορές μεγαλύτερο από το πρώτο, το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι η επιφάνεια των υαλοπινάκων σε κάθε μία από τις τέσσερις προσανατολισμένες πλευρές του κτιρίου είναι η ίδια.

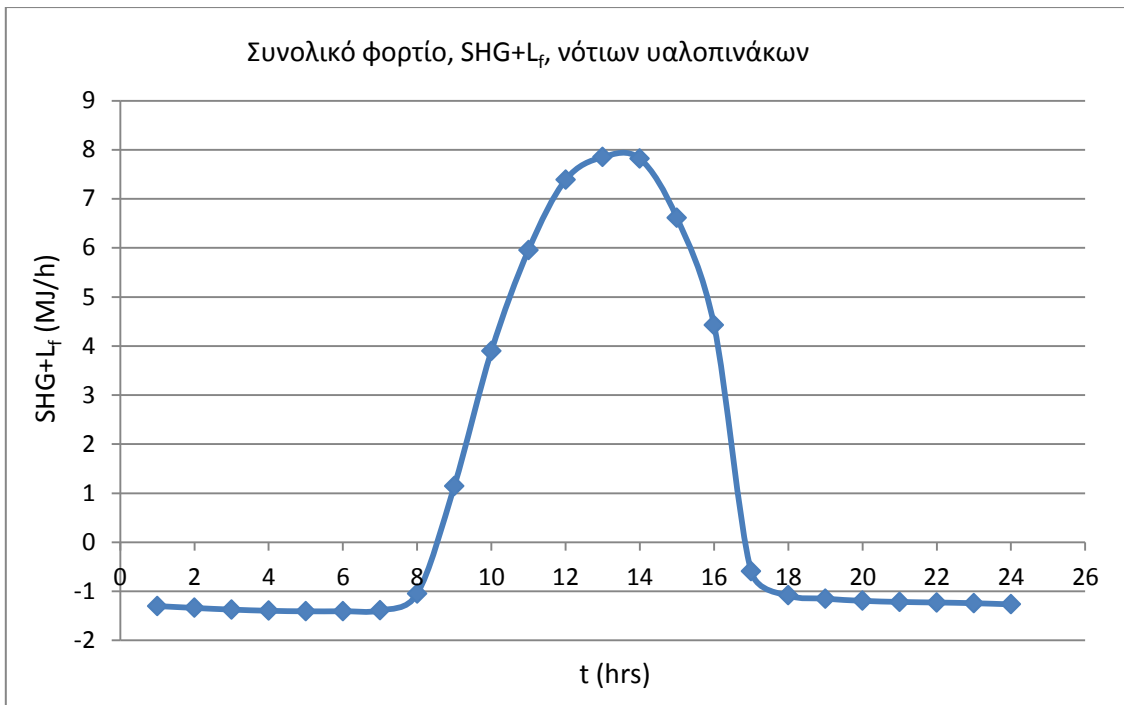
Τέλος, συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 14.3.1 και 14.3.2, παρατηρούμε ότι η καμπύλη του αρνητικού φορτίου δι' αγωγής, L_f , των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό συναρτήσει των ωρών είναι ανάλογη της καμπύλης του αρνητικού φορτίου δι' αγωγής, $L_{f \text{ total}}$, όλων των υαλοπινάκων του κελύφους συναρτήσει των ωρών με τη διαφορά ότι στη δεύτερη οι τιμές του αρνητικού φορτίου δι' αγωγής, $L_{f \text{ total}}$, όλων των υαλοπινάκων για κάθε ώρα είναι μεγαλύτερες (θεωρώντας την έννοια των απωλειών). Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο καθώς τα αρνητικά φορτία δι' αγωγής, $L_{f \text{ total}}$, υπολογίζονται για το σύνολο των υαλοπινάκων που υπάρχουν στο κέλυφος.

14.4 Το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των υαλοπινάκων

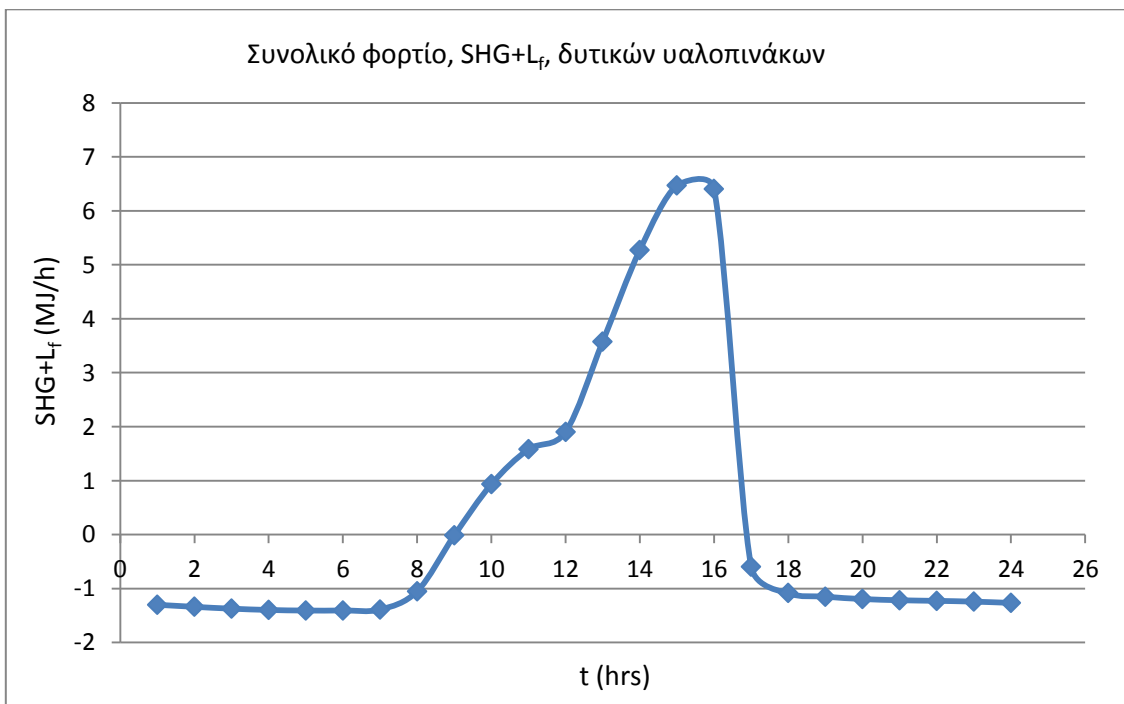
Προκειμένου να παρατηρήσουμε και να συγκρίνουμε τα συνολικά φορτία που διέρχονται διαμέσου των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό, θα υπολογίσουμε, βάσει των αποτελεσμάτων των ενοτήτων 14.2 και 14.3, το άθροισμα του ηλιακού θερμικού κέρδους SHG (MJ/h) με το αρνητικό φορτίο δι' αγωγής L_f (MJ/h) για κάθε ώρα και για κάθε προσανατολισμό κατά την 21^η Ιανουαρίου. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα 14.4.1 και συνέχεια παρουσιάζονται και διαγραμματικά στα παρακάτω σχήματα.

Πίνακας 14.4.1 :Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων, SHG+L_f (MJ/h), για κάθε προσανατολισμό και για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

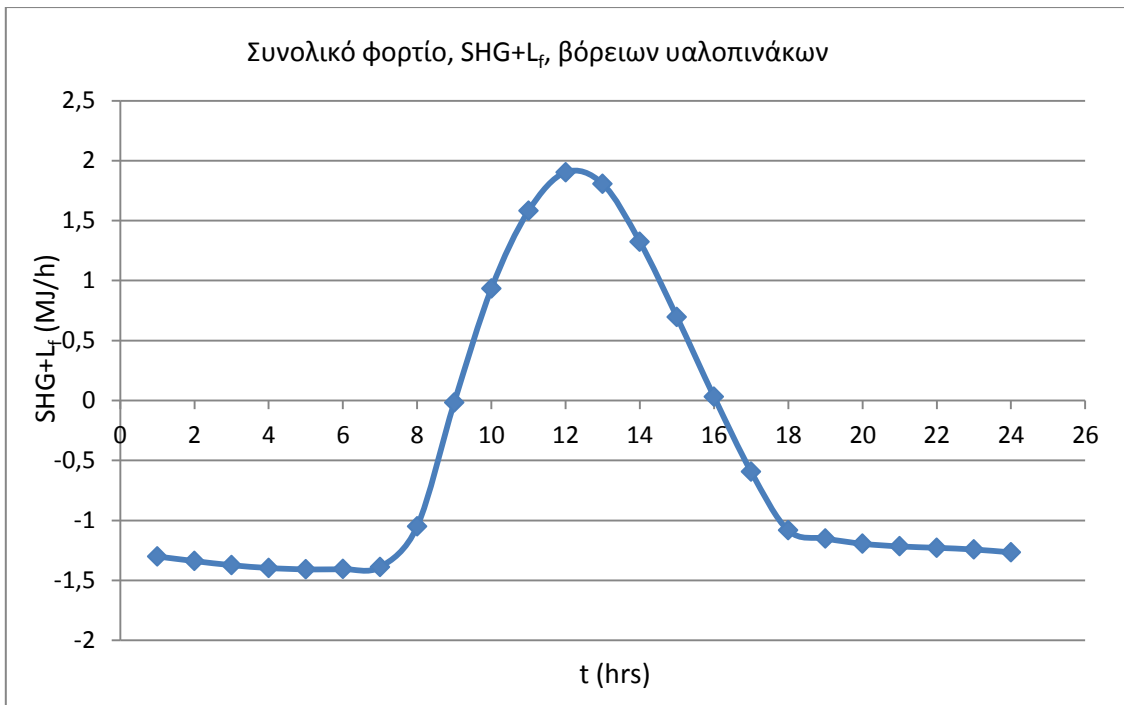
Time t (hrs)	Νότος	Δύση	Βορράς	Ανατολή
	SHG+L _f (MJ/h)	SHG+L _f (MJ/h)	SHG+L _f (MJ/h)	SHG+L _f (MJ/h)
1:00	-1,300468	-1,300468	-1,300468	-1,300468
2:00	-1,338795	-1,338795	-1,338795	-1,338795
3:00	-1,372888	-1,372888	-1,372888	-1,372888
4:00	-1,396650	-1,396650	-1,396650	-1,396650
5:00	-1,407665	-1,407665	-1,407665	-1,407665
6:00	-1,405629	-1,405629	-1,405629	-1,405629
7:00	-1,389375	-1,389375	-1,389375	-1,389375
8:00	-1,050342	-1,050342	-1,050342	-1,050342
9:00	1,142624	-0,016237	-0,016237	1,115111
10:00	3,896960	0,933097	0,933097	2,735621
11:00	5,955914	1,580568	1,580568	2,862101
12:00	7,385985	1,903335	1,903335	1,903335
13:00	7,850431	3,576442	1,806052	1,806052
14:00	7,817761	5,273132	1,323593	1,323593
15:00	6,610881	6,470458	0,696043	0,696043
16:00	4,423325	6,404749	0,031166	0,031166
17:00	-0,593943	-0,593943	-0,593943	-0,593943
18:00	-1,082963	-1,082963	-1,082963	-1,082963
19:00	-1,150482	-1,150482	-1,150482	-1,150482
20:00	-1,194267	-1,194267	-1,194267	-1,194267
21:00	-1,216527	-1,216527	-1,216527	-1,216527
22:00	-1,228227	-1,228227	-1,228227	-1,228227
23:00	-1,242122	-1,242122	-1,242122	-1,242122
24:00	-1,266164	-1,266164	-1,266164	-1,266164



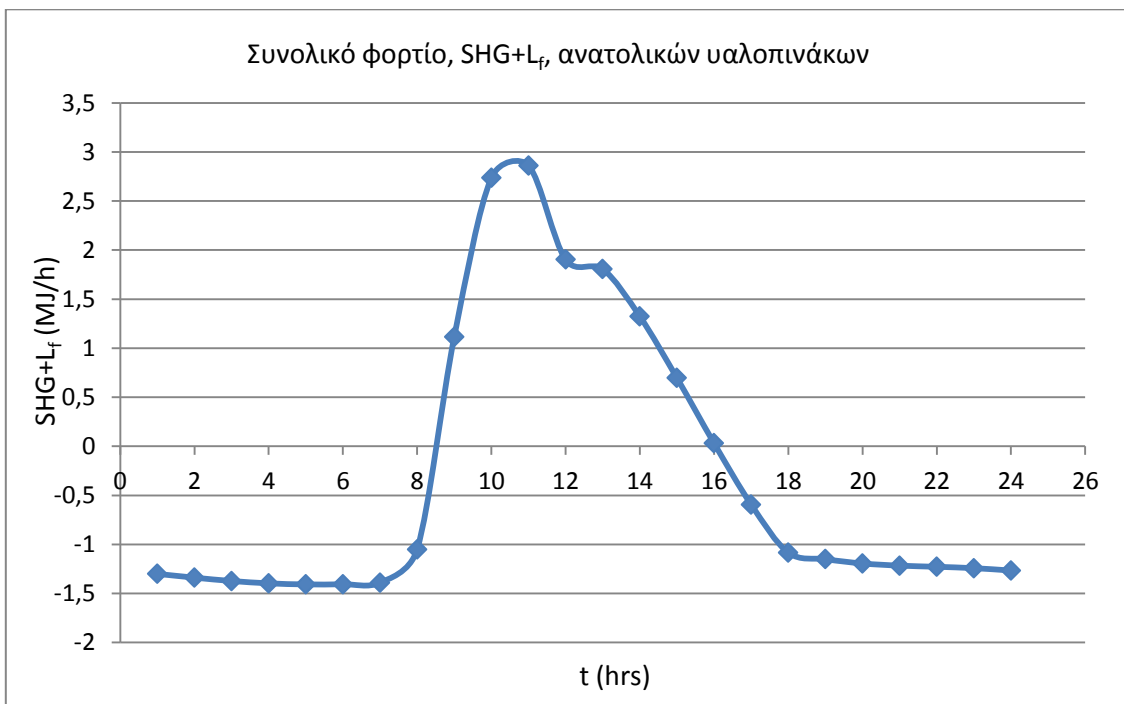
Σχήμα 14.4.1: Συνολικό φορτίο , SHG+L_f (MJ/h), νότιων υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.4.2: Συνολικό φορτίο , SHG+L_f (MJ/h), δυτικών υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.4.3: Συνολικό φορτίο , SHG+L_f (MJ/h), βόρειων υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.4.4: Συνολικό φορτίο , SHG+L_f (MJ/h), ανατολικών υαλοπινάκων για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

Τόσο από τον πίνακα όσο και από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό προκύπτει για κάποιες ώρες της ημέρας θετικό και για κάποιες αρνητικό. Κατά τις πρώτες πρωινές ώρες, τις βραδινές και τις νυχτερινές ώρες όπου δεν υφίσταται ηλιακό θερμικό κέρδος υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο διαμέσου αυτών ισούται με το αρνητικό φορτίο διάγωγής αυτών και συνεπώς προκύπτει αρνητικό. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου υφίσταται ηλιακό θερμικό κέρδος από τους υαλοπίνακες, το συνολικό φορτίο διαμέσου αυτών προκύπτει για κάποιες ώρες θετικό και για κάποιες αρνητικό. Ωστόσο, όπως παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα, για τις περισσότερες ώρες της ημέρας για τις οποίες υφίσταται ηλιακό θερμικό κέρδος, αναλόγως του προσανατολισμού των υαλοπινάκων το συνολικό φορτίο διαμέσου αυτών προκύπτει θετικό

Στα παραπάνω διαγράμματα οι καμπύλες του συνολικού φορτίου συναρτήσει των ωρών για υαλοπίνακες κάθε προσανατολισμού παρουσιάζουν μεταβολή κατά τις ώρες που ξεκινά και που παύει να υφίσταται ηλιακό θερμικό κέρδος, SHG, από τους υαλοπίνακες. Επιπλέον, οι καμπύλες του συνολικού φορτίου συναρτήσει των ωρών για υαλοπίνακες νότιου και βόρειου προσανατολισμού είναι ομαλές, ενώ οι καμπύλες για δυτικούς και ανατολικούς υαλοπίνακες παρουσιάζουν μια απότομη μεταβολή γύρω από την ώρα 12:00, όπως παρατηρήθηκε και στα αντίστοιχα διαγράμματα του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων συναρτήσει των ωρών, και αιτιολογήθηκε ήδη στην ενότητα 14.2.

Ακόμη, συγκρίνοντας τους πίνακες 14.2.1 και 14.4.1 παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή του συνολικού φορτίου διαμέσου των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό προκύπτει την ίδια ώρα κατά την οποία παρατηρείται και η μέγιστη τιμή του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων με αντίστοιχο προσανατολισμό.

Υπολογίζουμε, τέλος, το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό. Προκύπτει, λοιπόν, ότι το ημερήσιο συνολικό φορτίο μέσω νότιων και δυτικών υαλοπινάκων είναι θετικό και συνεπώς αποτελεί κέρδος για το κέλυφος, ενώ ισούται με 25,447MJ/day και 6,489MJ/day αντίστοιχα. Αντιθέτως, το ημερήσιο συνολικό φορτίο μέσω βόρειων και ανατολικών υαλοπινάκων είναι αρνητικό και συνεπώς αποτελεί απώλεια για το κέλυφος, ενώ ισούται με 11,379MJ/day και 7,163MJ/day αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα αυτά συμπεραίνουμε όπως αναμενόταν ότι οι νότιοι υαλοπίνακες παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κέρδος σε σχέση με τους υαλοπίνακες των άλλων τριών προσανατολισμών. Θετικά συνεισφέρουν και οι δυτικοί υαλοπίνακες σε αρκετά όμως μικρότερο βαθμό σε σχέση με τους νότιους. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι υαλοπίνακες βόρειου προσανατολισμού παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες και συνεπώς κρίνονται ασύμφωροι ενεργειακά. Τέλος, οι ανατολικοί υαλοπίνακες παρουσιάζουν επίσης απώλειες σε μικρότερο όμως βαθμό σε σχέση με τους βόρειους.

14.5 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των τοίχων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$q_w = U_w \cdot A_w \cdot (T_e - T_i) \cdot 3600 \quad \left[\frac{J}{h} \right] \quad (14.5.1)$$

όπου

$U_w \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου

$A_w \left[m^2 \right]$ το εμβαδό του τοίχου

$T_e - T_i \left[K \right]$ η διαφορά μεταξύ της ισοδύναμης θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα για κατακόρυφες επιφάνειες και της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος

Η παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το 3600 s/h προκειμένου το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των τοίχων να εκφραστεί σε μονάδες J/h.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στην ενότητα 14.2, οι τέσσερις πλευρές του κτιρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα και κάθε μία καταλαμβάνει επιφάνεια $30m^2$. Επιπλέον, κάθε μία από τις τέσσερις προσανατολισμένες πλευρές του κτιρίου αποτελείται από ποσοστό $P_f=25\%$ από υαλοπίνακες. Όπως υπολογίστηκε το εμβαδό των υαλοπινάκων για κάθε πλευρά του κτιρίου ισούται με $A_f=7,5m^2$. Συνεπώς, η επιφάνεια του τοίχου σε κάθε πλευρά του κτιρίου ισούται με $A_w=30m^2$ - $A_f=22,5m^2$.

14.5.1 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_w , των τοίχων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός τοίχου η στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$\frac{1}{U_w} = \frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{k_j} + \frac{1}{h_o} \quad \left[m^2 K / W \right] \quad (14.5.1.1)$$

όπου

$U_w \left[W / (m^2 K) \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου

$n \left[- \right]$ το πλήθος των στρώσεων του τοίχου

$w_j \left[m \right]$ το πάχος της κάθε στρώσης του τοίχου

$k_j \left[W / mK \right]$ η ειδική θερμική αγωγιμότητα του υλικού της κάθε στρώσης του τοίχου

$h_i \left[W / (m^2 K) \right]$ ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής

$h_o \left[W / (m^2 K) \right]$ ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής

Οι έννοιες γενικότερα του συντελεστή θερμοπερατότητας και των επιμέρους μεγεθών που τον ορίζουν έχουν παρουσιασθεί και ορισθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.

Οι εξωτερικοί τοίχοι του κτιρίου αναφοράς πρόκειται για δικέλυφες τοιχοποιίες με θερμομόνωση πυρήνα. Ξεκινώντας από την εξωτερική πλευρά των τοίχων που βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και προχωρώντας προς την εσωτερική τους πλευρά, παρουσιάζονται τα διαδοχικά στρώματα, που συνθέτουν τους τοίχους, με τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία δηλαδή το πάχος w_i (m) του κάθε στρώματος και την ειδική θερμική αγωγιμότητα k_i (W/mK) του υλικού του κάθε στρώματος:

- εξωτερικό επίχρισμα πάχους 0,02m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1,2W/mK
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0,09m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0,72W/mK
- μόνωση πάχους 0,04m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0,038W/mK
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0,09m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0,72W/mK
- εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0,02m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1,2W/mK

Ο εξωτερικός h_o και εσωτερικός h_i συντελεστής συναγωγής ισούνται αντίστοιχα με 16W/m²K και 8W/m²K.

Συνεπώς, καθώς οι εξωτερικοί τοίχοι του κτιρίου αναφοράς αποτελούνται από πέντε στρώματα δομικών υλικών η σχέση (14.5.1.1) που ορίζει τον συντελεστή θερμοπερατότητας U_w (W/m²K) των τοίχων μπορεί να γραφεί στην παρακάτω μορφή:

$$\frac{1}{U_w} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{1}{h_o} \quad \left[m^2 K / W \right]$$

(14.5.1.2)

Έχοντας, λοιπόν, καθορίσει τις τιμές των απαραίτητων μεγεθών, υπολογίζουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας U_w (W/m²K) των τοίχων, ο οποίος προκύπτει ίσος με $U_w = 0,656$ W/m²K.

14.5.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος $T_e - T_i$ για κατακόρυφες επιφάνειες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος T_i για το κτίριο αναφοράς πάνω στο οποίο γίνεται η μελέτη μας έχει θεωρηθεί για την 21^η Ιανουαρίου ίση με 22°C ενώ διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ισχύει, λοιπόν, $T_i = 22^\circ\text{C} = 295\text{K}$.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας T_e (K) για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για κατακόρυφες επιφάνειες στην περιοχή της Αθήνας και οι οποίες ορίζονται για κάθε προσανατολισμό. Οι τιμές της ισοδύναμης αυτής θερμοκρασίας T_e (K) ελήφθησαν από πίνακες και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 14.5.2.1.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η θερμοκρασία ηλίου-αέρος ή ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα T_e ορίζεται ως η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα η οποία σε απουσία όλων των θερμικών συναλλαγών δι' ακτινοβολίας, δίδει σε μια επιφάνεια την ίδια εισερχόμενη θερμορορή με αυτήν που προκύπτει με τον πραγματικό συνδυασμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με την συναλλαγή θερμότητας δι' ακτινοβολίας με τον ουρανό και τα πέριξ και με την συναλλαγή δια συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα.

Πίνακας 14.5.2.1: Τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας Αθηνών T_e (K) κατά την 21^η Ιανουαρίου για κατακόρυφες επιφάνειες κελύφους ανοικτού χρώματος για κάθε ώρα της ημέρας και για κάθε προσανατολισμό

Time t (hrs)	Ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα T_e (K)			
	Νότος	Δύση	Βορράς	Ανατολή
1:00	281,3	281,3	281,3	281,3
2:00	281,1	281,1	281,1	281,1
3:00	280,7	280,7	280,7	280,7
4:00	280,3	280,3	280,3	280,3
5:00	280	280	280	280
6:00	279,9	279,9	279,9	279,9
7:00	280,1	280,1	280,1	280,1
8:00	289	281,5	281,5	292,5
9:00	296,3	283	283	296
10:00	301,2	284,5	284,5	294,7
11:00	304,5	285,8	285,8	291,3
12:00	306,2	286,9	286,9	286,9
13:00	306,2	293	287,5	287,5
14:00	304,3	297,8	287,6	287,6
15:00	300,4	300,1	287,2	287,2
16:00	293,6	297	286,1	286,1
17:00	284,5	284,5	284,5	284,5
18:00	283,8	283,8	283,8	283,8
19:00	283,1	283,1	283,1	283,1
20:00	282,5	282,5	282,5	282,5
21:00	282	282	282	282
22:00	281,8	281,8	281,8	281,8
23:00	281,6	281,6	281,6	281,6
24:00	281,5	281,5	281,5	281,5

Από τον παραπάνω πίνακα, όπως αναμενόταν και βάσει του ορισμού της ισοδύναμης θερμοκρασίας παρατηρούμε ότι για τις ώρες της ημέρας που δεν προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία στις τέσσερις κατακόρυφες επιφάνειες οι οποίες είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα, δηλαδή για τις πρώτες πρωινές, τις απογευματινές και τις νυχτερινές ώρες της ημέρας, οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας T_e εξωτερικού περιβάλλοντος προκύπτουν ίσες για τους τέσσερις προσανατολισμούς και για τις ίδιες ώρες, δηλαδή η θερμοκρασία T_e προκύπτει ανεξάρτητη προσανατολισμού.

Ακόμη, παρατηρούμε ότι για τις περισσότερες ώρες που προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία στις επιφάνειες οι υψηλότερες τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας T_e εξωτερικού περιβάλλοντος παρατηρούνται για τις κατακόρυφες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό. Αντιθέτως, η ισοδύναμη θερμοκρασία που ορίζεται για επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό παρουσιάζει συνολικά μικρότερες τιμές για τις ώρες που προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες. Αυτό οφείλεται στο ότι κατακόρυφες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό δέχονται την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία, ενώ οι βόρειες τη μικρότερη. Η ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος για νότιες κατακόρυφες επιφάνειες παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της κατά τις μεσημεριανές ώρες, ενώ για επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της κατά τις μεσημεριανές (πρώτες απογευματινές ώρες). Επιπλέον, όσον αφορά τις ανατολικές κατακόρυφες επιφάνειες παρατηρούμε ότι η ισοδύναμη θερμοκρασία παίρνει υψηλότερες τιμές κατά τις πρωινές ώρες, ενώ για κατακόρυφες δυτικές επιφάνειες η ισοδύναμη θερμοκρασία παίρνει υψηλότερες τιμές κατά τις πρώτες απογευματινές ώρες.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της ισοδύναμης θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος $T_e - T_i$ για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου για κατακόρυφες επιφάνειες κελύφους ανοικτού χρώματος και για κάθε προσανατολισμό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 14.5.2.2: Τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας $T_e - T_i$ (K) μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου για κατακόρυφες επιφάνειες κελύφους ανοικτού χρώματος για κάθε ώρα της ημέρας και για κάθε προσανατολισμό

Time t (hrs)	$T_e - T_i$ (K)			
	Νότος	Δύση	Βορράς	Ανατολή
1:00	-13,7	-13,7	-13,7	-13,7
2:00	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9
3:00	-14,3	-14,3	-14,3	-14,3
4:00	-14,7	-14,7	-14,7	-14,7
5:00	-15	-15	-15	-15
6:00	-15,1	-15,1	-15,1	-15,1
7:00	-14,9	-14,9	-14,9	-14,9
8:00	-6	-13,5	-13,5	-2,5
9:00	1,3	-12	-12	1
10:00	6,2	-10,5	-10,5	-0,3
11:00	9,5	-9,2	-9,2	-3,7
12:00	11,2	-8,1	-8,1	-8,1
13:00	11,2	-2	-7,5	-7,5
14:00	9,3	2,8	-7,4	-7,4
15:00	5,4	5,1	-7,8	-7,8
16:00	-1,4	2	-8,9	-8,9
17:00	-10,5	-10,5	-10,5	-10,5
18:00	-11,2	-11,2	-11,2	-11,2
19:00	-11,9	-11,9	-11,9	-11,9
20:00	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5
21:00	-13	-13	-13	-13
22:00	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2
23:00	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4
24:00	-13,5	-13,5	-13,5	-13,5

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η διαφορά θερμοκρασίας T_e-T_i μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος προκύπτει τις περισσότερες ώρες της ημέρας αρνητική για κάθε προσανατολισμό. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι κατά τις ώρες αυτές η ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος T_e είναι μικρότερη της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος T_i . Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της ημέρας που προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία στις κατακόρυφες επιφάνειες, η διαφορά αυτή, για κάποιες επιφάνειες, παίρνει και θετικές τιμές για κάποιες ώρες αναλόγως του προσανατολισμού της επιφάνειας. Αυτό προφανώς οφείλεται στο ότι η ισοδύναμη θερμοκρασία T_e για τις ώρες αυτές παρουσιάζει υψηλές τιμές και προκύπτει μεγαλύτερη τις εσωτερικής θερμοκρασίας.

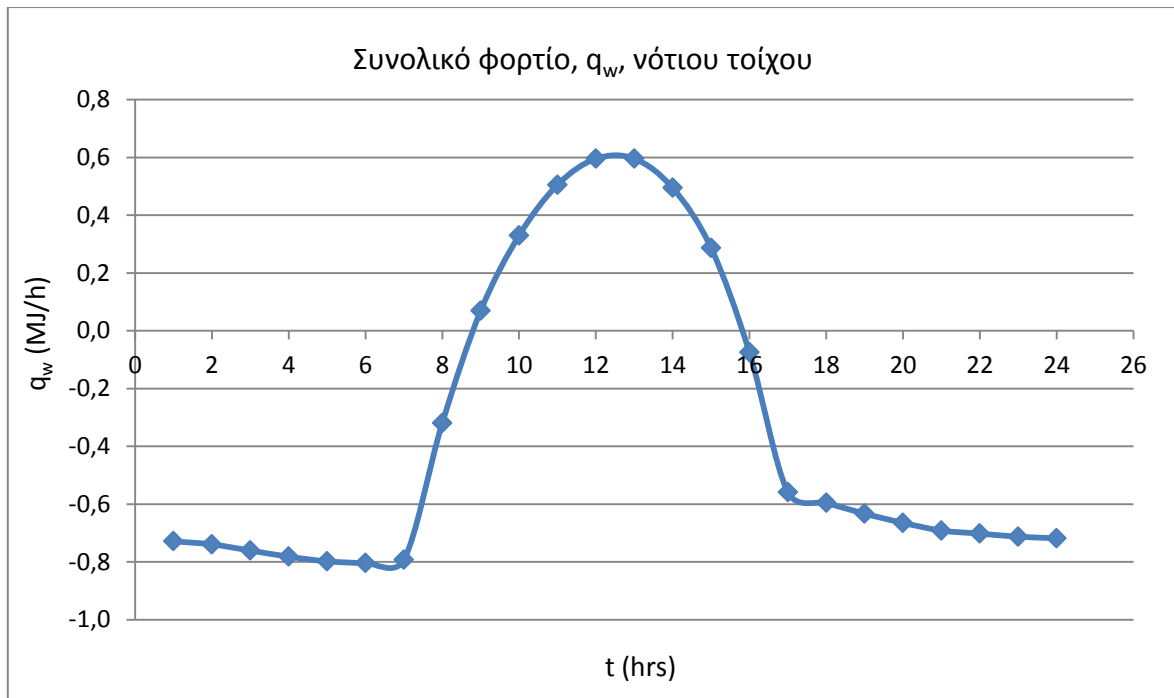
Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότερες θετικές τιμές της διαφοράς T_e-T_i προκύπτουν όπως ήταν αναμενόμενο για τις κατακόρυφες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό και παρατηρούνται κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες. Λιγότερες θετικές τιμές της διαφοράς T_e-T_i παρατηρούνται για τις κατακόρυφες επιφάνειες με δυτικό προσανατολισμό οι οποίες προκύπτουν κατά τις μεσημεριανές και πρώτες απογευματινές ώρες. Ακόμη, η διαφορά T_e-T_i για τις κατακόρυφες επιφάνειες με ανατολικό προσανατολισμό προκύπτει θετική κατά την ώρα 9:00, ενώ για τις κατακόρυφες επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό προκύπτει για όλες τις ώρες της ημέρας αρνητική καθώς η ισοδύναμη θερμοκρασία για βόρειες επιφάνειες παρουσιάζει μικρές τιμές.

Παρατηρούμε ακόμη ότι για κάποιες ώρες της ημέρας η διαφορά θερμοκρασίας T_e-T_i παίρνει τις ίδιες τιμές για όλους ή για κάποιους προσανατολισμούς για τις ίδιες ώρες. Αυτό οφείλεται προφανώς στο ότι η ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος T_e για τις ώρες αυτές και για τους αντίστοιχους προσανατολισμούς προκύπτει η ίδια.

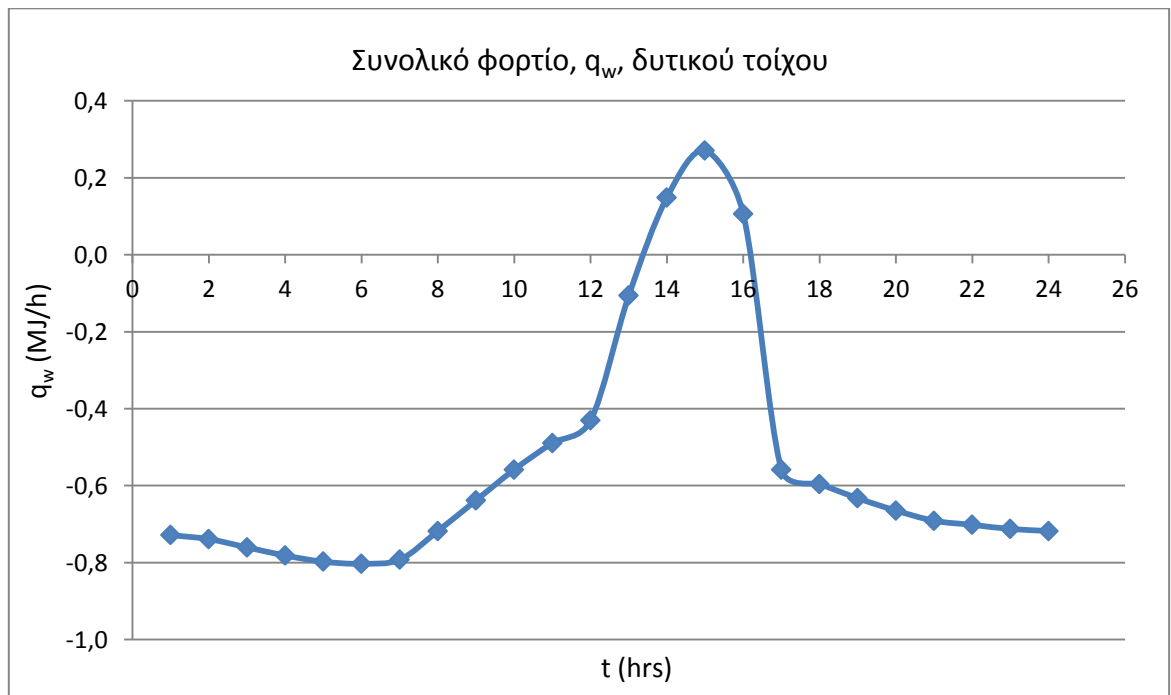
Έχοντας, λοιπόν, υπολογίσει και καθορίσει όλα τα απαιτούμενα μεγέθη μπορούμε να υπολογίσουμε βάσει της σχέσης (14.5.1) το συνολικό φορτίο q_w που διέρχεται μέσω των τοίχων για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου και για κάθε ένα προσανατολισμό. Τα φορτία αυτά υπολογίστηκαν αρχικά σε μονάδες (J/h) και στη συνέχεια έγινε η μετατροπή τους σε μονάδες (MJ/h) με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα και στη συνέχεια παρουσιάζονται και διαγραμματικά στα σχήματα που ακολουθούν.

Πίνακας 14.5.1: Συνολικό φορτίο, q_w (MJ/h), που διέρχεται μέσω των τοίχων, για κάθε προσανατολισμό και για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

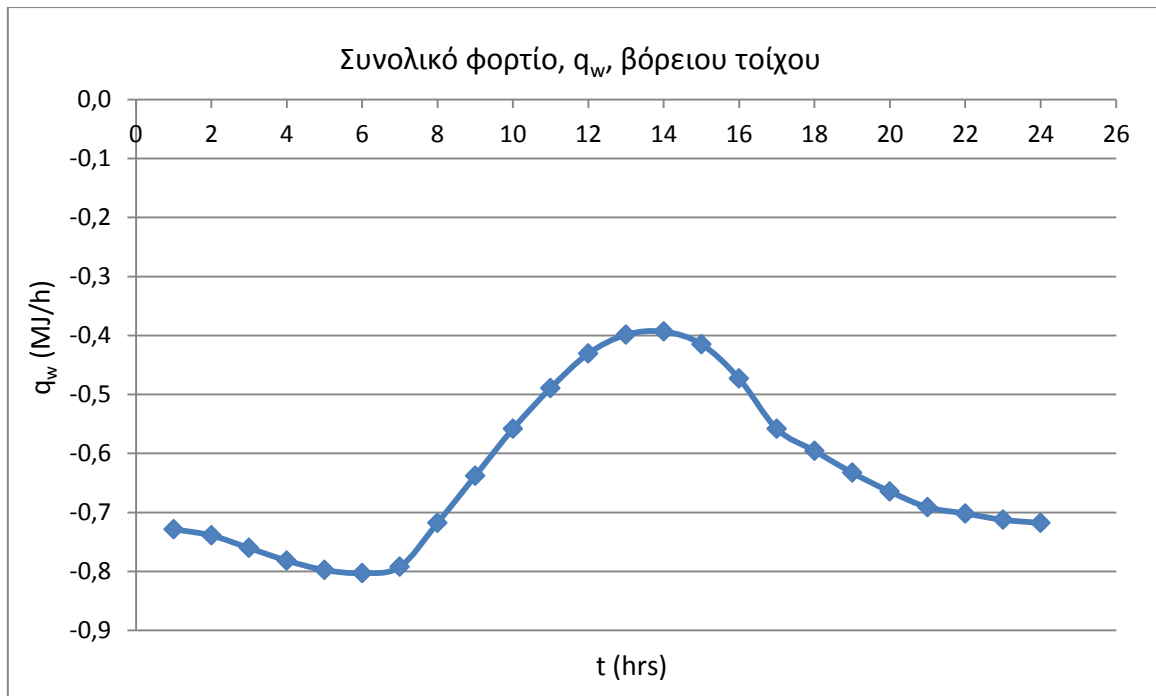
Time t (hrs)	Νότος	Δύση	Βορράς	Ανατολή
	q_w (MJ/h)	q_w (MJ/h)	q_w (MJ/h)	q_w (MJ/h)
1:00	-0,728405	-0,728405	-0,728405	-0,728405
2:00	-0,739039	-0,739039	-0,739039	-0,739039
3:00	-0,760306	-0,760306	-0,760306	-0,760306
4:00	-0,781574	-0,781574	-0,781574	-0,781574
5:00	-0,797524	-0,797524	-0,797524	-0,797524
6:00	-0,802841	-0,802841	-0,802841	-0,802841
7:00	-0,792207	-0,792207	-0,792207	-0,792207
8:00	-0,319010	-0,717772	-0,717772	-0,132921
9:00	0,069119	-0,638019	-0,638019	0,053168
10:00	0,329643	-0,558267	-0,558267	-0,015950
11:00	0,505099	-0,489148	-0,489148	-0,196723
12:00	0,595485	-0,430663	-0,430663	-0,430663
13:00	0,595485	-0,106337	-0,398762	-0,398762
14:00	0,494465	0,148871	-0,393445	-0,393445
15:00	0,287109	0,271158	-0,414713	-0,414713
16:00	-0,074436	0,106337	-0,473198	-0,473198
17:00	-0,558267	-0,558267	-0,558267	-0,558267
18:00	-0,595485	-0,595485	-0,595485	-0,595485
19:00	-0,632702	-0,632702	-0,632702	-0,632702
20:00	-0,664603	-0,664603	-0,664603	-0,664603
21:00	-0,691188	-0,691188	-0,691188	-0,691188
22:00	-0,701821	-0,701821	-0,701821	-0,701821
23:00	-0,712455	-0,712455	-0,712455	-0,712455
24:00	-0,717772	-0,717772	-0,717772	-0,717772



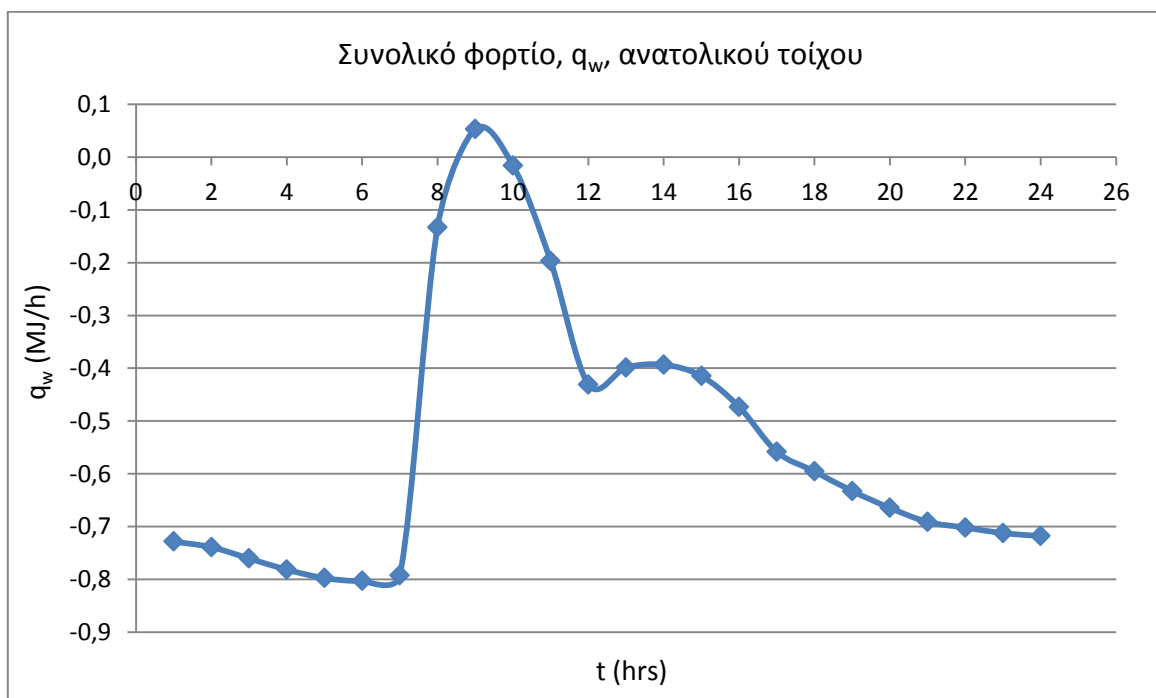
Σχήμα 14.5.1: Συνολικό φορτίο, q_w (MJ/h), νότιου τοίχου για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.5.2: Συνολικό φορτίο, q_w (MJ/h), δυτικού τοίχου για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.5.3: Συνολικό φορτίο, q_w (MJ/h), βόρειου τοίχου για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου



Σχήμα 14.5.4: Συνολικό φορτίο, q_w (MJ/h), ανατολικού τοίχου για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί ότι στα παραπάνω διαγράμματα οι μεταβολές που παρατηρούνται στις καμπύλες του συνολικού φορτίου διαμέσου των τοίχων συναρτῆσει των ωρών, για κάθε προσανατολισμό οφείλονται στις αντίστοιχες μεταβολές της διαφοράς θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_e-T_i .

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα και τα αντίστοιχα διαγράμματα βλέπουμε ότι το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των τοίχων προκύπτει για τις περισσότερες ώρες της ημέρας αρνητικό και συνεπώς αποτελεί απώλεια για το κέλυφος. Ωστόσο, για κάποιες ώρες της ημέρας και αναλόγως του προσανατολισμού

της επιφάνειας, το συνολικό φορτίο μέσω των τοίχων προκύπτει θετικό και συνεπώς για τις ώρες αυτές έχουμε κέρδος για το κέλυφος καθώς έχουμε ροή θερμότητας από το εξωτερικό προς το εσωτερικό περιβάλλον. Το είδος του φορτίου δηλαδή το αν έχουμε κέρδος ή απώλεια εξαρτάται όπως φαίνεται και από τη σχέση (14.5.1) από το αν η διαφορά θερμοκρασίας $T_e - T_i$ προκύπτει για τις αντίστοιχες ώρες θετική ή αρνητική. Κέρδος, λοιπόν, για το κέλυφος από τους τοίχους μπορεί να παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια της ημέρας όταν η θερμοκρασία T_e γίνεται μεγαλύτερη της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος αναλόγως του προσανατολισμού των επιφανειών. Πιο συγκεκριμένα, από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι κατά τις ώρες 9:00 με 15:00 έχουμε κέρδος από τους νότιους τοίχους. Για τους δυτικούς τοίχους, κατά τις ώρες 14:00 με 16:00 η θερμότητα εισέρχεται στο εσωτερικό του κελύφους. Επίσης, από τους ανατολικούς τοίχους παρατηρείται κέρδος γύρω στις 9:00. Τέλος, οι βόρειοι τοίχοι παρουσιάζουν μόνο απώλειες οι οποίες ελαχιστοποιούνται όταν οι διαφορές $T_e - T_i$ παίρνει τη μικρότερη τιμή της.

Ωστόσο, στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων πρέπει να υπολογιστεί το ημερήσιο συνολικό φορτίο διαμέσου των τοίχων, ώστε να ληφθεί υπόψη η χρονική καθυστέρηση των υλικών. Υπολογίζουμε, λοιπόν, το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου των τοίχων για κάθε προσανατολισμό, και παρατηρούμε ότι προκύπτει για κάθε τοίχο αρνητικό και συνεπώς αποτελεί απώλεια για το κέλυφος. Οι νότιοι τοίχοι παρουσιάζουν τις μικρότερες απώλειες και το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω αυτών ισούται με 8,193MJ/day. Αντίθετα, οι βόρειοι τοίχοι παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες και το ημερήσιο συνολικό φορτίο μέσω αυτών ισούται με 15,19MJ/day. Τέλος, οι απώλειες από ανατολικούς και δυτικούς τοίχους διαφέρουν ελάχιστα και το ημερήσιο συνολικό φορτίο μέσω αυτών ισούται με 13,079MJ/day και 13,09MJ/day αντίστοιχα.

14.6 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου της οροφής υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$q_{hor} = U_{hor} \cdot A_{hor} \cdot (T_e - T_i) \cdot 3600 \quad \left[\frac{J}{h} \right] \quad (14.6.1)$$

όπου

$U_{hor} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής

$A_{hor} \left[m^2 \right]$ το εμβαδό της οροφής, το οποίο σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς ισούται με $A_{hor}=100m^2$.

$T_e - T_i \left[K \right]$ η διαφορά μεταξύ της ισοδύναμης θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα για οριζόντιες επιφάνειες και της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος

Η παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το 3600 s/h προκειμένου το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου της οροφής να εκφραστεί σε μονάδες J/h.

14.6.1 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, U_{hor} , της οροφής

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μιας οροφής η στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$\frac{1}{U_{hor}} = \frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{k_j} + \frac{1}{h_o} \quad \left[m^2 K / W \right] \quad (14.6.1.1)$$

όπου

U_{hor} $[W / (m^2 K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής

n $[-]$ το πλήθος των στρώσεων της οροφής

w_j $[m]$ το πάχος της κάθε στρώσης της οροφής

k_j $[W / mK]$ η ειδική θερμική αγωγιμότητα του υλικού της κάθε στρώσης της οροφής

h_i $[W / (m^2 K)]$ ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής

h_o $[W / (m^2 K)]$ ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής

Οι έννοιες γενικότερα του συντελεστή θερμοπερατότητας και των επιμέρους μεγεθών που τον ορίζουν έχουν παρουσιασθεί και ορισθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.

Ξεκινώντας από την εσωτερική πλευρά της οροφής και προχωρώντας προς την εξωτερική της πλευρά που βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, παρουσιάζονται τα διαδοχικά στρώματα, που τη συνθέτουν, με τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία δηλαδή το πάχος w_i (m) του κάθε στρώματος και την ειδική θερμική αγωγιμότητα k_i (W/mK) του υλικού του κάθε στρώματος:

- εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0,02m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1,2W/mK
- πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 0,15m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 2,2W/mK
- μόνωση πάχους 0,04m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0,038W/mK
- λοιπά στρώματα κονιαμάτων και επιστρώσεων συνολικού πάχους 0,10m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1,2W/mK

Ο εξωτερικός h_o και εσωτερικός h_i συντελεστής συναγωγής ισούνται αντίστοιχα με 16W/m²K και 8W/m²K.

Συνεπώς, θεωρώντας ότι η οροφή του κτιρίου αναφοράς αποτελείται από τέσσερα στρώματα δομικών υλικών η σχέση (14.6.1.1) που ορίζει τον συντελεστή θερμοπερατότητας U_{hor} (W/m²K) της οροφής μπορεί να γραφεί στην παρακάτω μορφή:

$$\frac{1}{U_{hor}} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{1}{h_o} \quad [m^2 K / W] \quad (14.6.1.2)$$

Έχοντας, λοιπόν, καθορίσει τις τιμές των απαραίτητων μεγεθών, υπολογίζουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας U_{hor} (W/m²K) της οροφής, ο οποίος προκύπτει ίσος με $U_{hor} = 0,710$ W/m²K.

14.6.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος T_e - T_i για οριζόντια επιφάνεια

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος T_i για το κτίριο αναφοράς πάνω στο οποίο γίνεται η μελέτη μας έχει θεωρηθεί για την 21^η Ιανουαρίου σταθερή στους 22°C. Ισχύει, λοιπόν, $T_i = 22^\circ C = 295K$.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας T_e (K) για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου για οριζόντια επιφάνεια κελύφους ανοικτού χρώματος στην περιοχή της Αθήνας. Οι τιμές της ισοδύναμης αυτής θερμοκρασίας T_e (K) ελήφθησαν από πίνακες και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 14.6.2.1. Στον ίδιο πίνακα στην τρίτη στήλη δίνεται η σταθερή θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος T_i .

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της ισοδύναμης θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος T_e-T_i για οριζόντια επιφάνεια για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην τέταρτη στήλη του παρακάτω πίνακα.

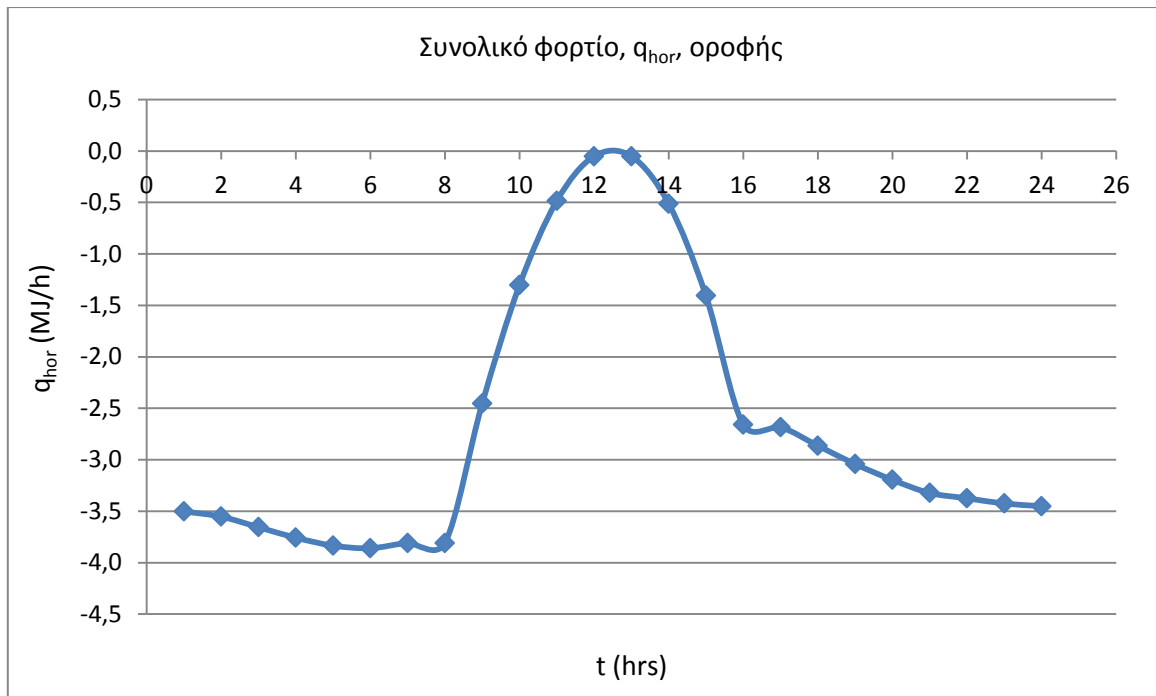
Πίνακας 14.6.2.1: Τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας Αθηνών T_e (K) κατά την 21^η Ιανουαρίου για οριζόντια επιφάνεια κελύφους ανοικτού χρώματος για κάθε ώρα της ημέρας, η σταθερή θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος T_i (K) καθώς και τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας T_e-T_i (K) μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου για οριζόντια επιφάνεια κελύφους ανοικτού χρώματος για κάθε ώρα της ημέρας.

Time t (hrs)	T_e (K) (οριζόντιας επιφάνειας)	T_i (K)	T_e-T_i (K)
1:00	281,3	295	-13,7
2:00	281,1	295	-13,9
3:00	280,7	295	-14,3
4:00	280,3	295	-14,7
5:00	280	295	-15
6:00	279,9	295	-15,1
7:00	280,1	295	-14,9
8:00	280,1	295	-14,9
9:00	285,4	295	-9,6
10:00	289,9	295	-5,1
11:00	293,1	295	-1,9
12:00	294,8	295	-0,2
13:00	294,8	295	-0,2
14:00	293	295	-2
15:00	289,5	295	-5,5
16:00	284,6	295	-10,4
17:00	284,5	295	-10,5
18:00	283,8	295	-11,2
19:00	283,1	295	-11,9
20:00	282,5	295	-12,5
21:00	282	295	-13
22:00	281,8	295	-13,2
23:00	281,6	295	-13,4
24:00	281,5	295	-13,5

Έχοντας, λοιπόν, υπολογίσει και καθορίσει όλα τα απαιτούμενα μεγέθη μπορούμε να υπολογίσουμε βάσει της σχέσης (14.6.1) το συνολικό φορτίο q_{hor} που διέρχεται μέσω της οροφής για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου. Τα φορτία αυτά υπολογίστηκαν αρχικά σε μονάδες (J/h) και στη συνέχεια έγινε η μετατροπή τους σε μονάδες (MJ/h) με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα και στη συνέχεια παρουσιάζονται και διαγραμματικά στο σχήμα 14.6.1.

Πίνακας 14.6.1: Συνολικό φορτίο, q_{hor} (MJ/h), που διέρχεται μέσω της οροφής για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	q_{hor} (MJ/h)
1:00	-3,502061
2:00	-3,553186
3:00	-3,655436
4:00	-3,757686
5:00	-3,834374
6:00	-3,859936
7:00	-3,808811
8:00	-3,808811
9:00	-2,453999
10:00	-1,303687
11:00	-0,485687
12:00	-0,051125
13:00	-0,051125
14:00	-0,511250
15:00	-1,405937
16:00	-2,658499
17:00	-2,684062
18:00	-2,862999
19:00	-3,041937
20:00	-3,195312
21:00	-3,323124
22:00	-3,374249
23:00	-3,425374
24:00	-3,450936



Σχήμα 14.6.1: Συνολικό φορτίο, q_{hor} (MJ/h), οροφής για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι το συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου της οροφής προκύπτει για όλες τις ώρες της ημέρας αρνητικό και συνεπώς αποτελεί απώλεια για το κέλυφος. Αυτό οφείλεται όπως φαίνεται και από τη σχέση (14.6.1) στη διαφορά θερμοκρασίας T_e-T_i η οποία προκύπτει για όλες τις ώρες της ημέρας αρνητική καθώς η ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος για οριζόντιες επιφάνειες είναι για κάθε ώρα μικρότερη της θερμοκρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος όπως φαίνεται και στον πίνακα 14.6.2.1.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ακόμη ότι οι ελάχιστες απώλειες εμφανίζονται κατά τις μεσημεριανές ώρες γύρω στις 12:00 με 13:00 όπου η διαφορά θερμοκρασίας T_e-T_i ελαχιστοποιείται καθώς η ισοδύναμη θερμοκρασία λαμβάνει τις υψηλότερες τιμές της. Παρατηρούμε επίσης, ότι η καμπύλη του συνολικού φορτίου που διέρχεται διαμέσου της οροφής συναρτήσει των ωρών ακολουθεί ανοδική πορεία από τις 8:00 έως και τις 12:00-13:00 ενώ στη συνέχεια παρουσιάζει καθοδική πορεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ισοδύναμη θερμοκρασία αυξάνεται από τις 8:00 έως και τις 12:00-13:00 ενώ στη συνέχεια μειώνεται.

Ωστόσο, στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων πρέπει να υπολογίζεται το συνολικό ημερήσιο φορτίο, έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η χρονική καθυστέρηση των υλικών. Υπολογίζουμε, λοιπόν, το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου της οροφής το οποίο προκύπτει αρνητικό (απώλεια για το κέλυφος) και ισούται με 64,06MJ/day. Το ημερήσιο συνολικό φορτίο της οροφής προκύπτει σημαντικά μεγαλύτερο από το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου του βόρειου τοίχου ο οποίος όπως αναφέραμε παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απώλειες από τους τοίχους των άλλων τριών προσανατολισμών, αλλά και μεγαλύτερο από το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται συνολικά και από τους τέσσερις τοίχους. Αυτό οφείλεται αφενός στη διαφορά θερμοκρασίας T_e-T_i , που υπολογίζεται για την οροφή, η οποία δεν επιτρέπει να σημειωθεί κέρδος για το κέλυφος από την οροφή για καμία ώρα της ημέρας, αφετέρου στον συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής ο οποίος προκύπτει μεγαλύτερος του συντελεστή θερμοπερατότητας των τοίχων καθώς και στη μεγάλη επιφάνεια που καταλαμβάνει η οροφή.

14.7 Ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα

Ανανέωση του αέρα ενός χώρου είναι η ηθελημένη προσαγωγή αέρος εξωτερικού περιβάλλοντος στον κλιματιζόμενο χώρο, αμέσως ή μέσω κλιματιστικής συσκευής, ενώ η διείσδυση είναι η είσοδος του εξωτερικού αέρα από τα διάκενα των θυρών και παραθύρων ή κατά το άνοιγμα των θυρών.

Για συνήθεις συνθήκες και για κανονική ατμοσφαιρική πίεση (101,325 kPa και υψόμετρο 0m), ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα γίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_i = 1,2 \cdot Q \cdot \Delta h \cdot 3600 \left[\frac{J}{h} \right] \quad (14.7.1)$$

όπου

$Q_i \left[\frac{J}{h} \right]$ το ολικό ψυκτικό φορτίο

$Q \left[\frac{L}{s} \right]$ η παροχή εξωτερικού αέρα

$\Delta h \left[\frac{kJ}{kg \text{ ξ.α.}} \right]$ η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

Η παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το 3600 s/h προκειμένου το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα να εκφραστεί σε μονάδες J/h.

Η παραπάνω σχέση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου λόγω διείσδυσης εξωτερικού αέρα καθώς επίσης και λόγω ανανέωσης, υπό τον όρο ότι ο εξωτερικός αέρας προσάγεται κατευθείαν στο χώρο.

14.7.1 Υπολογισμός της παροχής εξωτερικού αέρα

Για το κτίριο αναφοράς πάνω στο οποίο γίνεται η μελέτη μας, θεωρήθηκε ότι γίνονται 2 αλλαγές αέρα ανά ώρα. Ο όγκος του κτιρίου αναφοράς όπως έχει ήδη αναφερθεί ισούται με $V=300m^3$. Επομένως, υπολογίζουμε ότι η παροχή Q (L/s) εξωτερικού αέρα είναι :

$$Q = 2 \cdot V = 2 \frac{\alpha\lambda\lambda\alpha\gamma\acute{\epsilon}\varsigma}{h} \cdot 300m^3 = 600 \frac{m^3}{h} = \frac{600m^3 \cdot 1000 \frac{L}{m^3}}{1h \cdot 3600 \frac{s}{h}} = 166,667 \frac{L}{s} \Rightarrow \quad (14.7.1.1)$$

$$\Rightarrow Q = 166,667 \frac{L}{s}$$

14.7.2 Υπολογισμός της διαφοράς ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

Για να υπολογίσουμε τη διαφορά ενθαλπίας Δh (kJ/kg ξ.α.) απαιτείται ο υπολογισμός αρχικά τόσο της ενθαλπίας του εισερχόμενου αέρα όσο και της ενθαλπίας του εξερχόμενου αέρα. Οι ενθαλπίες αυτές θα υπολογιστούν από τον ψυχομετρικό χάρτη με δεδομένα την θερμοκρασία ξηρής σφαίρας T_{db} ($^{\circ}\text{C}$) και την σχετική υγρασία ϕ (%).

Όσον αφορά το εσωτερικό περιβάλλον, σύμφωνα με τον ψυχομετρικό χάρτη για θερμοκρασία ξηρής σφαίρας $T_{db} = 22^{\circ}\text{C}$ (η σταθερή θερμοκρασία του εσωτερικού περιβάλλοντος) και για σχετική υγρασία $\phi = 50\%$ βρίσκεται η ενθαλπία $h_{in} = 43,023$ kJ/kg ξ.α.

Όσον αφορά το εξωτερικό περιβάλλον προκειμένου να βρούμε από τον ψυχομετρικό χάρτη τις τιμές της ενθαλπίας εξωτερικού περιβάλλοντος h_{out} (kJ/kg ξ.α.) για κάθε ώρα της ημέρας, θα πρέπει αρχικά να γνωρίζουμε την θερμοκρασία ξηρής σφαίρας T_{db} ($^{\circ}\text{C}$) εξωτερικού περιβάλλοντος καθώς και την σχετική υγρασία ϕ_o (%) του εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε ώρα της ημέρας.

Στην ενότητα 14.3.1 βάσει της σχέσης (14.3.1.1) έχει ήδη γίνει υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας T_o ($^{\circ}\text{C}$) η οποία θεωρήθηκε ότι συμπίπτει με τη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι τιμές της θερμοκρασίας T_o ($^{\circ}\text{C}$) έχουν υπολογισθεί και έχουν παρουσιασθεί στον πίνακα 14.3.1.2 για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου, ενώ δίνονται ξανά στον παρακάτω πίνακα για λόγους πληρότητας.

Για τον προσδιορισμό της σχετικής υγρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος ϕ_o (%) χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της μέσης σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος στην περιοχή των Αθηνών η οποία υπολογίζεται για την παρακάτω σχέση:

$$\phi_o(H) = m + \sum_{i=1}^2 c_i \cos \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] + \sum_{i=1}^2 s_i \sin \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] \quad [\%] \quad (14.7.2.1)$$

όπου

- H είναι η ώρα της ημέρας, $H = 1 \div 24$
- m , c_i , και s_i είναι οι συντελεστές που δίνονται στον πίνακα 14.7.2.1 για την 21^η Ιανουαρίου

Πίνακας 14.7.2.1: Τιμές των συντελεστών της συνάρτησης (14.7.2.1)

DAY	m	c1	c2	s1	s2
21 ^η Ιανουαρίου	70,132	8,1020	-2,7170	3,8240	-4,1640

Βάσει, λοιπόν, της σχέσης (14.7.2.1) και του παραπάνω πίνακα υπολογίζεται η σχετική υγρασία εξωτερικού περιβάλλοντος ϕ_o (%) για κάθε ώρα της ημέρας για την 21^η Ιανουαρίου. Γνωρίζοντας πλέον, τη θερμοκρασία ξηρής σφαίρας εξωτερικού περιβάλλοντος $T_{db} = T_o$ ($^{\circ}\text{C}$) καθώς και τη σχετική υγρασία ϕ_o (%) του εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε ώρα της ημέρας μπορούμε να βρούμε από τον ψυχομετρικό χάρτη την αντίστοιχη τιμή της ενθαλπίας h_{out} (kJ/kg ξ.α.) εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε ώρα της ημέρας. Τα αποτελέσματα μας για τα τρία αυτά μεγέθη δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 14.7.2.2: Τιμές της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος T_o ($^{\circ}\text{C}$) και της σχετικής υγρασίας ϕ_o (%) εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου καθώς και οι αντίστοιχες τιμές της ενθαλπίας εξωτερικού περιβάλλοντος h_{out} (kJ/kg ξ.α.)

Time t (hrs)	T_o ($^{\circ}\text{C}$)	ϕ_o (%)	h_{out} (kJ/kg ξ.α.)
1:00	8,2	74,962	20,98
2:00	7,8	74,215	20,095
3:00	7,5	74,162	19,418
4:00	7,2	74,779	19,057
5:00	7,1	75,742	18,996
6:00	7,1	76,528	19,161
7:00	7,3	76,568	19,486
8:00	7,7	75,430	19,973
9:00	8,3	72,959	20,679
10:00	9,1	69,351	21,646
11:00	10,2	65,133	22,821
12:00	11,3	61,052	24,032
13:00	12,2	57,898	25,037
14:00	12,7	56,318	25,627
15:00	12,7	56,651	25,693
16:00	12,2	58,847	25,284
17:00	11,4	62,475	24,578
18:00	10,5	66,830	23,844
19:00	9,8	71,100	23,311
20:00	9,4	74,565	23,066
21:00	9,1	76,756	23,01
22:00	9,0	77,551	22,911
23:00	8,9	77,177	22,556
24:00	8,6	76,119	21,874

Βάσει των παραπάνω, μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε τη διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα Δh (kJ/kg ξ.α.) για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 14.7.2.3: Τιμές της διαφοράς ενθαλπίας Δh (kJ/kg ξ.α.) μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	Δh (kJ/kg ξ.α.)
1:00	-22,043
2:00	-22,928
3:00	-23,605
4:00	-23,966
5:00	-24,027
6:00	-23,862
7:00	-23,537
8:00	-23,05
9:00	-22,344
10:00	-21,377
11:00	-20,202
12:00	-18,991
13:00	-17,986
14:00	-17,396
15:00	-17,33
16:00	-17,739
17:00	-18,445
18:00	-19,179
19:00	-19,712
20:00	-19,957
21:00	-20,013
22:00	-20,112
23:00	-20,467
24:00	-21,149

Έχοντας, λοιπόν, υπολογίσει όλα τα απαιτούμενα μεγέθη μπορούμε να υπολογίσουμε βάσει της σχέσης 14.7.1 το ψυκτικό φορτίο Q λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου. Οι τιμές του ψυκτικού φορτίου υπολογίστηκαν αρχικά σε μονάδες (J/h) και στη συνέχεια έγινε η μετατροπή τους σε μονάδες (MJ/h) με σκοπό την ευκολότερη παρατήρηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 14.7.1: Ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα για την 21^η Ιανουαρίου

Time t (hrs)	Q (MJ/h)
1:00	-15,870960
2:00	-16,508160
3:00	-16,995600
4:00	-17,255520
5:00	-17,299440
6:00	-17,180640
7:00	-16,946640
8:00	-16,596000
9:00	-16,087680
10:00	-15,391440
11:00	-14,545440
12:00	-13,673520
13:00	-12,949920
14:00	-12,525120
15:00	-12,477600
16:00	-12,772080
17:00	-13,280400
18:00	-13,808880
19:00	-14,192640
20:00	-14,369040
21:00	-14,409360
22:00	-14,480640
23:00	-14,736240
24:00	-15,227280

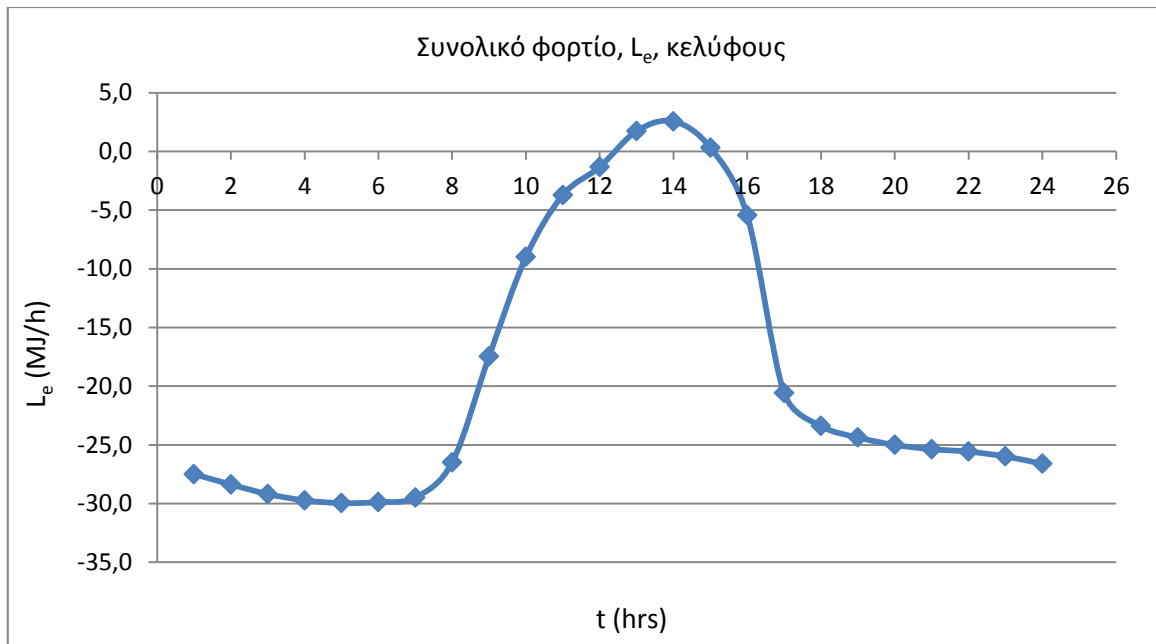
14.8 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου

Προκειμένου να κρίνουμε τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς για την 21^η Ιανουαρίου πρέπει να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο που συναλλάσσεται μεταξύ του κελύφους και του περιβάλλοντος.

Μέχρι στιγμής υπολογίσαμε για κάθε ώρα της ημέρας για το κτίριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας, το ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων, το αρνητικό φορτίο δι'αγωγής των υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων και της οροφής και το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα. Αθροίζοντας αλγεβρικά τα παραπάνω φορτία για κάθε ώρα της ημέρας, βρίσκουμε το συνολικό φορτίο, L_e (MJ/h), του κελύφους για κάθε ώρα της ημέρας κατά την 21^η Ιανουαρίου. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα και στη συνέχεια παρουσιάζονται και διαγραμματικά στο σχήμα που ακολουθεί.

Πίνακας 14.8.1: Συνολικό φορτίο κελύφους, L_e (MJ/h), για κάθε ώρα κατά την 21^η Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας

Time t (hrs)	Συνολικό φορτίο κελύφους L_e (MJ/h)
1:00	-27,488514
2:00	-28,372681
3:00	-29,183815
4:00	-29,726099
5:00	-29,954571
6:00	-29,874456
7:00	-29,481779
8:00	-26,493651
9:00	-17,470170
10:00	-8,999193
11:00	-3,721896
12:00	-1,325160
13:00	1,729557
14:00	2,558154
15:00	0,318730
16:00	-5,454668
17:00	-20,573301
18:00	-23,385669
19:00	-24,367315
20:00	-24,999831
21:00	-25,363342
22:00	-25,575080
23:00	-25,979922
24:00	-26,613958



Σχήμα 14.8.1: Συνολικό φορτίο κελύφους, L_e (MJ/h), συναρτήσεως των ωρών κατά την 21^η Ιανουαρίου για το κτίριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας

Για τα χαρακτηριστικά της μόνωσης, δηλαδή για ειδική θερμική αγωγιμότητα $k_i=0,038\text{W/m}^2\text{K}$ και για πάχος μόνωσης $w_i=0,04\text{m}$, και για τα χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων, δηλαδή για συντελεστή θερμοπερατότητας $U_i=3,5\text{W/m}^2\text{K}$ και ποσοστό υαλοπινάκων $P_i=25\%$ επί της επιφάνειας των τεσσάρων τοίχων, του κτιρίου αναφοράς που μελετάμε προκύπτει ότι το ημερήσιο συνολικό φορτίο του κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου ισούται με $-459,799\text{MJ/day}$. Συνεπώς, το κτίριο για αυτόν τον συνδυασμό των παραμέτρων καθίσταται ασύμφορο από ενεργειακής άποψης καθώς σημειώνονται μεγάλες απώλειες για την 21^η Ιανουαρίου.

Από τον παραπάνω πίνακα και διάγραμμα παρατηρούμε ότι το συνολικό φορτίο του κελύφους παίρνει θετικές τιμές κατά τις μεσημεριανές ώρες (περίπου μεταξύ τις 13:00 με 15:00), ενώ για όλες τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας προκύπτει αρνητικό, καθώς οι απώλειες μέσω των υαλοπινάκων, των τοίχων και της οροφής και οι απώλειες λόγω της διείσδυσης και ανανέωσης αέρα υπερισχύουν έναντι του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε, όπως ήδη αναφέρθηκε στην αρχή, ότι δεν είναι σωστό να βασιστούμε στις ωριαίες τιμές για την διεξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς τα αποτελέσματα αυτά απέχουν από την πραγματικότητα διότι δεν έχουμε λάβει υπόψη στους υπολογισμούς τη χρονική υστέρηση των υλικών. Ωστόσο, βασιζόμενοι στις ημερήσιες τιμές, θεωρούμε ότι το σφάλμα μας μειώνεται εφόσον αυτές υπολογίζονται για ολόκληρο το 24ωρο και καθώς κατά τη διάρκεια του 24ωρου ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό του κτιρίου.

15. Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης

15.1 Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για σταθερές τιμές των παραμέτρων k_i και U_f

Στην ενότητα αυτή θα μελετηθεί η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς κατά την 21^η Ιανουαρίου συναρτήσει των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων, μέσω διαγραμμάτων στα οποία δίνονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για το κτίριο αναφοράς το οποίο περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

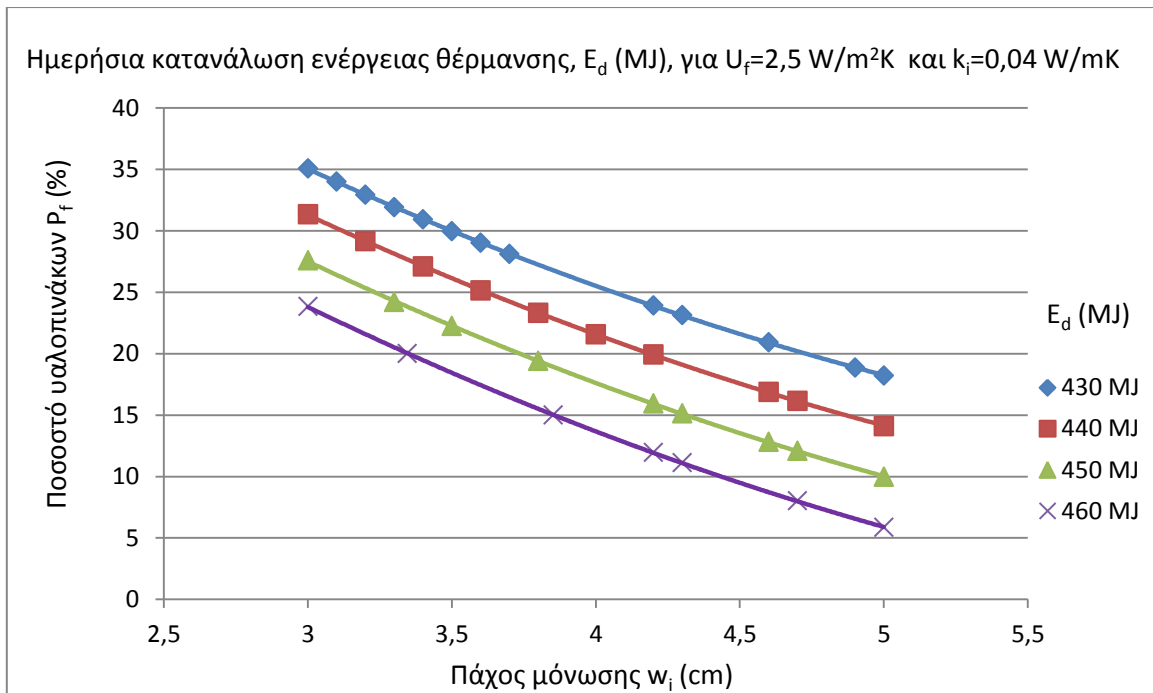
Όπως παρουσιάστηκε και στην αρχή, από τους παράγοντες που καθορίζουν την θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου, σημαντικότερες είναι η μόνωση και οι υαλοπίνακες καθώς παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και μικρότερη θερμική αντίσταση αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, τα κύρια χαρακτηριστικά των δύο αυτών δομικών στοιχείων που θα εξετάσουμε και στη συνέχεια είναι τα εξής:

- το πάχος της μόνωσης, w_i
- η ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης, k_i
- ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f
- το ποσοστό επιφάνειας των υαλοπινάκων επί του κελύφους, P_f

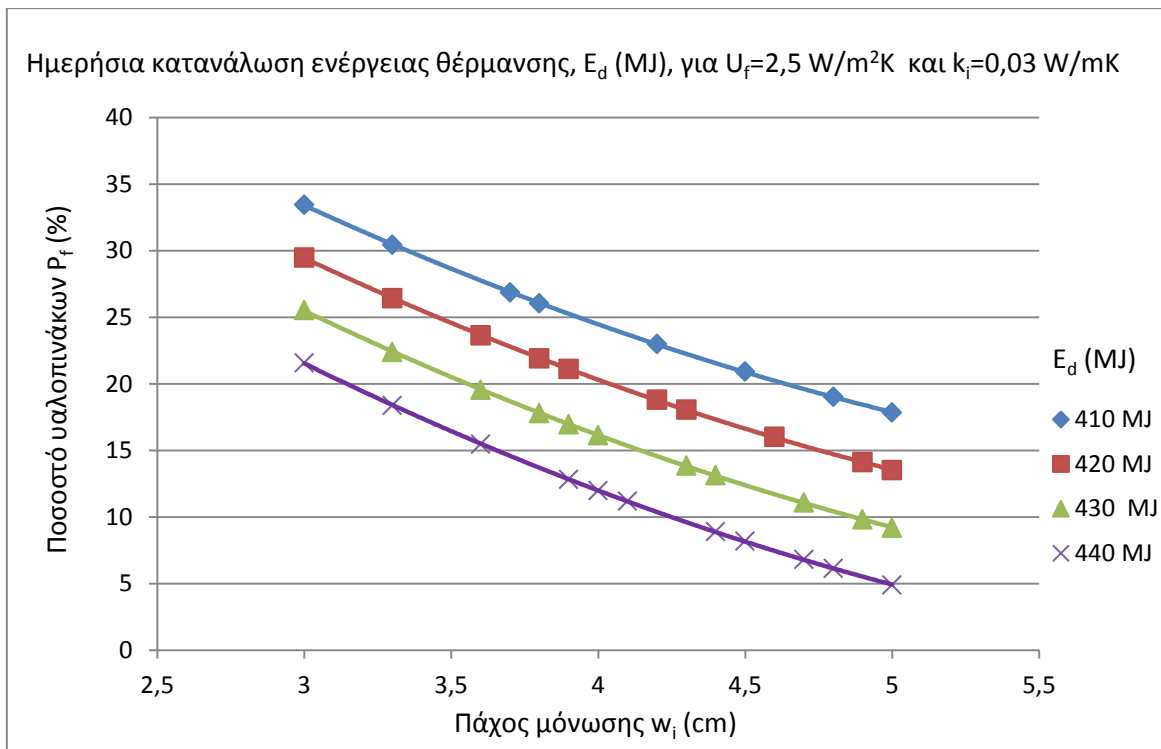
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένες ενδεικτικές καμπύλες της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης (για αποκατάσταση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας 22°C, σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης και ποσοστά επιφάνειας υαλοπινάκων αναγραφόμενα στις κλίμακες αξόνων κάθε σχήματος. Συγκεκριμένα, η μελέτη μας έγινε για πάχος μόνωσης μεταβαλλόμενο από 3 έως 5cm και για ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) μεταβαλλόμενο από 0 έως 40%. Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι σε κάθε περίπτωση η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων που προκύπτει κάθε φορά από το ποσοστό της επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) θεωρήθηκε ότι ισομοιράζεται σε κάθε μία από τις τέσσερις προσανατολισμένες επιφάνειες του κελύφους, δηλαδή η επιφάνεια των υαλοπινάκων σε μία όψη του κτιρίου ισούται με το 25% της συνολικής επιφάνειας των υαλοπινάκων. Επίσης, σε κάθε διάγραμμα διατηρούνται σταθερές οι τιμές των δύο άλλων παραμέτρων, δηλαδή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , και του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , ενώ σε κάθε διάγραμμα επιλέγεται ένας διαφορετικός συνδυασμός των δύο αυτών τιμών. Για τους συνδυασμούς των δύο αυτών σταθερών συντελεστών επιλέχθηκαν οι εξής τιμές:

- $k_i = 0,02, 0,03, 0,04 \text{ W/mK}$
- $U_f = 1,5, 2, 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

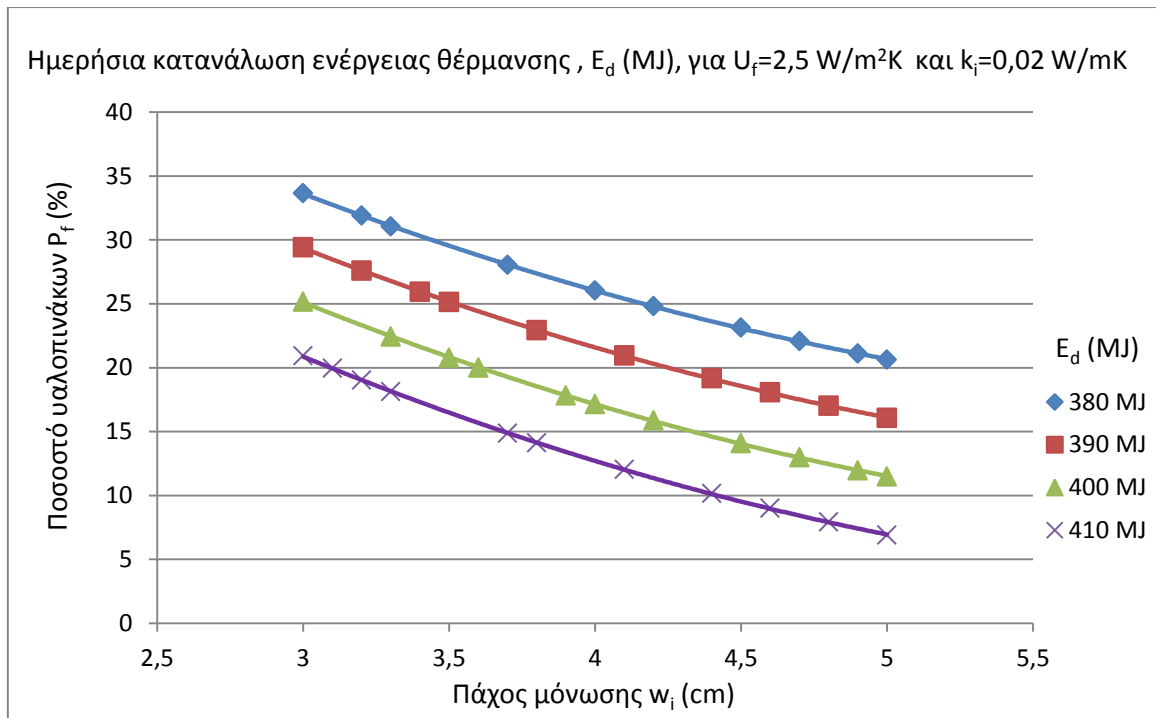
Φτιάχνουμε, λοιπόν, διαγράμματα από τα οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε τόσο την επίδραση των τεσσάρων παραμέτρων (w_i, k_i, U_f, P_f) στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς όσο και διάφορους πιθανούς συνδυασμούς των παραμέτρων αυτών οι οποίοι δίνουν την ίδια ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης, αλλά και συνδυασμούς των παραμέτρων αυτών οι οποίοι μειώνουν την ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης.



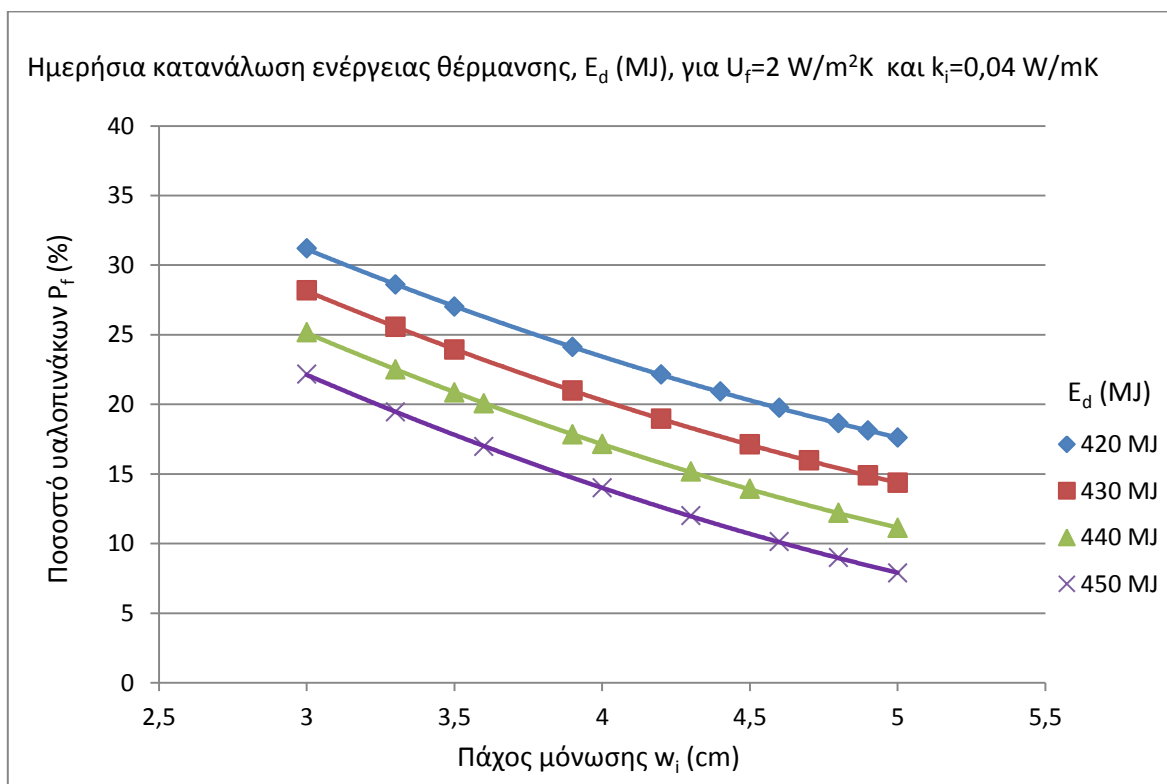
Σχήμα 15.1.1: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=2,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,04\text{W/mK}$.



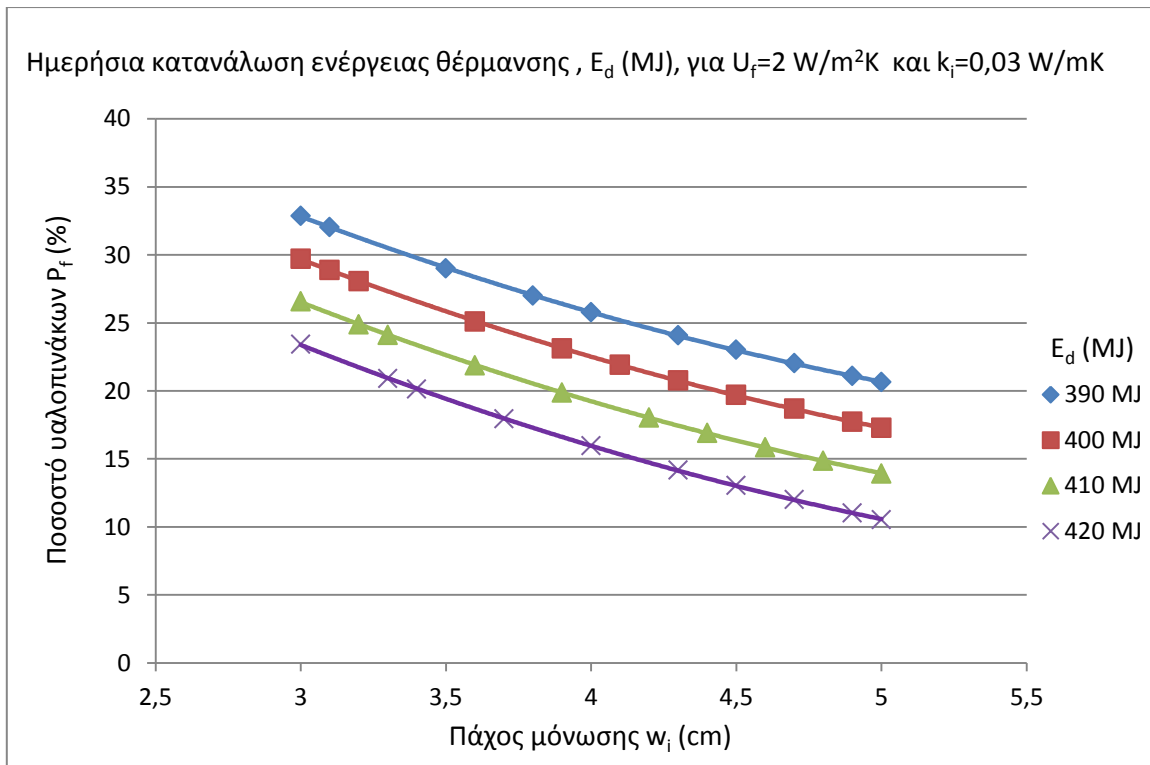
Σχήμα 15.1.2: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=2,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,03\text{W/mK}$.



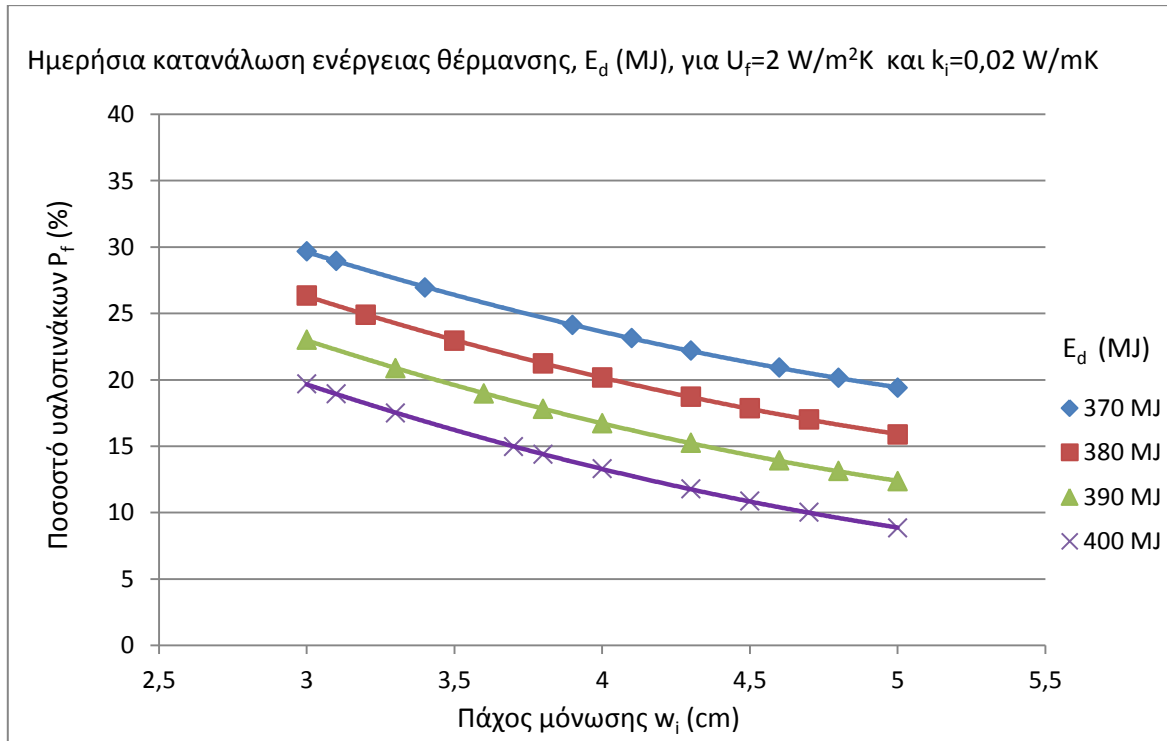
Σχήμα 15.1.3: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=2,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,02\text{W/mK}$.



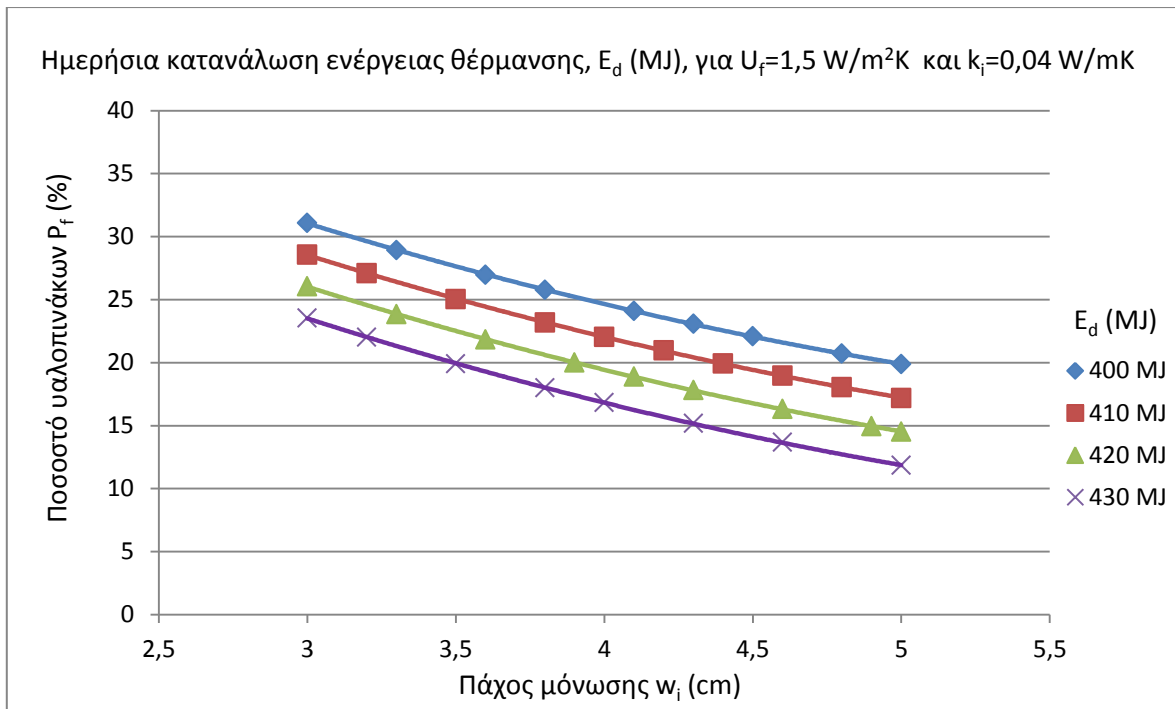
Σχήμα 15.1.4: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=2\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,04\text{W/mK}$.



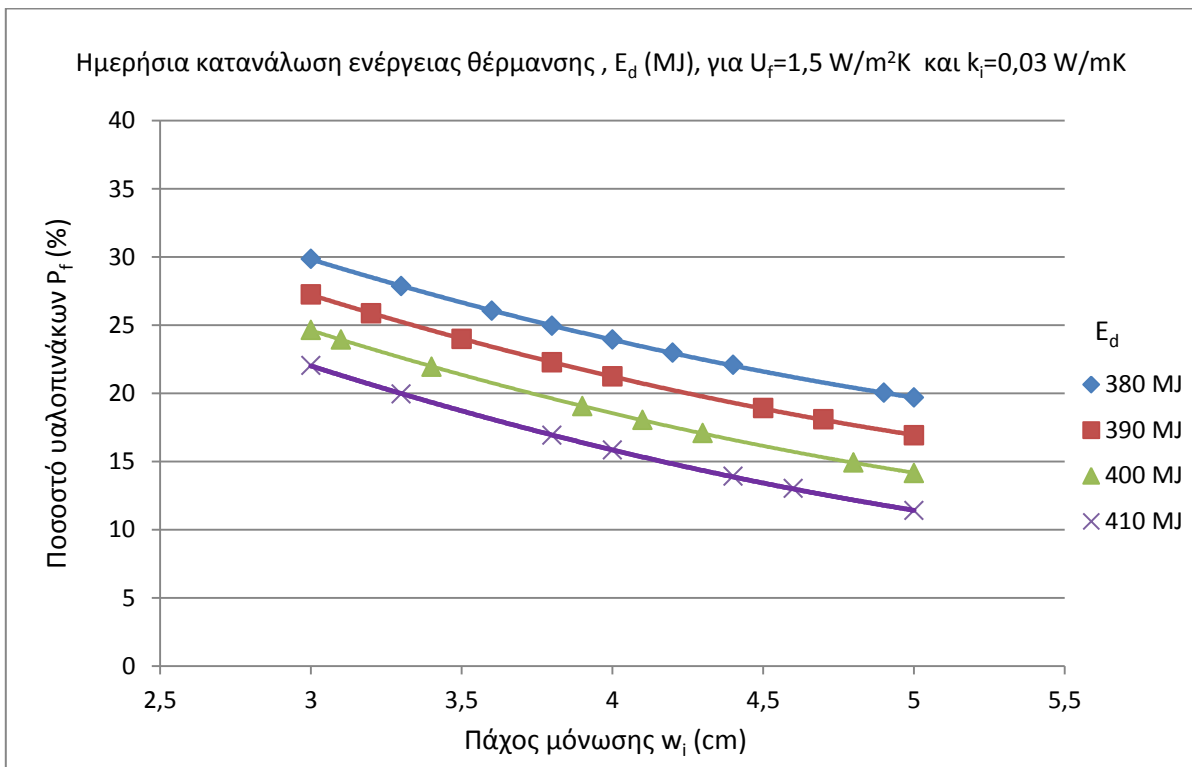
Σχήμα 15.1.5: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=2\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,03\text{W/mK}$.



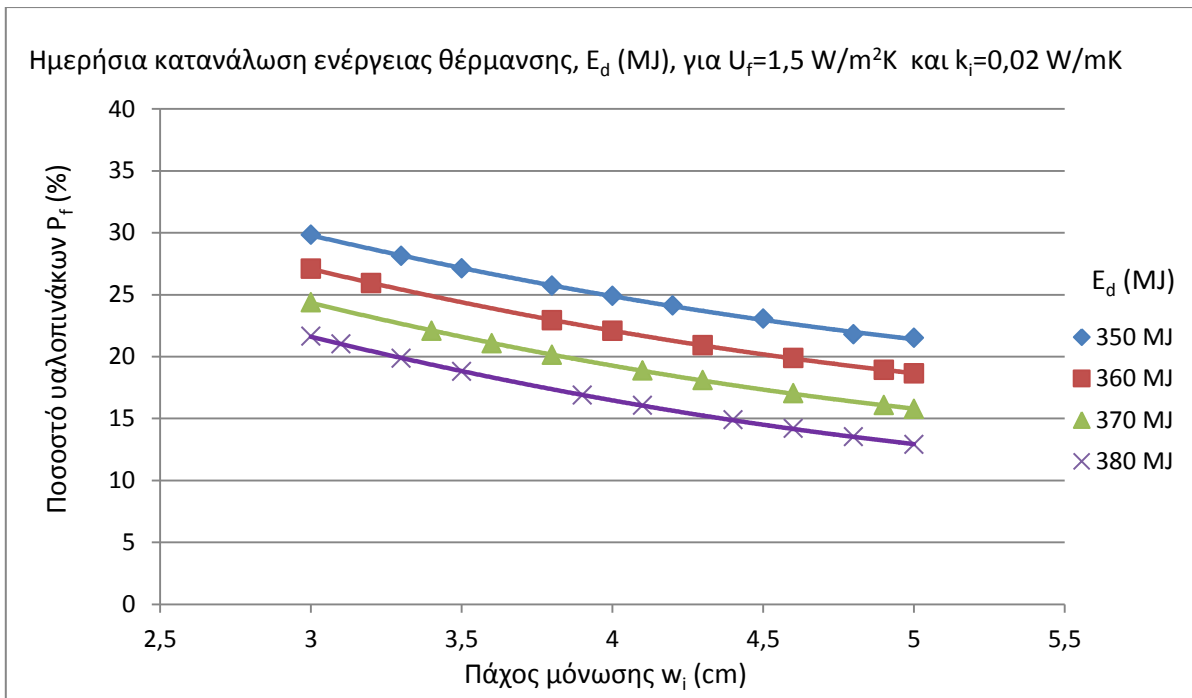
Σχήμα 15.1.6: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=2\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,02\text{W/mK}$.



Σχήμα 15.1.7: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=1,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,04\text{W/mK}$.



Σχήμα 15.1.8: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=1,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,03\text{W/mK}$.



Σχήμα 15.1.9: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=1,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,02\text{W/mK}$.

15.1.1 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Έχοντας ως δεδομένα τις τιμές των τεσσάρων παραμέτρων μπορεί να εκτιμηθεί η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης.
- Για σταθερό πάχος μόνωσης, w_i , και για αύξηση του ποσοστού της επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , παρατηρείται μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση της επιφάνειας των υαλοπινάκων συνεπάγεται την αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων. Παράλληλα, όμως, αυξάνονται και οι απώλειες δι'αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων. Ωστόσο, η αύξηση της εισερχόμενης ακτινοβολίας υπερισχύει της αύξησης των απωλειών αγωγής και συνεπώς μειώνεται η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.1.1 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για $k_i = 0,04 \text{ W/mK}$, παρατηρούμε ότι για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=4\text{cm}$ και για αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων από 13,66% σε 17,62% προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 460 MJ στα 450MJ (μειώθηκε κατά 2,17%). Μπορούμε, λοιπόν, να εκτιμήσουμε τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d , στην περίπτωση μεταβολής του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , υπό σταθερό πάχος μόνωσης, w_i .
- Για σταθερό ποσοστό των υαλοπινάκων, P_f , επί της επιφάνειας του κελύφους και για αύξηση του πάχους της μόνωσης, w_i , παρατηρείται, όπως αναμενόταν, μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αύξηση του πάχους της μόνωσης προκαλεί μείωση των απωλειών δι'αγωγής λόγω διαφοράς θερμοκρασίας διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.1.1 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για $k_i = 0,04 \text{ W/mK}$, παρατηρούμε ότι για σταθερό ποσοστό των υαλοπινάκων $P_f=25\%$ και για αύξηση του πάχους της μόνωσης από 3,23cm σε 3,62cm προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 450MJ στα 440MJ (μειώθηκε κατά 2,22%). Μπορούμε, λοιπόν, να εκτιμήσουμε τη μεταβολή της

ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d , στην περίπτωση μεταβολής του πάχους της μόνωσης, w_i , υπό σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων, P_f .

- Με την προϋπόθεση σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, για μείωση ή αύξηση του πάχους της μόνωσης, w_i , απαιτείται αύξηση ή μείωση του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , αντίστοιχα. Η μείωση, για παράδειγμα, του πάχους της μόνωσης συνεπάγεται αύξηση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής και συνεπώς αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Έτσι, για να διατηρηθεί σταθερή η ενεργειακή κατανάλωση θα πρέπει να αυξηθεί το ποσοστό των υαλοπινάκων έτσι ώστε να αυξηθεί το ηλιακό θερμικό κέρδος λόγω αυτών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.1.1 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για $k_i = 0,04 \text{ W/mK}$, παρατηρούμε ότι για πάχος μόνωσης 3,4cm και για ποσοστό των υαλοπινάκων $P_f=30,9\%$ προκύπτει ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με 430MJ, μειώνοντας το πάχος της μόνωσης κατά 0,4cm, δηλαδή από 3,4cm σε 3cm απαιτείται αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων κατά 4,1%, δηλαδή από 30,9% σε 35% ώστε να διατηρηθεί σταθερή ενέργεια $E_d=430\text{MJ}$.
- Με την προϋπόθεση σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, για αύξηση ή μείωση του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , απαιτείται μείωση ή αύξηση του πάχους της μόνωσης, w_i , αντίστοιχα. Μείωση του ποσοστού των υαλοπινάκων συνεπάγεται μείωση του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων και συνεπώς αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Έτσι, για να διατηρηθεί η ενεργειακή κατανάλωση σταθερή θα πρέπει να αυξηθεί το πάχος της μόνωσης το οποίο θα προκαλέσει μείωση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.1.1 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για $k_i = 0,04 \text{ W/mK}$, παρατηρούμε ότι για πάχος μόνωσης 3,4cm και για ποσοστό των υαλοπινάκων $P_f=30,9\%$ προκύπτει ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με 430MJ, μειώνοντας το ποσοστό των υαλοπινάκων κατά 4,1%, δηλαδή από 30,9% σε 26,8% απαιτείται αύξηση του πάχους της μόνωσης κατά 0,045cm δηλαδή από 3,4cm σε 3,85cm, ώστε να διατηρηθεί σταθερή ενέργεια $E_d=430\text{MJ}$.
- Για μια συγκεκριμένη και σταθερή τιμή του πάχους της μόνωσης, w_i , σταθερή και ίση κάθε φορά αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων, μεταξύ διαφορετικών τιμών αυτού, προκαλεί την ίδια μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Αντίστοιχα, για μια συγκεκριμένη και σταθερή τιμή του πάχους της μόνωσης, για να πετύχουμε σταθερή και ίση μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση, μεταξύ διαφορετικών τιμών αυτής, απαιτείται η ίδια κάθε φορά αύξηση στο ποσοστό των υαλοπινάκων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο το ηλιακό θερμικό κέρδος των υαλοπινάκων όσο και οι απώλειες δι'αγωγής διαμέσου αυτών αλλά και οι συνολικές απώλειες διαμέσου των τοίχων είναι ανάλογες με την επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα αντίστοιχα δομικά στοιχεία, η οποία καθορίζεται από το ποσοστό των υαλοπινάκων στο κέλυφος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.1.1 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για $k_i = 0,04 \text{ W/mK}$, παρατηρούμε ότι για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=4\text{cm}$ και για αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων κατά 3,96% δηλαδή από 13,66% σε 17,62% προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 460 MJ στα 450MJ, αντίστοιχα για αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων κατά 3,96% δηλαδή από 17,62% σε 21,58% προκύπτει και πάλι μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ, από τα 450MJ στα 440MJ.
- Για μια συγκεκριμένη και σταθερή τιμή του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , παρατηρούμε ότι για να πετύχουμε την ίδια μείωση στην ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση, μεταξύ διαφορετικών τιμών αυτής, αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης απαιτείται μεγαλύτερη αύξηση αυτού όταν πρόκειται για υψηλότερες τιμές αυτού σε σχέση με την περίπτωση που προκαλείται αύξηση του πάχους της μόνωσης μεταξύ χαμηλότερων τιμών αυτού. Εναλλακτικά αυτό σημαίνει ότι για μια συγκεκριμένη και σταθερή τιμή του ποσοστού των υαλοπινάκων, η ίδια αύξηση στο πάχος της μόνωσης μεταξύ υψηλότερων τιμών αυτού προκαλεί μικρότερη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης σε σχέση με τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που προκαλείται από την ίδια αύξηση του πάχους της μόνωσης αλλά για χαμηλότερες τιμές αυτού. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται κατά ένα μέρος στο γεγονός ότι αύξηση του πάχους της μόνωσης προκαλεί μείωση των απωλειών δι'αγωγής λόγω διαφοράς θερμοκρασίας διαμέσου των τοίχων, παράλληλα όμως προκαλεί και μείωση

της δι'αγωγής εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μέσω αυτών. Ωστόσο, η επίδραση αυτού του παράγοντα στο φαινόμενο που εξετάζουμε είναι μικρή. Κατά κύριο λόγο, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ίδια αύξηση του πάχους της μόνωσης, w_i , μεταξύ υψηλότερων τιμών αυτού σημαίνει μικρότερο ποσοστό αύξησης του w_i και συνεπώς μικρότερη μείωση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής, σε σχέση με την ίδια αύξηση του w_i μεταξύ χαμηλότερων τιμών αυτού το οποίο σημαίνει μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης του w_i και επομένως μεγαλύτερη μείωση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Σαφώς, μεγαλύτερη μείωση των απωλειών δι'αγωγής διαμέσου των στοιχείων αυτών συνεπάγεται και μεγαλύτερη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.1.1 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για $k_i = 0,04 \text{ W/mK}$, παρατηρούμε ότι για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=25\%$ αύξηση του πάχους της μόνωσης κατά 0,5cm από 3 σε 3,5cm (αυξήθηκε κατά 16,67%) προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 14MJ από 456,9MJ σε 442,9MJ (μειώθηκε κατά 3,07%), ενώ αύξηση του πάχους της μόνωσης κατά 0,5cm από 4,5 σε 5cm (αυξήθηκε κατά 11,11%) προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 8,2MJ από 421,7MJ σε 413,5MJ (μειώθηκε κατά 1,94%). Εναλλακτικά, από το ίδιο διάγραμμα, παρατηρούμε ότι για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=25\%$ για μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ από τα 450 MJ στα 440MJ απαιτείται αύξηση του πάχους της μόνωσης κατά 0,39cm δηλαδή από 3,23 σε 3,62cm ενώ για μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης και πάλι κατά 10MJ από τα 440 MJ στα 430MJ απαιτείται αύξηση του πάχους της μόνωσης κατά 0,45cm δηλαδή από 3,62 σε 4,07 cm.

- Συγκρίνοντας τα διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει για διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , και για την ίδια τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i , παρατηρούμε ότι μειώνοντας τον συντελεστή θερμοπερατότητας, U_f , των υαλοπινάκων από 2,5 σε 2 και 1,5W/m²K προκύπτει η αναμενόμενη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Για μικρότερες τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων και για σταθερές και ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων παρατηρείται μικρότερη ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με την ενεργειακή κατανάλωση που προκύπτει για μεγαλύτερες τιμές του συντελεστή U_f , το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς μειώνοντας τον συντελεστή U_f μειώνονται οι απώλειες δι'αγωγής των υαλοπινάκων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 15.1.1 και 15.1.7 παρατηρούμε ότι για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων 1,5W/m²K, ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης 0,04W/mK, ποσοστό υαλοπινάκων 26,98% και για πάχος μόνωσης 0,036m, προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 400MJ, ενώ για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων 2,5W/m²K και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 435,297MJ, δηλαδή μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων κατά 1W/m²K από 1,5W/m²K σε 2,5W/m²K προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 35,297MJ, από τα 435,297MJ στα 400MJ (μειώθηκε κατά 8,1%). Παρατηρούμε, ακόμη, ότι για μικρότερες τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων και για σταθερό πάχος μόνωσης μπορούμε να πετύχουμε την ίδια μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση με μικρότερη αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων σε σχέση με την περίπτωση όπου ο συντελεστής U_f παίρνει μεγαλύτερες τιμές. Αντίστοιχα, για σταθερό πάχος μόνωσης, η ίδια αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων προκαλεί μεγαλύτερη μείωση στην ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για χαμηλότερο συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων. Γενικά, προκύπτει ότι η επίδραση του ποσοστού των υαλοπινάκων για μικρότερο συντελεστή U_f είναι εντονότερη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για μικρότερο συντελεστή U_f έχουμε μικρότερες απώλειες δι'αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων και συνεπώς το συνολικό κέρδος από τους υαλοπινάκες είναι μεγαλύτερο σε σχέση με την περίπτωση όπου έχουμε μεγαλύτερο συντελεστή U_f και για το ίδιο ποσοστό υαλοπινάκων. Έτσι, για σταθερές τιμές των άλλων παραμέτρων, η ίδια αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων, για μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών, U_f , θα προκαλέσει μεγαλύτερη αύξηση του συνολικού κέρδους από τους υαλοπινάκες και συνεπώς μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

- Συγκρίνοντας τα διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει για διαφορετικές τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i , της μόνωσης και για την ίδια τιμή του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , παρατηρούμε ότι μειώνοντας την ειδική θερμική αγωγιμότητα, k_i , από 0,04 σε 0,03 και 0,02W/m²K προκύπτει η αναμενόμενη μείωση των τιμών της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Για μικρότερες τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i , και για σταθερές και ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων παρατηρείται μικρότερη ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με την ενεργειακή κατανάλωση που προκύπτει για μεγαλύτερες τιμές του συντελεστή k_i , το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς μειώνοντας την ειδική θερμική αγωγιμότητα μειώνονται οι απώλειες δι'αγωγής των τοίχων και της οροφής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 15.1.7 και 15.1.9 παρατηρούμε ότι για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης 0,04W/mK, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων 1,5W/m²K, ποσοστό υαλοπινάκων 26,98% και για πάχος μόνωσης 0,036m, προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 400MJ, ενώ για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης 0,02W/mK και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 348,761MJ, δηλαδή μείωση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης κατά 0,02W/mK από 0,04W/mK σε 0,02W/mK προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 51,239MJ, από τα 400MJ στα 348,761MJ (μειώθηκε κατά 12,8%).

15.2 Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για σταθερές τιμές των παραμέτρων P_f και w_i

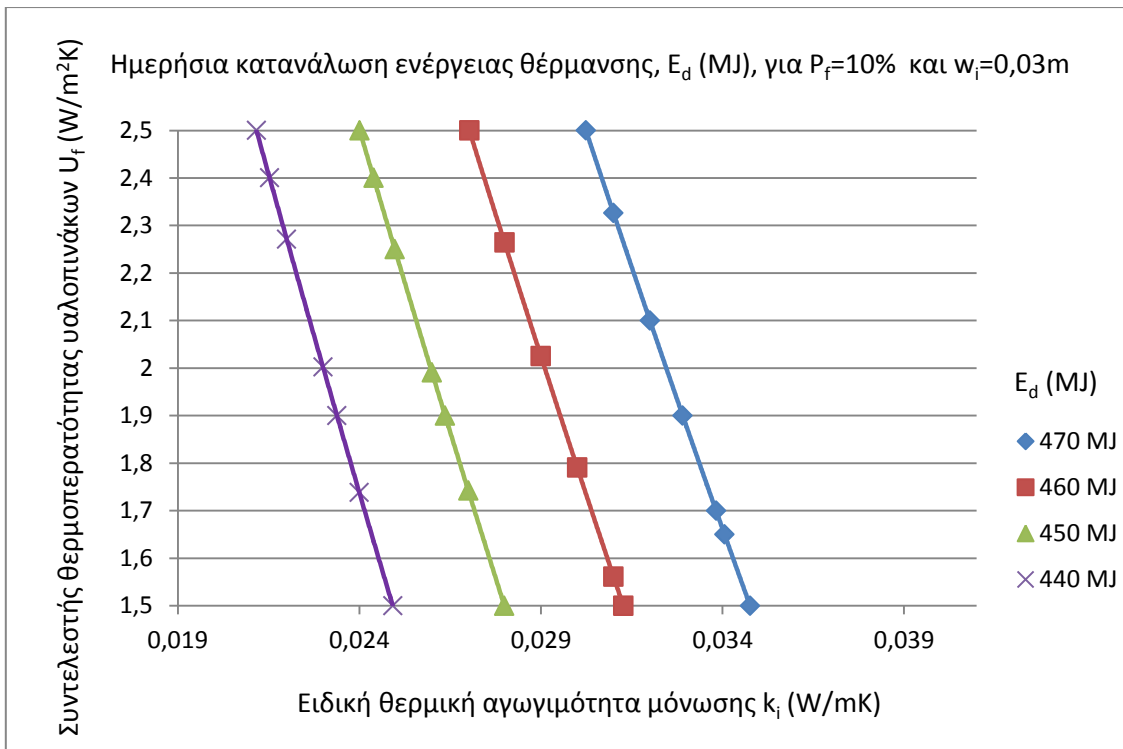
Όπως και στη προηγούμενη ενότητα, έτσι και εδώ θα μελετηθεί η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς κατά την 21^η Ιανουαρίου συναρτήσει των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων, δηλαδή των τεσσάρων κυριότερων παραμέτρων (w_i , k_i , U_f , P_f) μέσω διαγραμμάτων στα οποία δίνονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για το κτίριο αναφοράς το οποίο περιγράφηκε στο κεφάλαιο 14.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένες ενδεικτικές καμπύλες της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης (για αποκατάσταση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας 22°C, σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης και συντελεστές θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων αναγραφόμενους στις κλίμακες αξόνων κάθε σχήματος. Συγκεκριμένα, η μελέτη μας έγινε για ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης, k_i , μεταβαλλόμενη από 0,02 έως 0,04 W/mK και για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας, U_f , των υαλοπινάκων μεταβαλλόμενο από 1,5 έως 2,5W/m²K. Σε κάθε διάγραμμα διατηρούνται σταθερές οι τιμές των δύο άλλων παραμέτρων, δηλαδή του πάχους της μόνωσης, w_i , και του ποσοστού επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) ενώ σε κάθε διάγραμμα επιλέγεται ένας διαφορετικός συνδυασμός των δύο αυτών τιμών. Για τους συνδυασμούς των δυο αυτών σταθερών μεγεθών επιλέχθηκαν οι εξής τιμές:

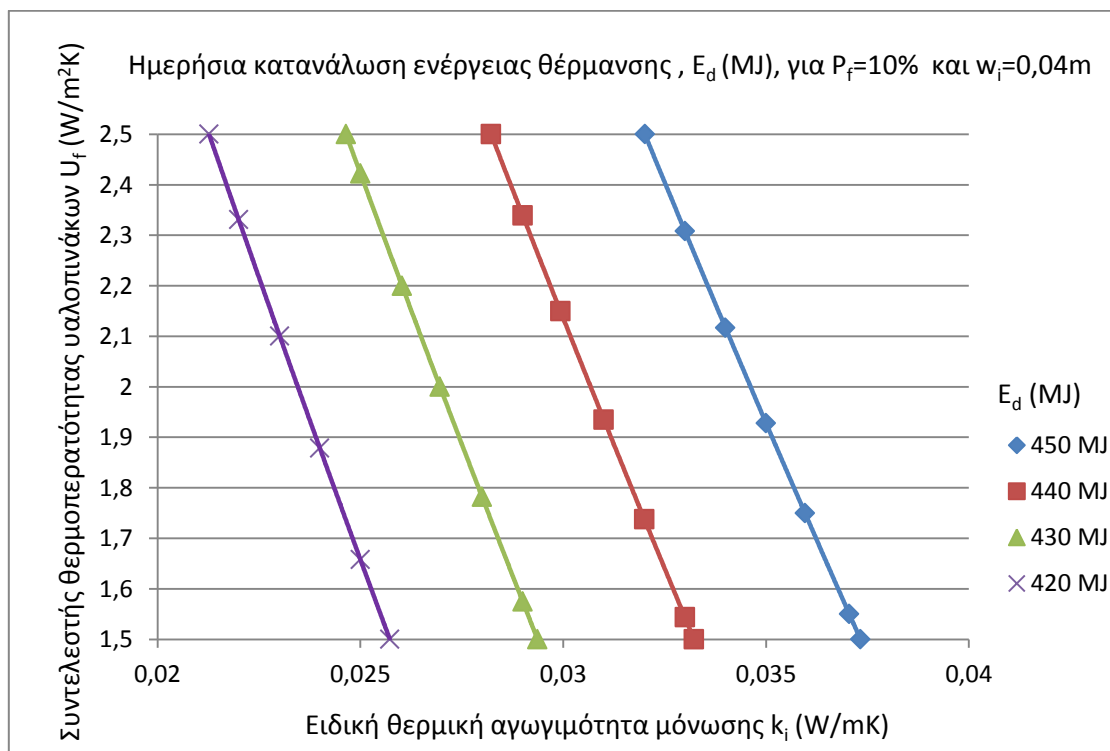
- $w_i = 0,03, 0,04, 0,05$ m
- $P_f = 10\%, 20\%, 30\%, 40\%$

Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι σε κάθε περίπτωση η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων που προκύπτει κάθε φορά από το ποσοστό της επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) θεωρήθηκε ότι ισομοιράζεται σε κάθε μία από τις τέσσερις προσανατολισμένες επιφάνειες του κελύφους, δηλαδή η επιφάνεια των υαλοπινάκων σε μία όψη του κτιρίου ισούται με το 25% της συνολικής επιφάνειας των υαλοπινάκων.

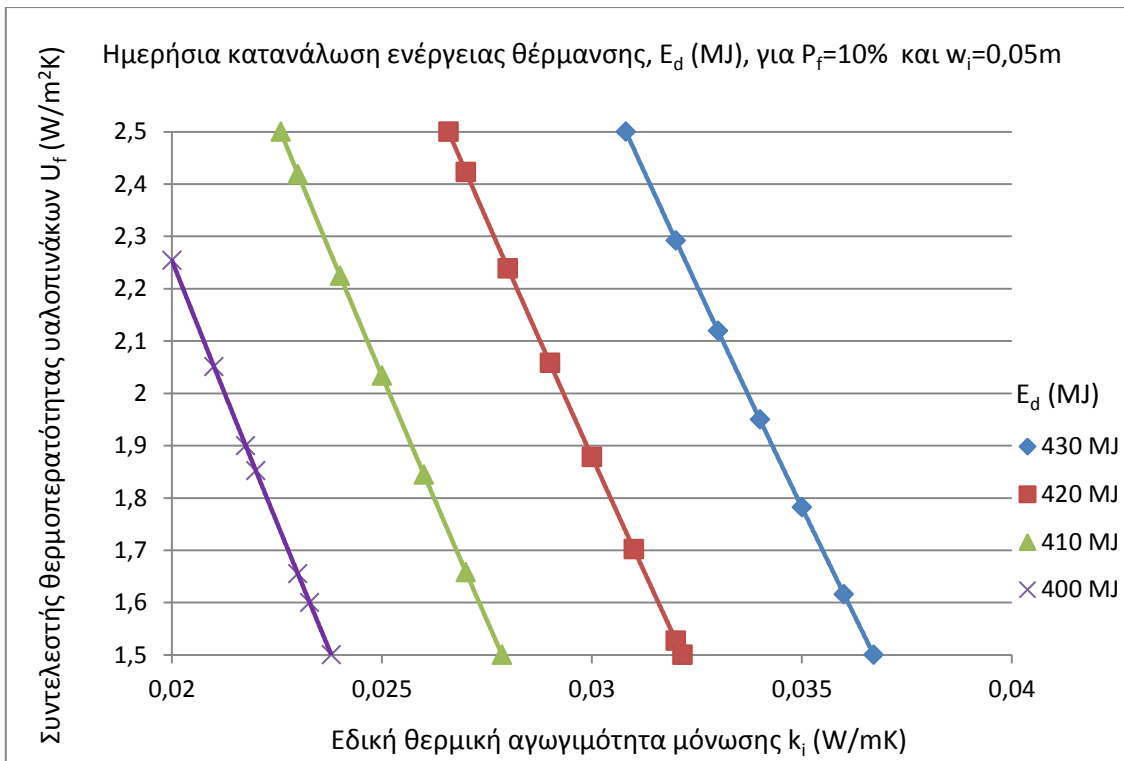
Φτιάχνουμε, λοιπόν, διαγράμματα από τα οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε τόσο την επίδραση των τεσσάρων παραμέτρων (w_i , k_i , U_f , P_f) στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς όσο και διάφορους πιθανούς συνδυασμούς των παραμέτρων αυτών οι οποίοι μας δίνουν την ίδια ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης, αλλά και συνδυασμούς των παραμέτρων αυτών με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε τη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης.



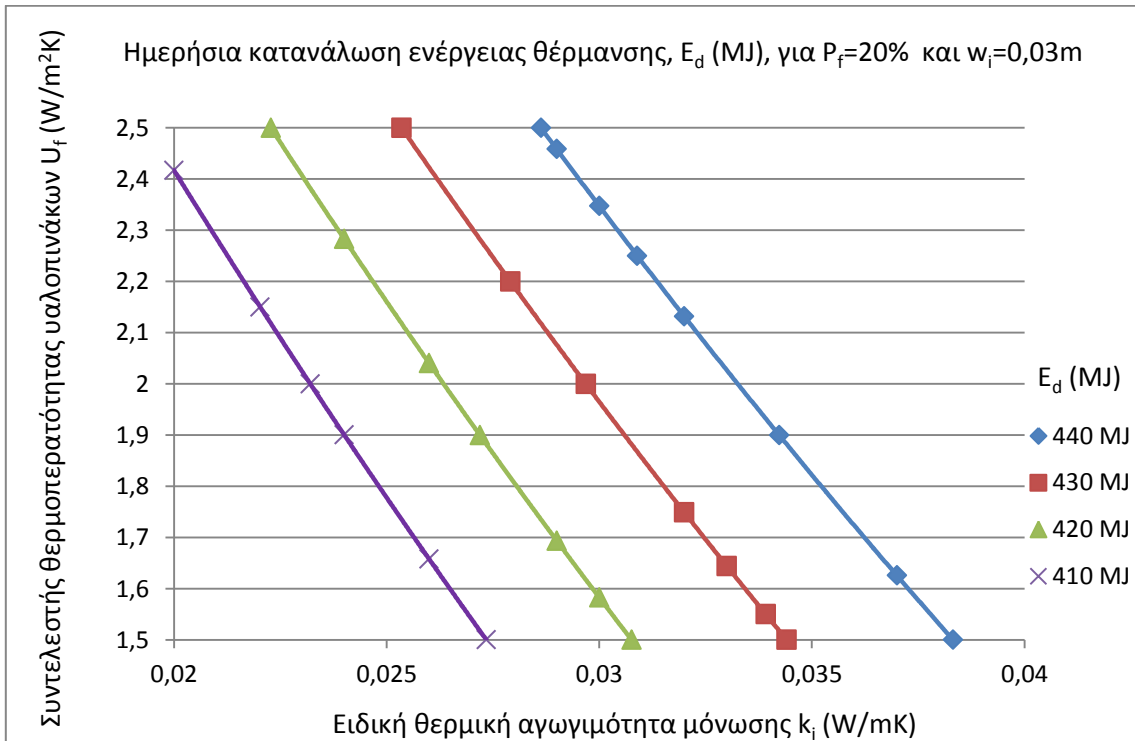
Σχήμα 15.2.1: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=10\%$ και σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03m$.



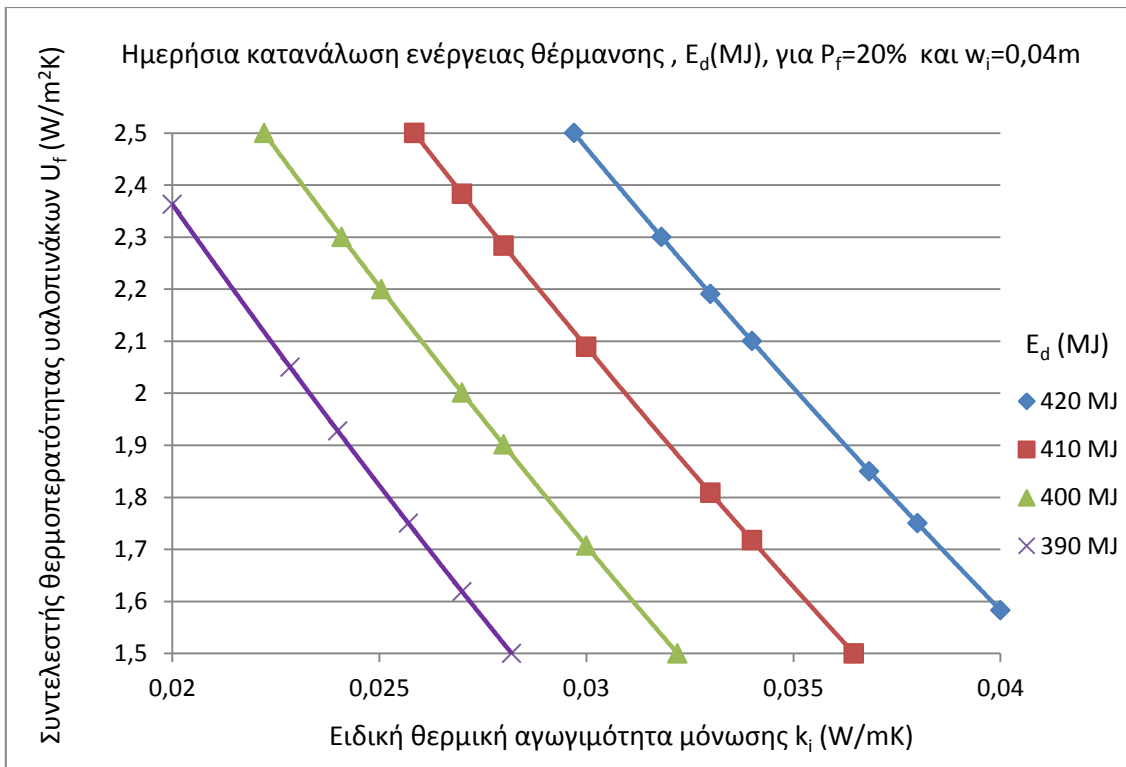
Σχήμα 15.2.2: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=10\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04m$.



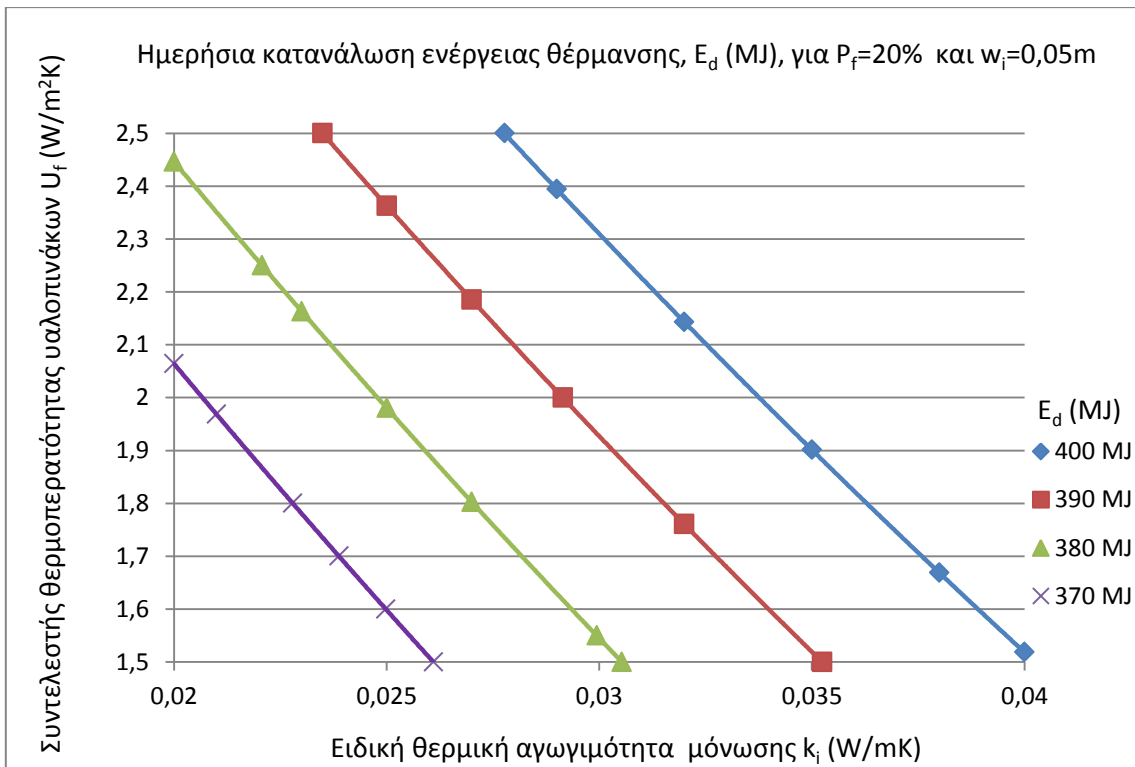
Σχήμα 15.2.3: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=10\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.



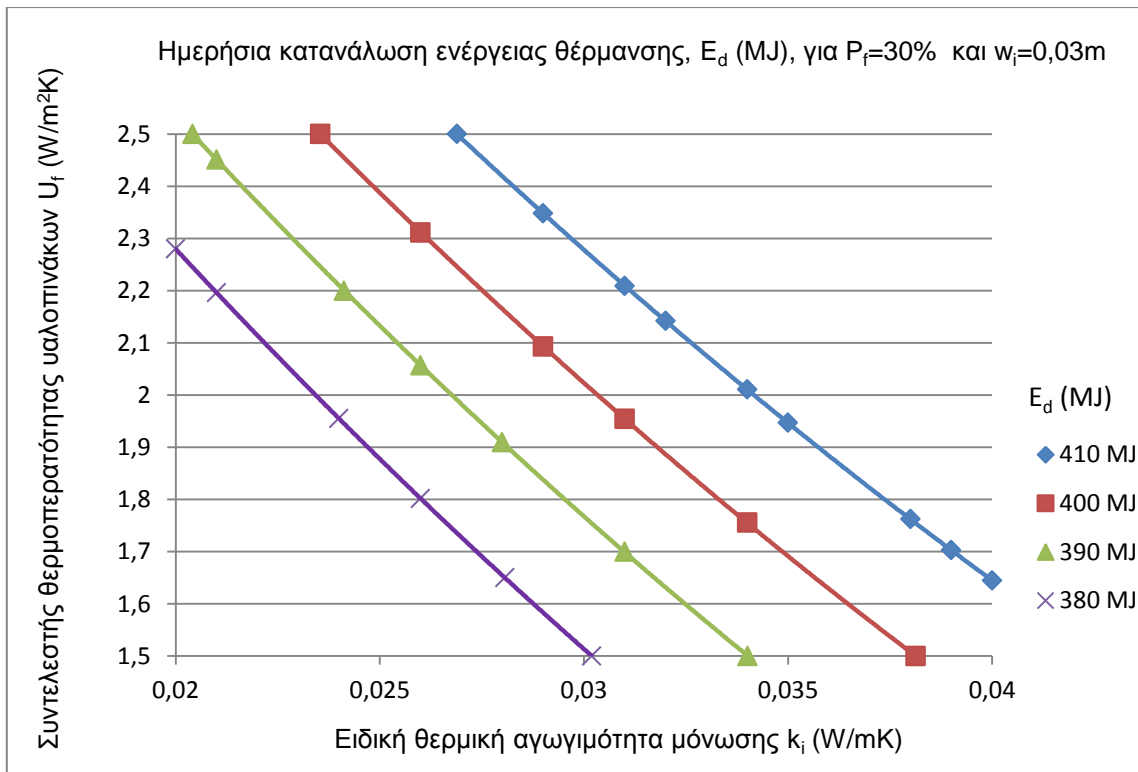
Σχήμα 15.2.4: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=20\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03m$.



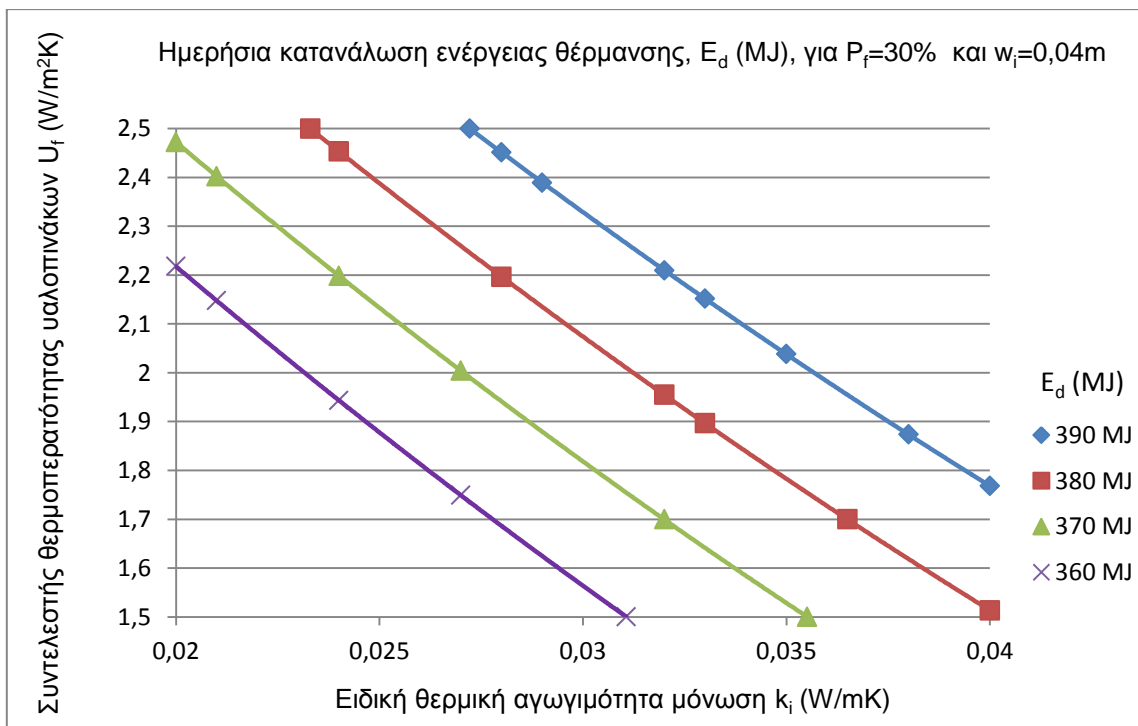
Σχήμα 15.2.5: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=20\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04\text{m}$.



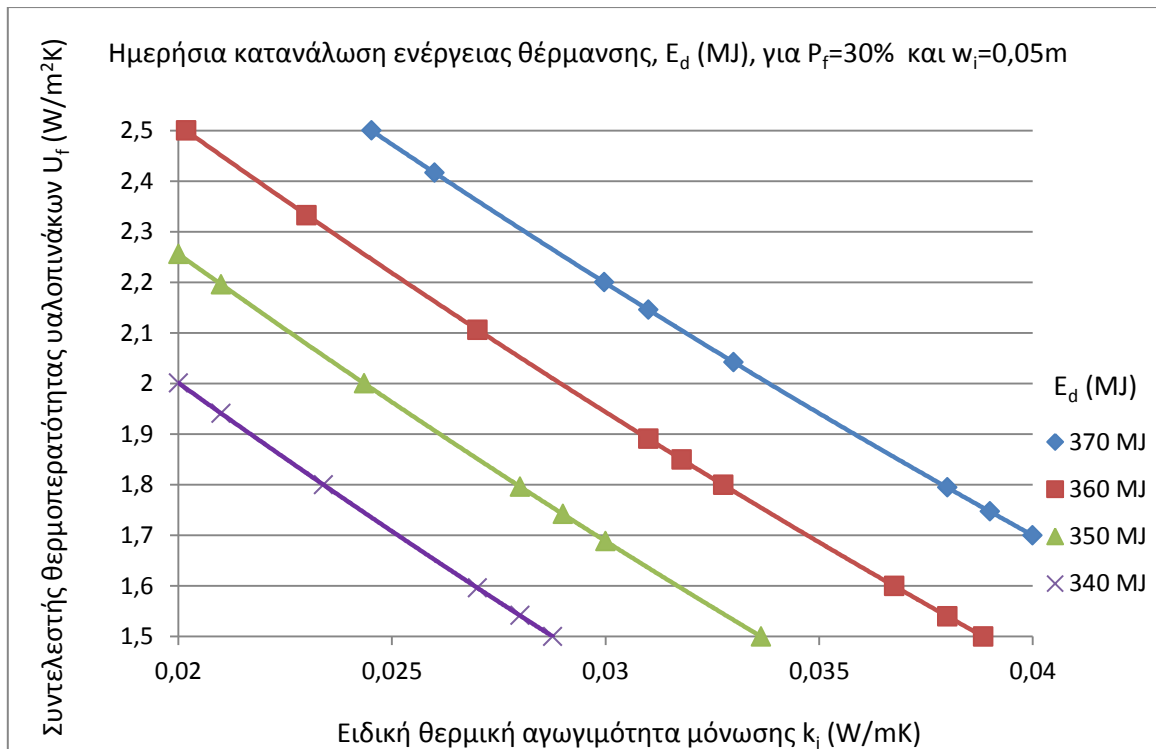
Σχήμα 15.2.6: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=20\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05\text{m}$.



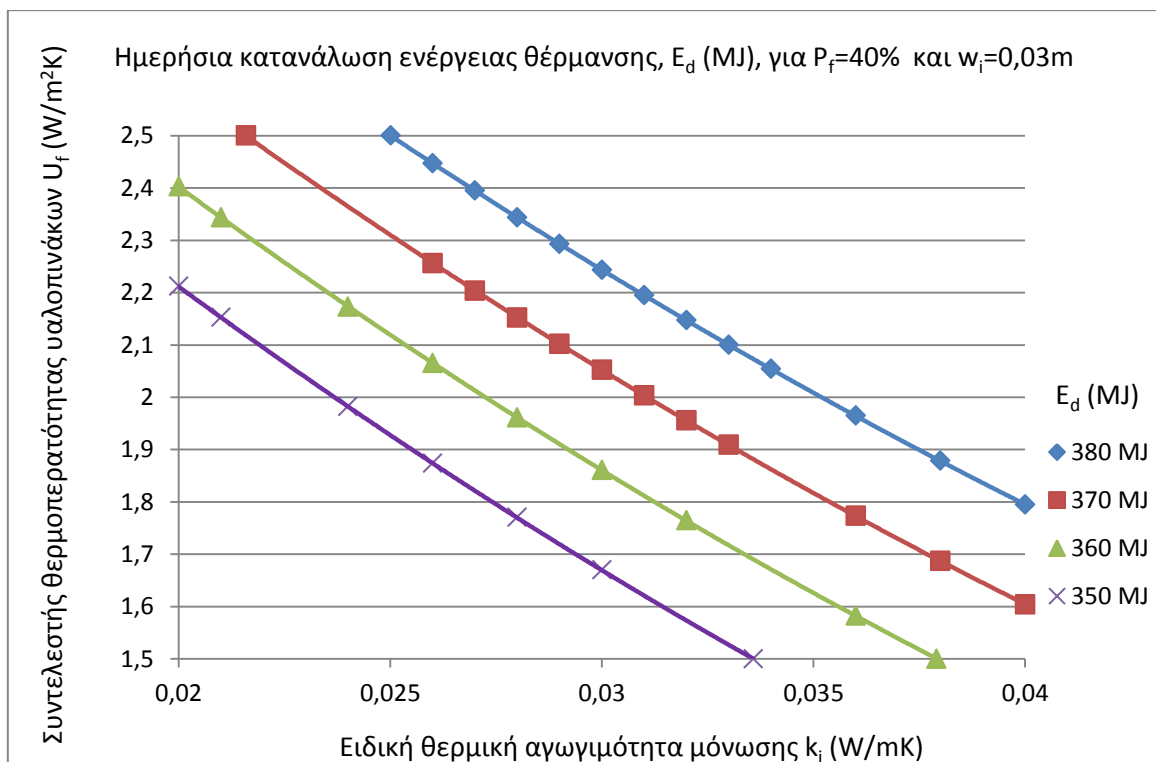
Σχήμα 15.2.7: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_i (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03m$.



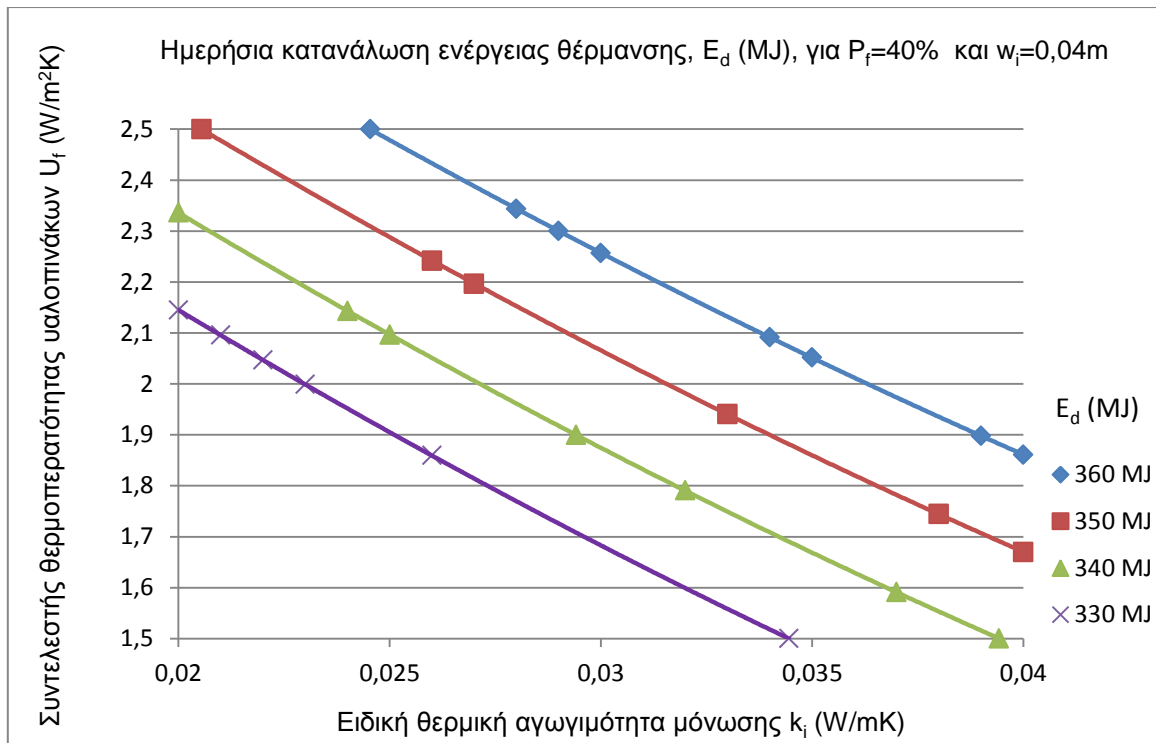
Σχήμα 15.2.8: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_i (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04m$.



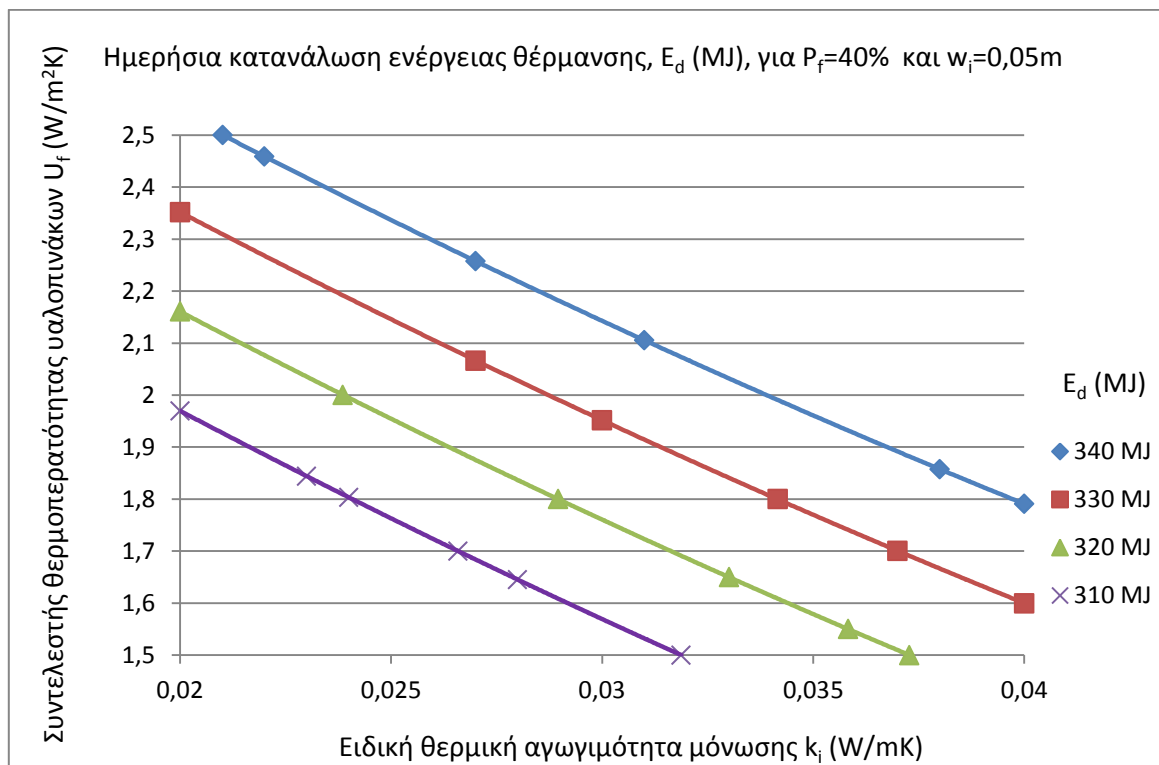
Σχήμα 15.2.9: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.



Σχήμα 15.2.10: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03m$.



Σχήμα 15.2.11: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04m$.



Σχήμα 15.2.12: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.

15.2.1 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Έχοντας ως δεδομένα τις τιμές των τεσσάρων παραμέτρων μπορεί να γίνει εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης.
- Για σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i , και για μειούμενο συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , παρατηρείται η αναμενόμενη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι καθώς μειώνεται ο συντελεστής, U_f , μειώνονται οι απώλειες δι' αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.2.5 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $P_f=20\%$ και για $w_i=0,04m$, παρατηρούμε ότι για σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, $k_i = 0,028W/mK$ και για μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων κατά $0,382W/m^2K$ από $2,284W/m^2K$ σε $1,902W/m^2K$ προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά $10MJ$, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα $410MJ$ στα $400MJ$ (μειώθηκε κατά $2,44\%$). Μπορούμε, λοιπόν, να εκτιμήσουμε τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d , στην περίπτωση μεταβολής του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , υπό σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i .
- Για σταθερό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , και για μειούμενη τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i , παρατηρείται η αναμενόμενη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μειώνοντας την ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης μειώνονται οι απώλειες δι' αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.2.5 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $P_f=20\%$ και για $w_i=0,04m$, παρατηρούμε ότι για σταθερό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας, $U_f=1,5W/m^2K$ και για μείωση της τιμής της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης κατά $0,00426W/mK$, από $0,03646W/mK$ σε $0,0322W/mK$ προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά $10MJ$, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα $410MJ$ στα $400MJ$ (μειώθηκε κατά $2,44\%$). Μπορούμε, λοιπόν, να εκτιμήσουμε τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d , στην περίπτωση μεταβολής της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, k_i , υπό σταθερό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f .
- Με την προϋπόθεση σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, για μείωση ή αύξηση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , απαιτείται αύξηση ή μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , αντίστοιχα. Η μείωση, για παράδειγμα, της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης προκαλεί μείωση των απωλειών δι' αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής και συνεπώς μειώνεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Έτσι, για να διατηρηθεί σταθερή η ενεργειακή κατανάλωση απαιτείται αύξηση του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων έτσι ώστε να αυξηθούν οι απώλειες δι' αγωγής αυτών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.2.5 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $P_f=20\%$ και για $w_i=0,04m$, παρατηρούμε ότι για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης, $k_i = 0,03W/mK$ και για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $2,089W/m^2K$ προκύπτει ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με $410MJ$, μειώνοντας την ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης της μόνωσης κατά $0,00415W/mK$, δηλαδή από $0,03$ σε $0,02585W/mK$ απαιτείται αύξηση του συντελεστή U_f κατά $0,411$, δηλαδή από $2,089W/m^2K$ σε $2,5W/m^2K$ ώστε να διατηρηθεί σταθερή ενέργεια $E_d=410MJ$.
- Με την προϋπόθεση σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, για μείωση ή αύξηση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , απαιτείται αύξηση ή μείωση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , αντίστοιχα. Η μείωση, για παράδειγμα, του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων προκαλεί μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης καθώς μειώνονται οι απώλειες δι' αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων. Συνεπώς, για να διατηρηθεί σταθερή η ενεργειακή κατανάλωση απαιτείται αύξηση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης έτσι ώστε να αυξηθούν οι απώλειες δι' αγωγής διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.2.5 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $P_f=20\%$ και για $w_i=0,04m$, παρατηρούμε ότι για ειδική θερμική

αγωγιμότητα της μόνωσης, $k_i=0,03\text{W/mK}$ και για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $2,089\text{W/m}^2\text{K}$ προκύπτει ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με 410MJ , μειώνοντας το συντελεστή U_f κατά $0,411$, δηλαδή από $2,089\text{W/m}^2\text{K}$ σε $1,678\text{W/m}^2\text{K}$ απαιτείται αύξηση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης κατά $0,00444\text{W/mK}$, δηλαδή από $0,03$ σε $0,03444\text{W/mK}$ ώστε να διατηρηθεί σταθερή ενέργεια $E_d=410\text{MJ}$.

- Για κάθε τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας και θεωρώντας σταθερή αυτή την τιμή, παρατηρούμε ότι σταθερή και ίση μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, μεταξύ διαφορετικών τιμών αυτού, προκαλεί κάθε φορά την ίδια μείωση στην ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι απώλειες δι'αγωγής των υαλοπινάκων είναι ανάλογες του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών. Επομένως, η ίδια μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων μεταξύ διαφορετικών τιμών αυτού προκαλεί την ίδια μείωση των απωλειών δι'αγωγής των υαλοπινάκων και συνεπώς την ίδια μείωση στην ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το διάγραμμα του σχήματος 15.2.5 το οποίο έχει προκύψει για σταθερές τιμές $P_f=20\%$ και για $w_i=0,04\text{m}$, παρατηρούμε ότι για σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, $k_i = 0,028\text{W/mK}$ και για μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων κατά $0,382\text{W/m}^2\text{K}$ από $2,284\text{W/m}^2\text{K}$ σε $1,902\text{W/m}^2\text{K}$ προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ , δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 410MJ στα 400MJ . Αντίστοιχα, για μείωση του συντελεστή U_f κατά $0,382\text{W/m}^2\text{K}$ από $1,902\text{W/m}^2\text{K}$ σε $1,52\text{W/m}^2\text{K}$ προκύπτει και πάλι μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ , δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 400MJ στα 390MJ . Επίσης, από το ίδιο διάγραμμα παρατηρούμε ότι για σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, $k_i = 0,0322\text{W/mK}$ και για μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων κατά $0,382\text{W/m}^2\text{K}$ από $2,264\text{W/m}^2\text{K}$ σε $1,882\text{W/m}^2\text{K}$ προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ , δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 420MJ στα 410MJ . Αντίστοιχα, για μείωση του συντελεστή U_f κατά $0,382\text{W/m}^2\text{K}$ από $1,882\text{W/m}^2\text{K}$ σε $1,5\text{W/m}^2\text{K}$ προκύπτει και πάλι μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 10MJ , δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται από τα 410MJ στα 400MJ .
- Συγκρίνοντας τα διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει για διαφορετικές τιμές του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , και για το ίδιο πάχος μόνωσης, w_i , παρατηρούμε ότι αυξάνοντας το ποσοστό των υαλοπινάκων από 10% σε 20% , 30% και 40% προκύπτει η αναμενόμενη μείωση των τιμών της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Παρατηρούμε δηλαδή ότι για σταθερές τιμές των υπολοίπων παραμέτρων, η αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων προκαλεί μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης, το οποίο οφείλεται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο γεγονός ότι αύξηση της επιφάνειας των υαλοπινάκων συνεπάγεται αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, άρα και του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων, παράλληλα όμως αυξάνονται και οι απώλειες δι'αγωγής μέσω των υαλοπινάκων. Ωστόσο, η αύξηση της εισερχόμενης ακτινοβολίας υπερισχύει της αύξησης των απωλειών αγωγής και συνεπώς έχουμε μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 15.2.12 και 15.2.6 παρατηρούμε ότι για ποσοστό υαλοπινάκων 40% , πάχος μόνωσης $0,05\text{m}$, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $2\text{W/m}^2\text{K}$ και για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $0,02386\text{W/mK}$ προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 320MJ , ενώ για ποσοστό υαλοπινάκων 20% και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση $377,805\text{MJ}$, δηλαδή αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων κατά 20% από 20% σε 40% προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά $57,805\text{MJ}$, από τα $377,805\text{MJ}$ στα 320MJ (μειώθηκε κατά $15,3\%$). Ακόμη, συγκρίνοντας τα διαγράμματα που έχουν προκύψει για το ίδιο πάχος μόνωσης και για μεγαλύτερα ποσοστά υαλοπινάκων στο κέλυφος σε σχέση με τα διαγράμματα που έχουν προκύψει για μικρότερα ποσοστά υαλοπινάκων παρατηρείται στα πρώτα εντονότερη η επίδραση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων σε σχέση με τα δεύτερα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν το ποσοστό των υαλοπινάκων είναι μεγαλύτερο η επιφάνεια των υαλοπινάκων είναι μεγαλύτερη και έτσι για τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας, U_f , των υαλοπινάκων προκύπτουν μεγαλύτερες απώλειες δι'αγωγής διαμέσου των υαλοπινάκων σε σχέση με την περίπτωση όπου έχουμε μικρότερο ποσοστό υαλοπινάκων στο κέλυφος. Συνεπώς, η ίδια μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων για σταθερές τιμές των άλλων

παραμέτρων και για μεγαλύτερο ποσοστό υαλοπινάκων προκαλεί μεγαλύτερη μείωση στις απώλειες διάγωγις διαμέσου αυτών, και επομένως μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

- Συγκρίνοντας τα διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει για διαφορετικές τιμές του πάχους της μόνωσης, w_i , και για σταθερές τιμές του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , παρατηρούμε ότι αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης από 0,03 σε 0,04 και 0,05m, προκύπτει η αναμενόμενη μείωση των τιμών της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Παρατηρούμε δηλαδή ότι για σταθερές τιμές των υπολοίπων παραμέτρων, η αύξηση του πάχους της μόνωσης προκαλεί μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης, το οποίο οφείλεται, στη μείωση των απωλειών διάγωγις μέσω των τοίχων και της οροφής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 15.2.12 και 15.2.10 παρατηρούμε ότι για πάχος μόνωσης 0,05m, ποσοστό υαλοπινάκων 40%, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $0,02637\text{W/mK}$ προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 320MJ, ενώ για πάχος μόνωσης 0,03m και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 352,395MJ, δηλαδή αύξηση του πάχους της μόνωσης κατά 0,02m από 0,03m σε 0,05m προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 32,395MJ, από τα 352,395MJ στα 320MJ (μειώθηκε κατά 9,2%).

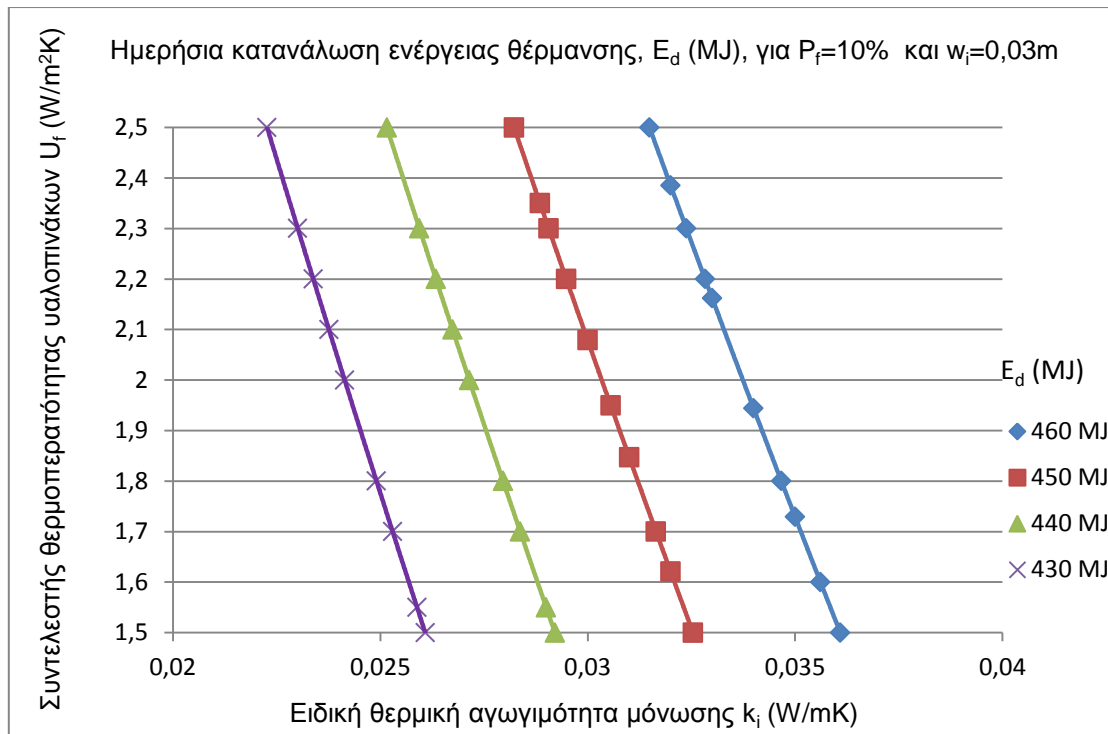
15.3 Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για βελτιωμένη κατανομή υαλοπινάκων

Όπως και στη προηγούμενη ενότητα, έτσι και εδώ θα μελετηθεί η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς κατά την 21^η Ιανουαρίου συναρτήσει των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων, δηλαδή των τεσσάρων κυριοτέρων παραμέτρων (w_i , k_i , U_f , P_f) μέσω διαγραμμάτων στα οποία δίνονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για το κτίριο αναφοράς το οποίο περιγράφηκε στο κεφάλαιο 14.

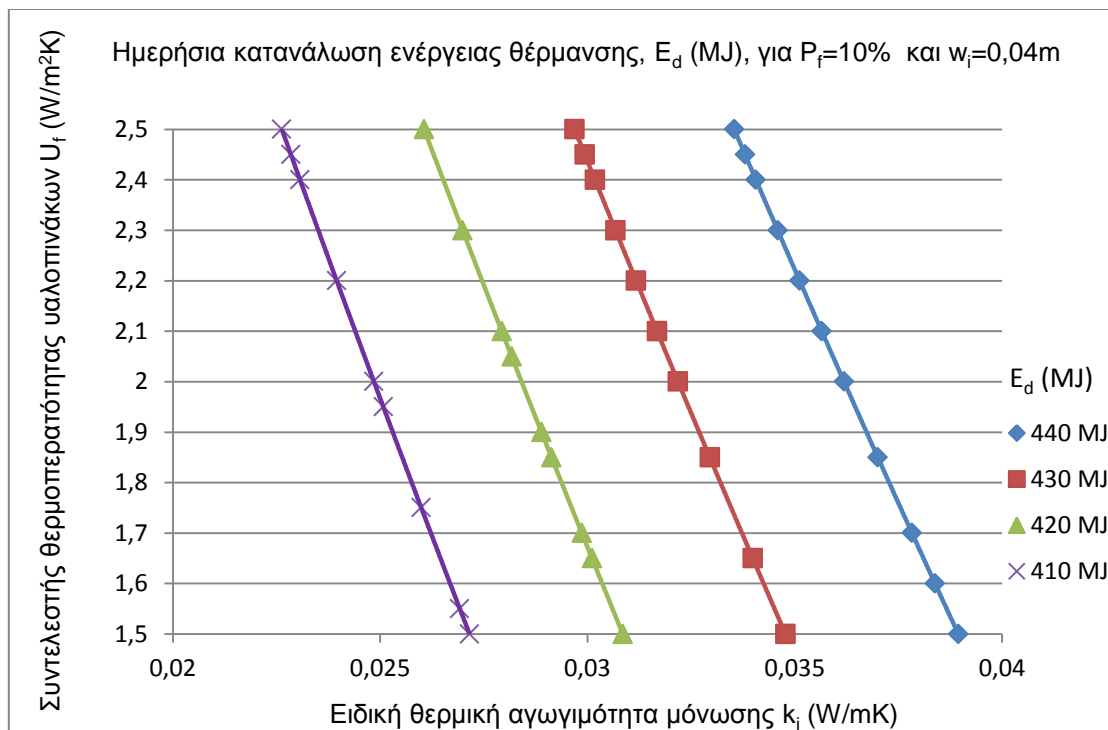
Οι καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης που παρουσιάζονται υπολογίστηκαν κατά τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκαν και στην ενότητα 15.2 με τη διαφορά ότι εδώ θεωρήθηκε διαφορετική κατανομή των υαλοπινάκων στο κέλυφος με σκοπό την προσέγγιση της πραγματικής κατάστασης στα κτίρια και τη μελέτη της επίδρασης των τεσσάρων κύριων παραμέτρων στην ενεργειακή κατανάλωση για αυτή τη περίπτωση κτιριακού κελύφους. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων που προκύπτει κάθε φορά από το ποσοστό της επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) διανέμεται κατά 50% στην νότια όψη του κτιρίου, κατά 25% στην ανατολική όψη και κατά 25% στη δυτική όψη του κτιρίου, ενώ στη βόρεια όψη δεν υπάρχουν υαλοπίνακες. Συνήθως, στις βόρειες όψεις των κτιρίων δεν τοποθετούνται υαλοπίνακες καθώς όπως ήδη παρουσιάστηκε οι βόρειες επιφάνειες του κτιρίου δέχονται μόνο διάχυτη και όχι άμεση ακτινοβολία, με αποτέλεσμα οι υαλοπίνακες με βόρειο προσανατολισμό να παρουσιάζουν μικρότερο ηλιακό θερμικό κέρδος σε σχέση με ίσης επιφάνειας υαλοπίνακες των άλλων προσανατολισμών. Αντίθετα, οι νότιοι υαλοπίνακες δέχονται την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία. Συνεπώς, το ηλιακό θερμικό κέρδος από τους νότιους υαλοπίνακες είναι μεγαλύτερο από ίσης επιφάνειας υαλοπίνακες με ανατολικό, δυτικό ή βόρειο προσανατολισμό και για αυτό επιλέχθηκε στην νότια όψη του κτιρίου να τοποθετούνται περισσότεροι υαλοπίνακες συγκριτικά με τη ανατολική και δυτική όψη αυτού.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένες ενδεικτικές καμπύλες της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης (για αποκατάσταση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας 22°C , σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , και συντελεστές θερμικής διαπερατότητας, U_f , των υαλοπινάκων αναγραφόμενους στις κλίμακες αξόνων κάθε σχήματος. Συγκεκριμένα, η μελέτη μας έγινε για ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης μεταβαλλόμενη από 0,02 έως 0,04 W/mK και για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων μεταβαλλόμενο από 1,5 έως $2,5\text{W/m}^2\text{K}$. Σε κάθε διάγραμμα διατηρούνται σταθερές οι τιμές των δύο άλλων παραμέτρων, δηλαδή του πάχους της μόνωσης, w_i , και του ποσοστού επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) ενώ σε κάθε διάγραμμα επιλέγεται ένας διαφορετικός συνδυασμός των δύο αυτών τιμών. Για τους συνδυασμούς των δύο αυτών σταθερών μεγεθών επιλέχθηκαν οι εξής τιμές:

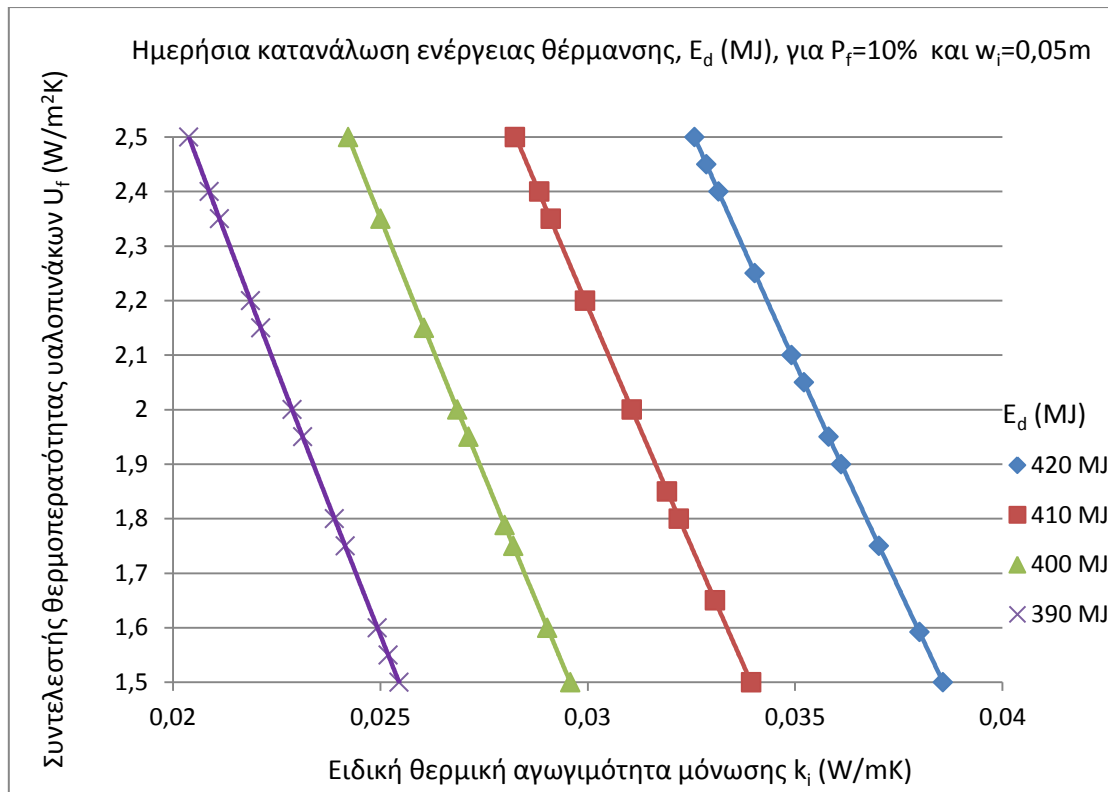
- $w_i = 0,03, 0,04, 0,05 \text{ m}$
- $P_f = 10\%, 20\%, 30\%, 40\%$



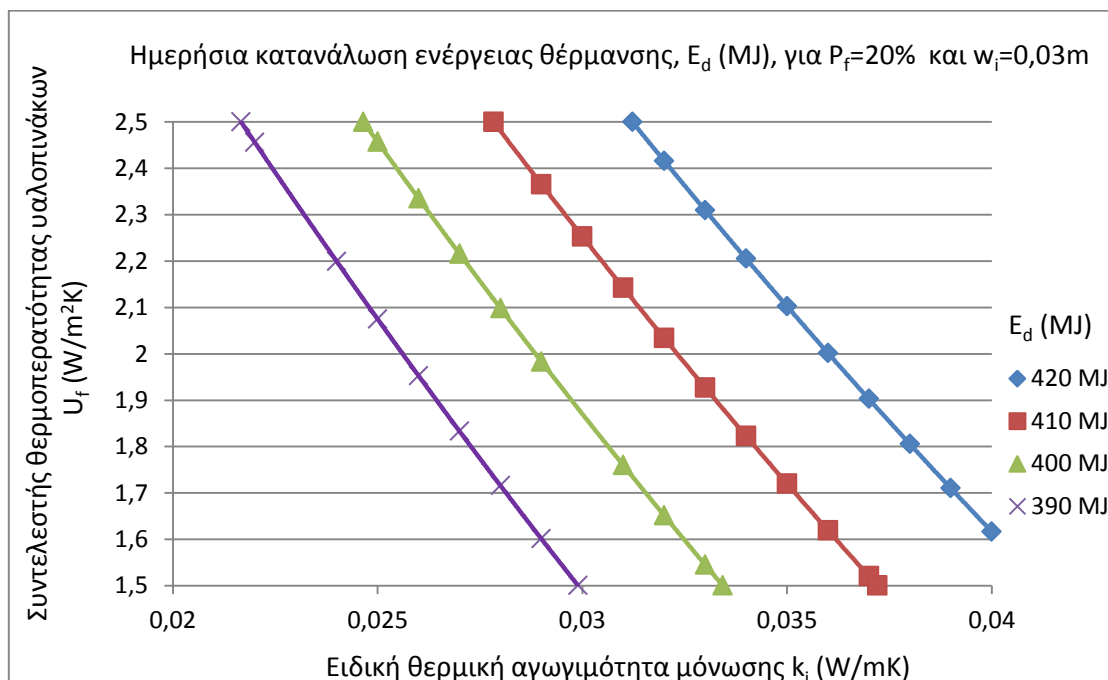
Σχήμα 15.3.1: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=10\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03\text{m}$.



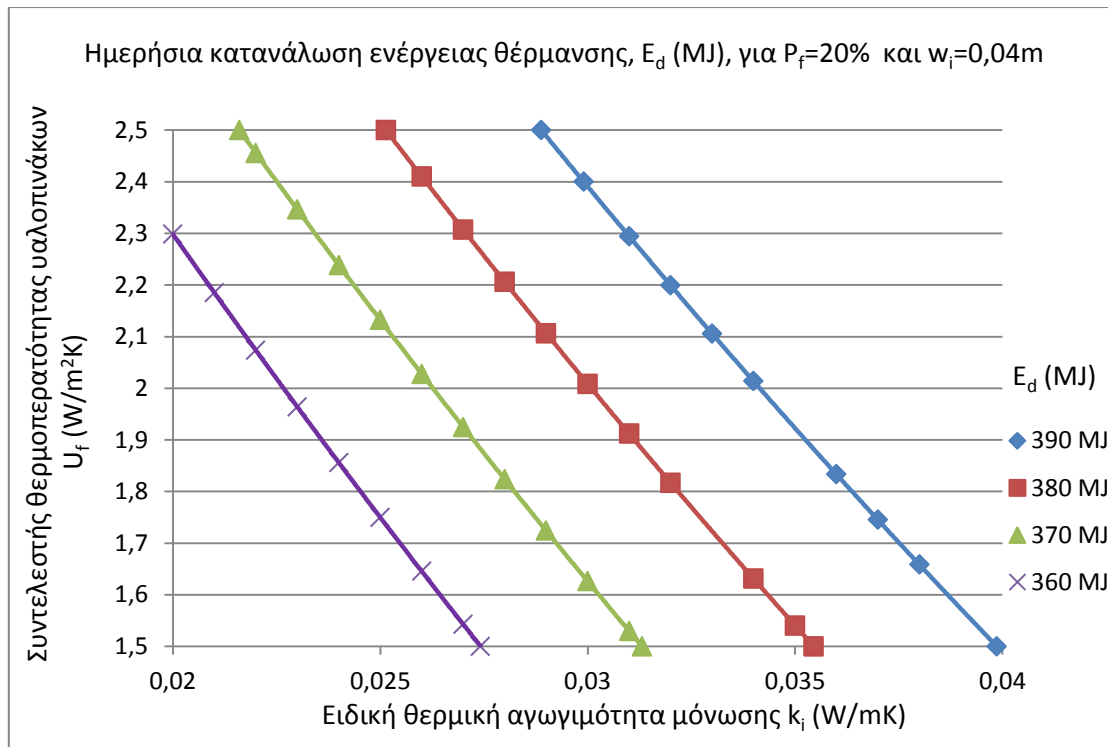
Σχήμα 15.3.2: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=10\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04\text{m}$.



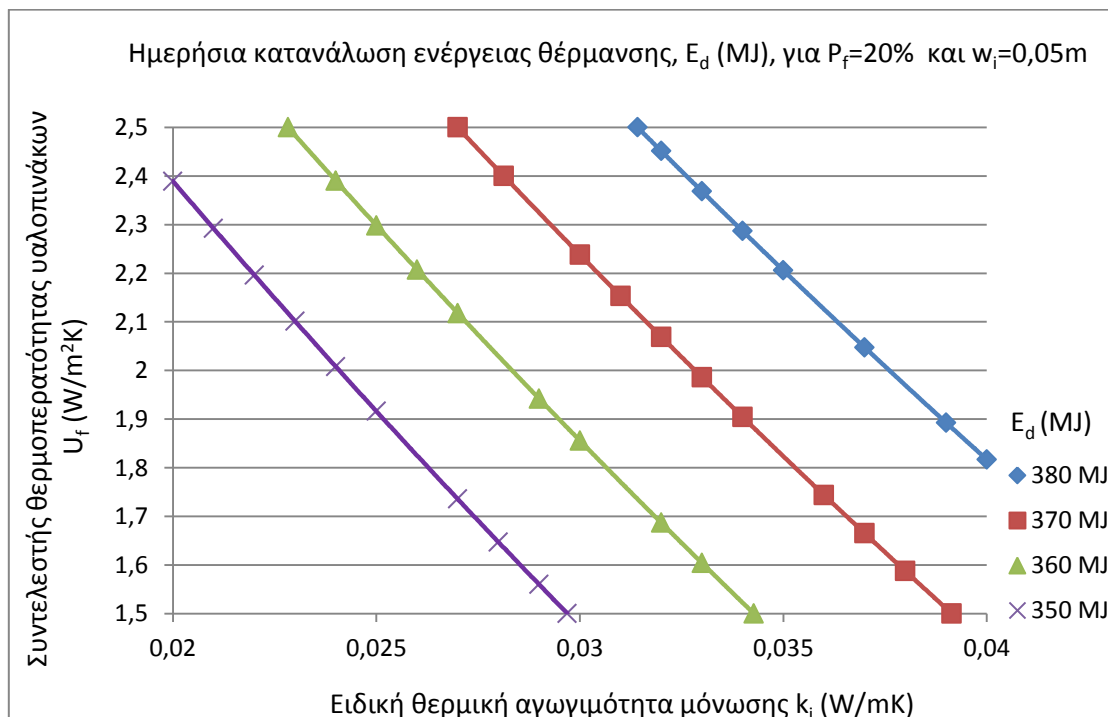
Σχήμα 15.3.3: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=10\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.



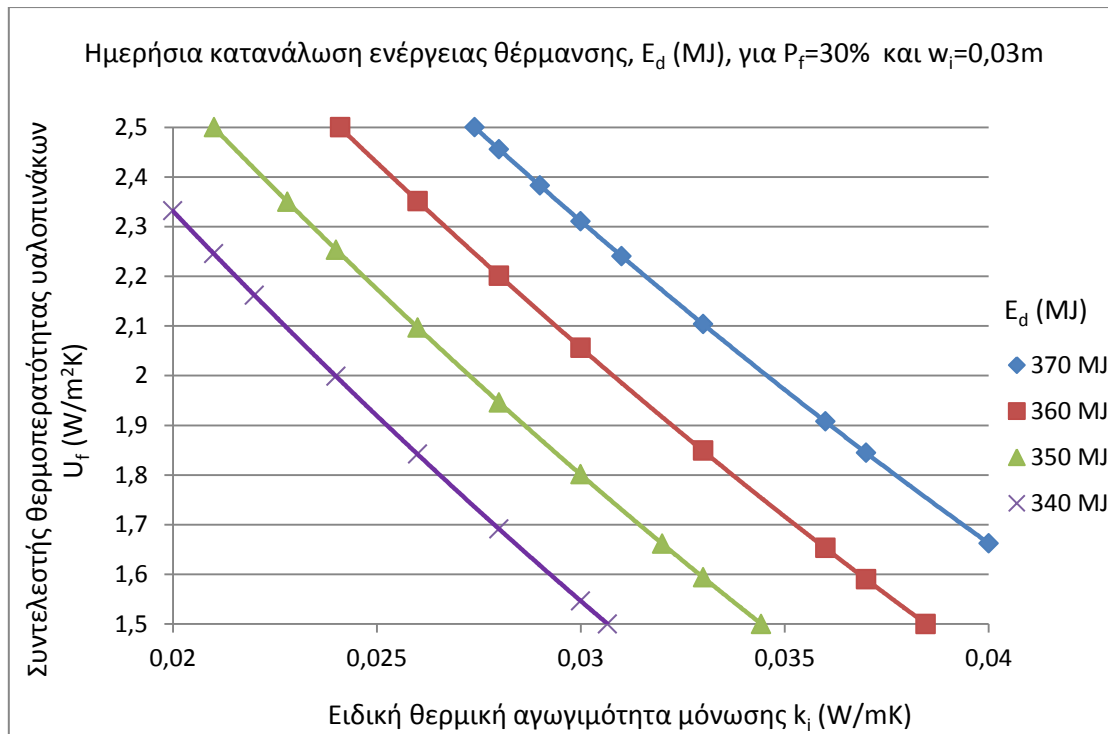
Σχήμα 15.3.4: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=20\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03m$.



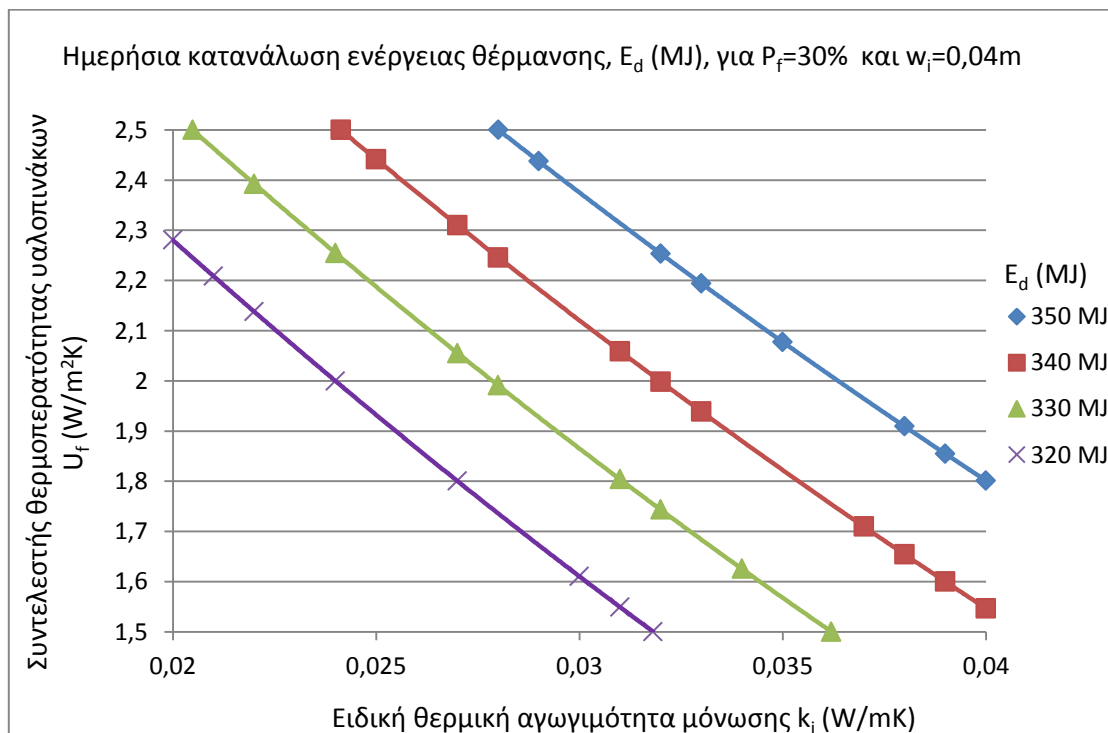
Σχήμα 15.3.5: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=20\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04m$.



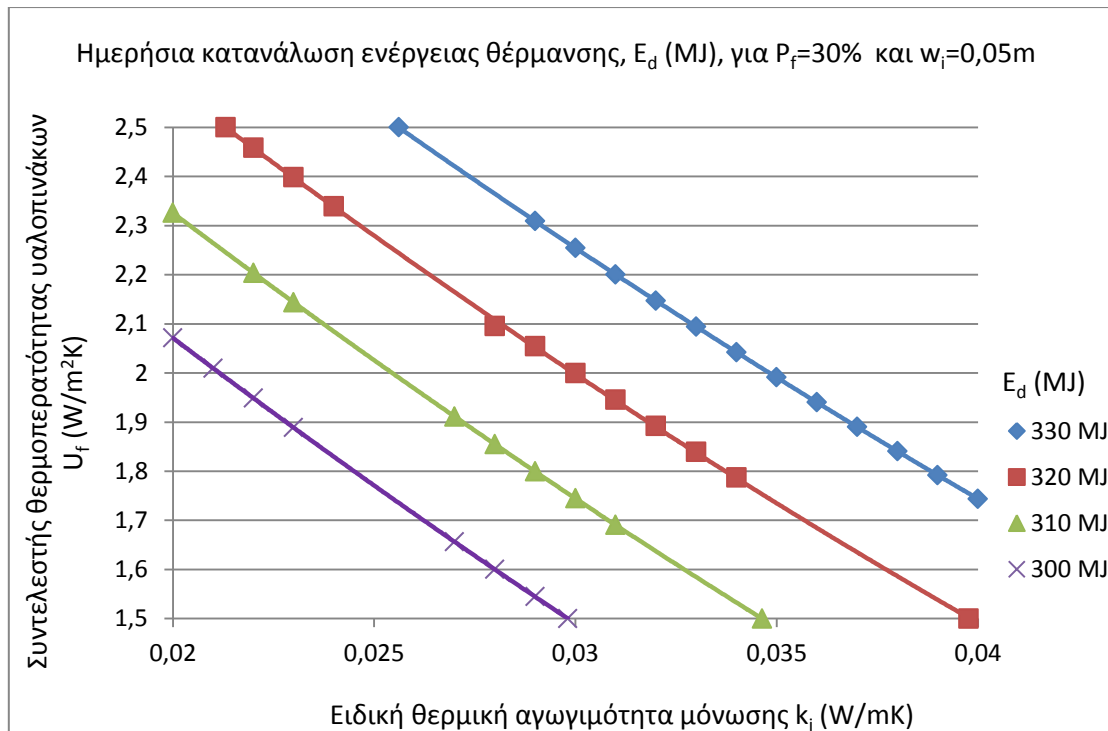
Σχήμα 15.3.6: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=20\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.



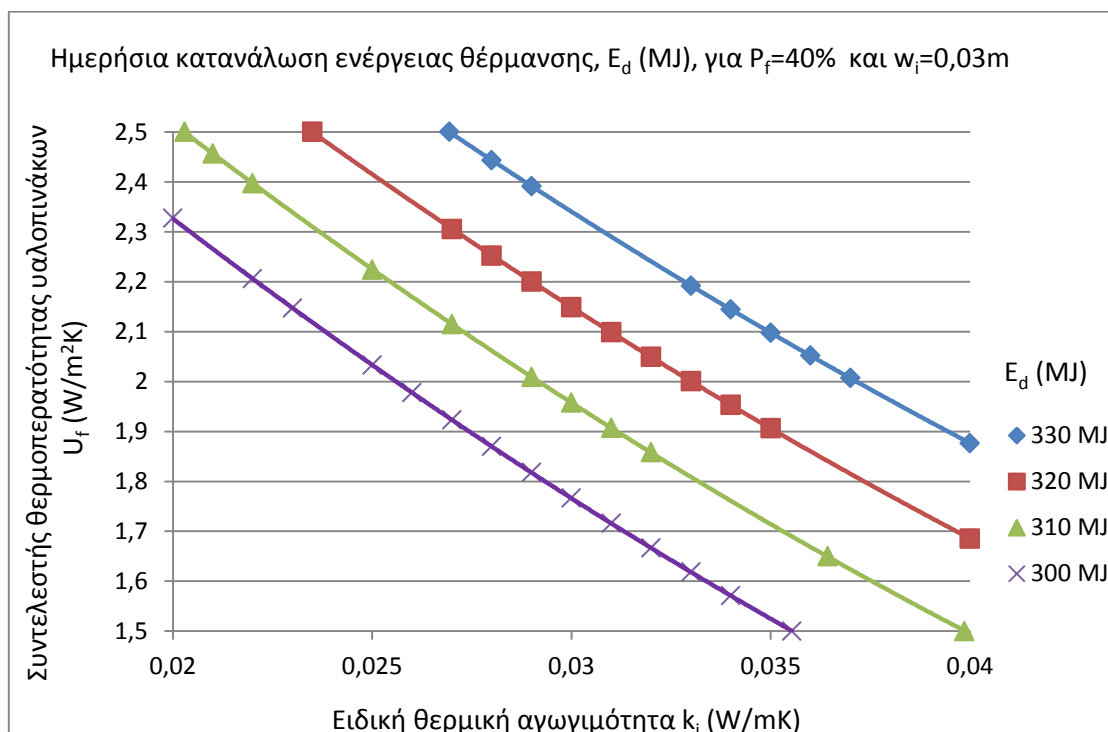
Σχήμα 15.3.7: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03\text{m}$.



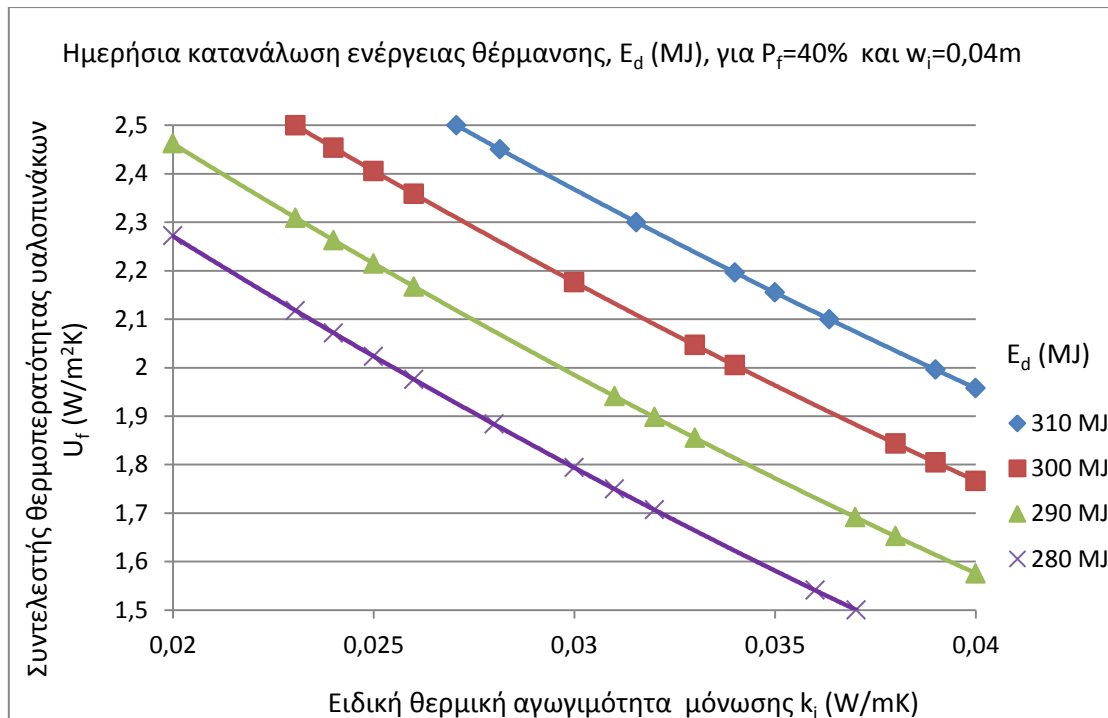
Σχήμα 15.3.8: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04\text{m}$.



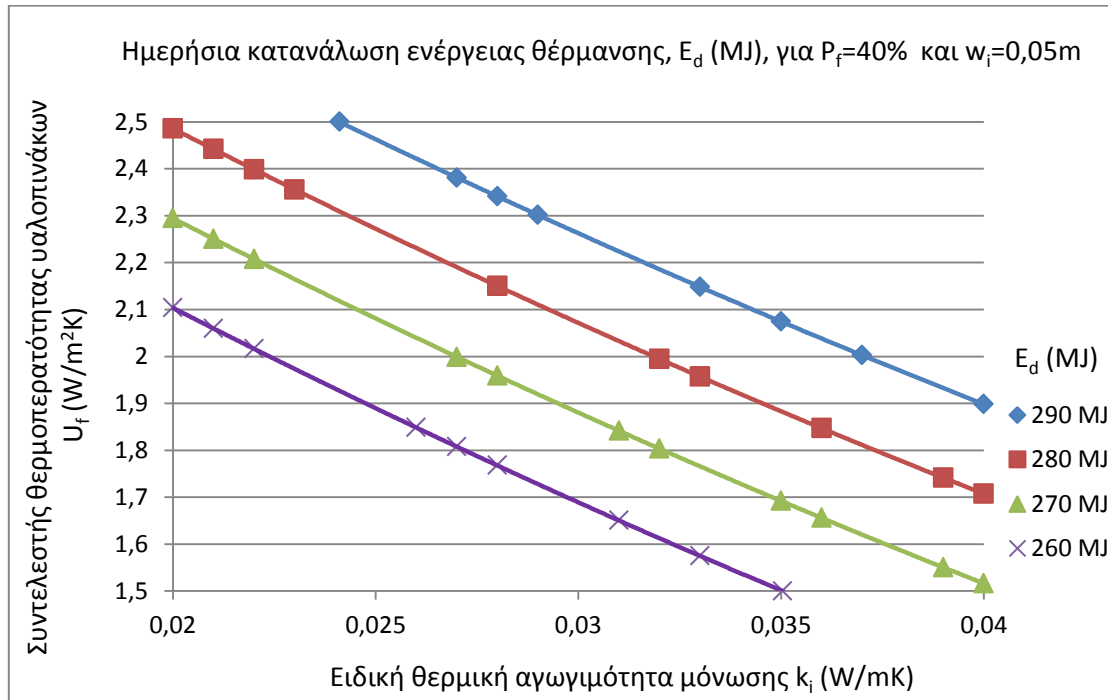
Σχήμα 15.3.9: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.



Σχήμα 15.3.10: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,03m$.



Σχήμα 15.3.11: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,04m$.



Σχήμα 15.3.12: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i (W/mK), και σε συντελεστές θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f (W/m²K), αναγραφόμενους στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ (το οποίο κατανέμεται σε ποσοστά 50%, 0%, 25% και 25% στον νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό τοίχο) και για σταθερό πάχος μόνωσης $w_i=0,05m$.

15.3.1 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα ίδια θεωρητικά συμπεράσματα που προέκυψαν και από τα διαγράμματα της ενότητας 15.2 και για αυτό δεν επαναλαμβάνονται εδώ.

Ενδιαφέρον, όμως, παρουσιάζουν ορισμένα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από τη σύγκριση των διαγραμμάτων της ενότητας 15.2 τα οποία υπολογίστηκαν για ισομοιρασμένη κατανομή υαλοπινάκων στο κτίριο αναφοράς σε σχέση με τα διαγράμματα αυτής της ενότητας τα οποία υπολογίστηκαν για βελτιωμένη κατανομή των υαλοπινάκων στο κτίριο αναφοράς.

- Συγκρίνοντας τα διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει για τους ίδιους συνδυασμούς των παραμέτρων, ποσοστό υαλοπινάκων, P_f , και πάχος μόνωσης w_i , παρατηρείται ότι στην περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης μειώνεται σε σχέση με την περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς στην περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής το 50% της συνολικής επιφάνειας των υαλοπινάκων στο κέλυφος τοποθετείται στην νότια όψη. Οι νότιοι υαλοπίνακες όπως προαναφέρθηκε δέχονται την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία και συνεπώς παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ηλιακό θερμικό κέρδος σε σχέση με τους υαλοπίνακες των άλλων προσανατολισμών. Έτσι, αύξηση της επιφάνειας των υαλοπινάκων στην νότια όψη του κτιρίου συνεπάγεται μεγαλύτερη εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή αύξηση του ηλιακού θερμικού κέρδους από τους υαλοπίνακες και συνεπώς μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συγκρίνοντας τα διαγράμματα 15.3.6 και 15.2.6 παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος και για ποσοστό υαλοπινάκων 20%, πάχος μόνωσης 0,05m, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $1,987\text{W/m}^2\text{K}$ και για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $0,033\text{W/mK}$ προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 370MJ, ενώ στην περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 398,053MJ, δηλαδή με τη βελτιωμένη κατανομή των υαλοπινάκων πετυχαίνεται μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 28,053MJ, από 398,053MJ σε 370MJ (η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση μειώθηκε κατά 7,05%).
- Παρουσιάζεται, ακόμη, το εξής παράδειγμα: συγκρίνοντας τα διαγράμματα 15.3.12 και 15.3.3 για την περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος, παρατηρούμε ότι για ποσοστό υαλοπινάκων 40%, πάχος μόνωσης 0,05m, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $1,959\text{W/m}^2\text{K}$ και για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $0,028\text{W/mK}$ προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 270MJ, ενώ για ποσοστό υαλοπινάκων 10% και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 402,24MJ, δηλαδή αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων κατά 30% από 10% σε 40% προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 132,24MJ, από 402,24MJ σε 270MJ (η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση μειώθηκε κατά 32,88%). Συγκρίνοντας, τώρα, τα διαγράμματα 15.2.12 και 15.2.3 τα οποία προέκυψαν για την περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος, παρατηρούμε ότι για ποσοστό υαλοπινάκων 40%, πάχος μόνωσης 0,05m, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων $1,959\text{W/m}^2\text{K}$ και για ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $0,028\text{W/mK}$ προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 326,416MJ, ενώ για ποσοστό υαλοπινάκων 10% και για τις ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων προκύπτει ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση 416,341MJ, δηλαδή αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων κατά 30% από 10% σε 40% προκαλεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 89,925MJ, από 416,341MJ σε 326,416MJ (η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση μειώθηκε κατά 21,6%). Σκοπός αυτού του παραδείγματος, ήταν να παρατηρηθεί ότι η ίδια αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος στην περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής των υαλοπινάκων προκαλεί μεγαλύτερη μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης σε σχέση με την περίπτωση όπου προκαλείται η ίδια αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων μεταξύ των ίδιων τιμών του P_f για την περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής και για τις ίδιες τιμές των άλλων παραμέτρων (U_f , k_i , w_i). Όπως ήδη έχει αναφερθεί αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος συνεπάγεται αύξηση του ηλιακού θερμικού κέρδους αλλά και παράλληλα αύξηση των απωλειών διάγωγής των υαλοπινάκων. Ωστόσο, η αύξηση του ηλιακού

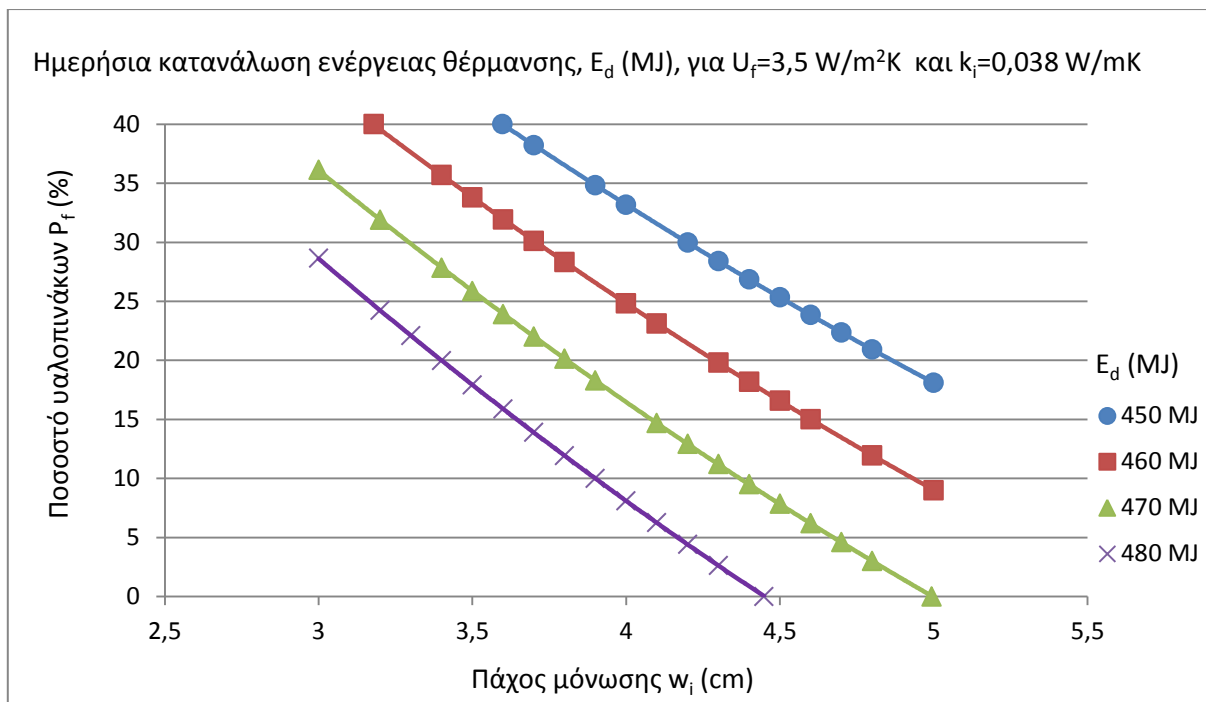
θερμικού κέρδους υπερισχύει των απωλειών αγωγής των υαλοπινάκων. Επίσης, οι απώλειες διάγωγής και στις δύο περιπτώσεις κτιρίων είναι οι ίδιες, καθώς αυτές είναι ανεξάρτητες του προσανατολισμού, ενώ σε κάθε περίπτωση η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων στο κέλυφος θεωρήθηκε η ίδια. Επιπλέον, όπως ήδη παρουσιάστηκε στην περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής υαλοπινάκων έχουμε μεγαλύτερο ηλιακό θερμικό κέρδος υαλοπινάκων λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι νότιοι υαλοπίνακες. Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό ότι η ίδια αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων στην περίπτωση της βελτιωμένης κατανομής αυτών στο κέλυφος προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση του ηλιακού θερμικού κέρδους από τους υαλοπίνακες και συνεπώς επιτυγχάνεται μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης από ότι στην περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος.

- Συγκρίνοντας τα διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει για το ίδιο ποσοστό υαλοπινάκων, P_f , και για το ίδιο πάχος μόνωσης, w_i , παρατηρείται ότι η επίδραση του U_f στην ενεργειακή κατανάλωση είναι η ίδια τόσο στην περίπτωση της βελτιωμένης όσο και στην περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής. Για παράδειγμα, συγκρίνοντας διαγράμματα για το ίδιο ποσοστό υαλοπινάκων, P_f , και για το ίδιο πάχος μόνωσης, w_i , παρατηρούμε ότι για σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης η ίδια μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων U_f προκαλεί την ίδια μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση στην ισομοιρασμένη και στην βελτιωμένη κατανομή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι απώλειες διάγωγής των υαλοπινάκων είναι ανεξάρτητες του προσανατολισμού, επίσης είναι ανάλογες της συνολικής επιφάνειας των υαλοπινάκων που είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις που εξετάζουμε και ακόμη είναι ανάλογες του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f . Έτσι, η ίδια μείωση του U_f , για σταθερές τιμές των άλλων παραμέτρων, προκαλεί την ίδια μείωση των απωλειών διάγωγής και συνεπώς την ίδια μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση και στις δύο περιπτώσεις.

15.4 Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ της μεθόδου που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία και της μεθόδου που εφαρμόστηκε σε δημοσίευση όπου μελετάται η επίδραση του συνδυασμού της μόνωσης και των υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων

Στην ενότητα αυτή θα γίνει διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζονται καμπύλες της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης συναρτήσει του πάχους της μόνωσης, w_i , και του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , οι οποίες προέκυψαν όπως περιγράφεται στην ενότητα 15.1 για διαφορετικό όμως συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , και για άλλη τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , με σκοπό να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ της μεθόδου που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία και της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών που εφαρμόστηκε σε μελέτη [112] που έχει δημοσιευθεί και τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

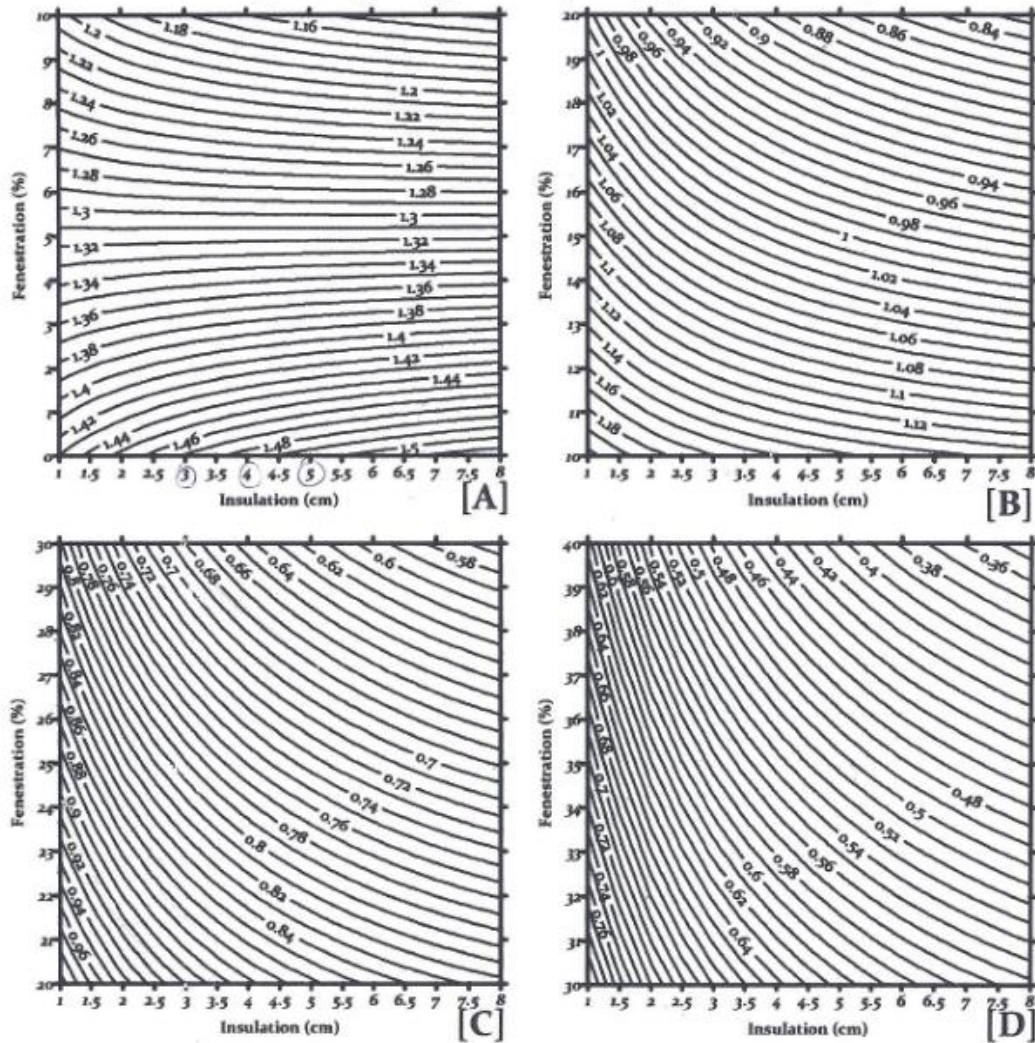
Πιο συγκεκριμένα, στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένες ενδεικτικές καμπύλες της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης (για αποκατάσταση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας 22°C, σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης και ποσοστά επιφάνειας υαλοπινάκων αναγραφόμενα στις κλίμακες αξόνων κάθε σχήματος. Η μελέτη μας έγινε για πάχος μόνωσης μεταβαλλόμενο από 3 έως 5cm και για ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους (εξαιρουμένης της οροφής) μεταβαλλόμενο από 0 έως 40%. Οι τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων και της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας θεωρήθηκαν σταθερές και ίσες με $U_f=3,5\text{W/m}^2\text{K}$ και $k_i=0,038\text{W/mK}$ αντίστοιχα. Ο υπολογισμός της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης γίνεται για το κτίριο αναφοράς που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 14, στην περιοχή της Αθήνας για την 21^η Ιανουαρίου.



Σχήμα 15.4.1: Καμπύλες ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, E_d (MJ), οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης, w_i (cm), και σε ποσοστά υαλοπινάκων, P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=3,5\text{W/m}^2\text{K}$ και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,038\text{W/mK}$.

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα τα οποία παρουσιάστηκαν σε δημοσίευση [112] όπου έγινε μελέτη της συνδυασμένης επίδρασης των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ενός κτιρίου αναφοράς, στην περιοχή της Αθήνας, κατά την 21^η Ιανουαρίου με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών, η οποία παρέχει πολύ μεγάλη ακρίβεια στα αποτελέσματα της. Το κτίριο αναφοράς που μελετάται στη δημοσίευση παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς που επιλέχθηκε στην παρούσα εργασία και το οποίο περιγράφηκε στο κεφάλαιο 14, ενώ η μελέτη έγινε για σταθερή θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος ίση με $T=22^\circ\text{C}$ δηλαδή για την ίδια θερμοκρασία που έγινε και η παρούσα μελέτη.

Daily Heating Energy Consumption [G], Basic Case Study



Σχήμα 15.4.2: Καμπύλες ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης E_d , οι οποίες αντιστοιχούν σε πάχη μόνωσης w_i (cm) και ποσοστά υαλοπινάκων P_f (%), αναγραφόμενα στις κλίμακες των καρτεσιανών αξόνων και υπολογίζονται με την μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών για την 21^η Ιανουαρίου για το κτίριο αναφοράς και για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων $U_f=3,5W/m^2K$ όπως και για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης $k_i=0,038W/mK$. [112]

Συγκρίνοντας τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούνται τα εξής:

- Οι τιμές της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης που προκύπτουν από τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών είναι κατά κύριο λόγο μεγαλύτερες από τις τιμές της ενεργειακής κατανάλωσης που προκύπτουν με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία για το ίδιο πάχος μόνωσης και για το ίδιο ποσοστό υαλοπινάκων. Η διαφορά που προκύπτει για τις ίδιες τιμές του ποσοστού των υαλοπινάκων και του πάχους της μόνωσης μεταξύ της τιμής της ενεργειακής κατανάλωσης που υπολογίστηκε με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία και της τιμής της ενεργειακής κατανάλωσης που προέκυψε με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών δεν είναι σταθερή, αλλά παρουσιάζεται μεγαλύτερη αυτή η διαφορά όταν υπολογίζεται για μικρότερη τιμή του ποσοστού των υαλοπινάκων, ενώ είναι μικρότερη όταν υπολογίζεται για μεγαλύτερες τιμές του ποσοστού των υαλοπινάκων. Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα ενδεικτικά αναφέρεται ότι για ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=25\%$ και για πάχος μόνωσης $w_i=4cm$, η μέθοδος μας δίνει ενεργειακή κατανάλωση ίση με $E_d=460MJ$, ενώ η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών δίνει ενεργειακή κατανάλωση ίση με $E_d=760MJ$. Συνεπώς, η ενεργειακή κατανάλωση προέκυψε μεγαλύτερη κατά 300MJ (αυξήθηκε κατά 65,2%). Επίσης, για ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=30\%$ και για πάχος μόνωσης

$w_i=4\text{cm}$, η μέθοδος μας δίνει ενεργειακή κατανάλωση ίση με $E_d=453,82\text{MJ}$, ενώ η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών δίνει ενεργειακή κατανάλωση ίση με $E_d=645\text{MJ}$. Συνεπώς, η ενεργειακή κατανάλωση προέκυψε μεγαλύτερη κατά $191,18\text{MJ}$ (αυξήθηκε κατά $42,1\%$). Τέλος, για ποσοστό υαλοπινάκων $P_f=40\%$ και για πάχος μόνωσης $w_i=4\text{cm}$, η μέθοδος μας δίνει ενεργειακή κατανάλωση ίση με $E_d=441,85\text{MJ}$, ενώ η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών δίνει ενεργειακή κατανάλωση ίση με $E_d=435\text{MJ}$. Συνεπώς, η ενεργειακή κατανάλωση προέκυψε μικρότερη κατά $6,85\text{MJ}$ (μειώθηκε κατά $1,55\%$).

- Τόσο από την παρούσα μελέτη όσο και από τη μελέτη [112] των πεπερασμένων διαφορών προέκυψε ότι για σταθερό πάχος μόνωσης, αύξηση του ποσοστού υαλοπινάκων, P_f , συνεπάγεται μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης λόγω της αύξησης του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων.
- Σύμφωνα με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε στη παρούσα εργασία προέκυψε ότι για σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων, αύξηση του πάχους της μόνωσης συνεπάγεται μείωση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε παρατηρώντας τα διαγράμματα του σχήματος 15.4.2 τα οποία προέκυψαν με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών, με τη διαφορά όμως ότι για σταθερό P_f αύξηση του πάχους της μόνωσης προκαλεί την αναμενόμενη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για τιμές του ποσοστού των υαλοπινάκων μεγαλύτερες του 5% . Αντίθετα, για ποσοστό υαλοπινάκων μικρότερο του 5% και για σταθερή τιμή αυτού, αύξηση του πάχους μόνωσης προκαλεί αύξηση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης μειώνεται η διάγωγη εισερχόμενη ηλιακή θερμότητα μέσω των εξωτερικών τοίχων η οποία παίζει τώρα τον ρυθμιστικό ρόλο αντί της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται από την περιορισμένη επιφάνεια των υαλοπινάκων. Λόγω της αντίθετης αυτής συμπεριφοράς της μόνωσης για $P_f<5\%$ και $P_f>5\%$, η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης προκύπτει σχεδόν ανεξάρτητη του πάχους της μόνωσης για ποσοστό υαλοπινάκων 5% . Η αντιθετική αυτή συμπεριφορά της μόνωσης δεν παρουσιάστηκε με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία.
- Συμπεραίνουμε λοιπόν, βάσει των παραπάνω ότι η μέθοδος που εφαρμόστηκε στην εργασία αυτή για τον υπολογισμό της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης δεν είναι ακριβής. Ωστόσο, τα αποτελέσματα μας μπορούν να αξιοποιηθούν ποιοτικά.

Σύνοψη

Αρχικά στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν οι έννοιες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση του ρόλου και της λειτουργίας του κτιριακού κελύφους και της ανάγκης ελαχιστοποίησης της μεταφερόμενης θερμότητας διαμέσου αυτού, καθώς, επίσης, παρουσιάστηκαν και οι παράγοντες που καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Αναλύθηκε θερμικά η δομή τυπικών δομικών στοιχείων που δύνανται να συνθέσουν το ελληνικό κτιριακό κέλυφος και έγινε έρευνα και μελέτη των παραμέτρων των στοιχείων αυτών.

Έγινε κατανοητό ότι οι σημαντικότεροι κατασκευαστικοί παράγοντες που επιδρούν στο επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η μόνωση με τα χαρακτηριστικά της μεγέθη, δηλαδή το πάχος της και την ειδική θερμική της αγωγιμότητα, και οι υαλοπίνακες με τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη, δηλαδή τον συντελεστή θερμικής διαπερατότητας, το ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνουν επί του κελύφους καθώς και τον προσανατολισμό τους. Αυτό συμβαίνει διότι τα δύο αυτά δομικά στοιχεία παρουσιάζουν την μεγαλύτερη και την μικρότερη θερμική αντίσταση, αντιστοίχως, από όλα τα άλλα στοιχεία του κτιριακού κελύφους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, μάλιστα, παρουσιάζουν οι υαλοπίνακες και σε μικρότερο βαθμό η μόνωση, κατά την χειμερινή περίοδο αφού επιτρέπουν την είσοδο τόσο θετικών (ηλιακή ακτινοβολία) όσο και αρνητικών (αγωγή θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας) φορτίων.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας αρχικά μελετήθηκε η θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου αναφοράς για την περιοχή της Αθήνας κατά την 21^η Ιανουαρίου. Στη συνέχεια, εξετάστηκε η επίδραση του συνδυασμού των παραμέτρων της μόνωσης (k_i , w_i) και των υαλοπινάκων (P_i , U_i) στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς, μέσω διαγραμμάτων όπου δίνονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης συναρτήσει των παραμέτρων των δύο αυτών στοιχείων και οι οποίες υπολογίζονται για την 21^η Ιανουαρίου. Όσον αφορά την κατανομή των υαλοπινάκων στο κτίριο αναφοράς, αρχικά, θεωρήθηκε ότι η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων στο κέλυφος ισομοιράζεται στις τέσσερες πλευρές του κτιρίου, δηλαδή ότι οι τέσσερις όψεις αυτού διαθέτουν την ίδια επιφάνεια υαλοπινάκων, ενώ στη συνέχεια μελετήθηκε και η περίπτωση όπου οι υαλοπίνακες τοποθετούνται μόνο στις τρεις πλευρές του κτιρίου, δηλαδή σε αυτές με προσανατολισμό σε νότο, δύση και ανατολή, ενώ στη βόρεια πλευρά δεν υπάρχουν υαλοπίνακες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων για τους οποίους επιτυγχάνεται η ίδια ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση, όσο και οι συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων αυτών για τους οποίους μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης.

Βάσει της μελέτης μας αυτής για το τυπικό κτίριο αναφοράς κατά την 21^η Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας προέκυψαν τα εξής βασικά συμπεράσματα:

- Το κτίριο αναφοράς για τον εξής συνδυασμό των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων: ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης $k_i=0,038\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, πάχος μόνωσης $w_i=0,04\text{m}$, συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων $U_i=3,5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ και ποσοστό υαλοπινάκων $P_i=25\%$ επί της επιφάνειας των τεσσάρων τοίχων, παρουσιάζει σημαντικές απώλειες (459,799MJ/day) και συνεπώς καθίσταται ασύμφορο από ενεργειακής άποψης.
- Οι βόρειοι υαλοπίνακες δέχονται τη μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία καθώς δέχονται μόνο διάχυτη και όχι άμεση ακτινοβολία, ενώ οι νότιοι υαλοπίνακες δέχονται τη μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον, για συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων $U_i=3,5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ και για επιφάνεια βόρειων υαλοπινάκων ίση με $A_i=7,5\text{m}^2$, το ημερήσιο συνολικό φορτίο που διέρχεται διαμέσου αυτών προκύπτει αρνητικό και συνεπώς σημειώνονται μόνο απώλειες από τους βόρειους υαλοπίνακες. Αντίθετα, για τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας, U_i , και για την ίδια επιφάνεια, A_i , το ημερήσιο συνολικό φορτίο διαμέσου των νότιων υαλοπινάκων προκύπτει θετικό και συνεπώς έχουμε κέρδος από αυτούς για το κέλυφος, το οποίο μάλιστα είναι μεγαλύτερο από το κέρδος που μπορεί να παρουσιάζουν οι υαλοπίνακες των άλλων προσανατολισμών.
- Αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης ή/και αυξάνοντας το ποσοστό των υαλοπινάκων στο κέλυφος προκαλείται μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης.
- Μειώνοντας την ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης ή/και τον συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων προκαλείται μείωση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης.

- Από τα διαγράμματα στα οποία δίνονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης συναρτήσει του πάχους της μόνωσης και του ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος προκύπτει ότι υπό την προϋπόθεση σταθερής ενεργειακής κατανάλωσης για μείωση ή αύξηση του πάχους της μόνωσης, w_i , απαιτείται αύξηση ή μείωση του ποσοστού των υαλοπινάκων, P_f , αντίστοιχα. Το ίδιο ισχύει και αντιστρόφως.
- Από τα διαγράμματα στα οποία δίνονται οι καμπύλες σταθερής ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης συναρτήσει της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης και του συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, προκύπτει ότι υπό την προϋπόθεση σταθερής ενεργειακής κατανάλωσης για μείωση ή αύξηση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης, k_i , απαιτείται αύξηση ή μείωση του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, U_f , αντίστοιχα. Το ίδιο ισχύει και αντιστρόφως.
- Στην περίπτωση που η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων που προκύπτει κάθε φορά από το ποσοστό της επιφάνειας των υαλοπινάκων, P_f , επί του κελύφους διανέμεται κατά 50% στην νότια όψη του κτιρίου, κατά 25% στην ανατολή όψη και κατά 25% στη δυτική όψη του κτιρίου, ενώ στη βόρεια όψη δεν τοποθετούνται υαλοπίνακες, προκύπτει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης σε σχέση με την περίπτωση της ισομοιρασμένης κατανομής των υαλοπινάκων στο κέλυφος, όπου δηλαδή η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων διανέμεται κατά 25% σε κάθε μία από τις τέσσερις προσανατολισμένες όψεις του κτιρίου.
- Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της μεθόδου που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία με τα αποτελέσματα της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών (μέθοδος με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια) τα οποία παρουσιάστηκαν σε δημοσίευση όπου έγινε μελέτη της συνδυασμένης επίδρασης των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ενός κτιρίου αναφοράς (το οποίο παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς που μελετήσαμε), στην περιοχή της Αθήνας, κατά την 21^η Ιανουαρίου, παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις. Συνεπώς, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η μέθοδος που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία δεν είναι ακριβής. Ωστόσο, τα αποτελέσματα μας μπορούν να αξιοποιηθούν ποιοτικά.
- Ως γνωστόν, οι τοίχοι και η οροφή αποδίδουν στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει μετά από κάποια χρονική υστέρηση. Στην παρούσα μελέτη, όμως, θεωρήθηκε μόνιμη κατάσταση, και συνεπώς τα ωριαία αποτελέσματα μας δεν είναι σωστά. Ωστόσο, οι υπολογισμοί για την κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης έγιναν για όλο το 24ωρό και συνεπώς θεωρήθηκε ότι τα αποτελέσματα μας ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, καθώς κατά τη διάρκεια του 24ώρου ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό του κτιρίου. Τελικά, όμως, όπως παρατηρήθηκε παραπάνω, μέσα από την σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με τα αποτελέσματα της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών, προκύπτει ότι η μέθοδος μας δεν είναι ακριβής και ότι η ορθότητα των αποτελεσμάτων μας είναι ποιοτική.

Τέλος, καθώς η μελέτη της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων παρουσιάζει τόσο θεωρητική όσο και πρακτική αξία, ενώ αποκτά όλο και μεγαλύτερη βαρύτητα το ζήτημα του ελέγχου της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στις μέρες μας, θα προτείνουμε κάποια θέματα τα οποία θα μπορούσαν να μελετηθούν μελλοντικά με σκοπό τη βαθύτερη γνώση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων η οποία, επιπλέον, θα παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στους τρόπους κατασκευής αυτών στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας. Ως θέματα μελέτης, λοιπόν, που θα μπορούσαν να εκπονηθούν προτείνονται η συνδυασμένη επίδραση των κυριότερων παραμέτρων του κτιριακού κελύφους δηλαδή της μόνωσης και των υαλοπινάκων και άλλων παραμέτρων (οι οποίες αναλόγως παρουσιάζουν μεγαλύτερη ή μικρότερη βαρύτητα), στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Σε συνδυασμό, λοιπόν, με τις βασικότερες παραμέτρους του κτιριακού κελύφους θα μπορούσαν να μελετηθούν και οι εξής παράμετροι:

- το σχήμα του κτιρίου όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να γίνει μελέτη για ένα τυπικό κτίριο ορθογωνικού σχήματος το οποίο θα είναι προσανατολισμένο έτσι ώστε η μεγάλη επιφάνεια του να είναι στραμμένη προς το νότο
- ο προσανατολισμός του κτιρίου, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να γίνει μελέτη ενός κτιρίου το οποίο δε διαθέτει υαλοπίνακες στον βορρά, με αποτέλεσμα όταν αλλάξει ο προσανατολισμός αυτού και η πρώην βόρεια όψη του βρεθεί στραμμένη προς το νότο, να σημειωθούν σημαντικές μεταβολές στην ενεργειακή του συμπεριφορά

- η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου υπό την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης στους χρήστες αυτού, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να μελετηθεί ένα κτίριο αναφοράς για σταθερή θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος ίση με 20°C, δηλαδή για χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία από την θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος για την οποία έγινε η παρούσα μελέτη (22°C)
- η μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο κτιριακό κέλυφος στην περίπτωση μιας νεφελώδους μέρας
- ο συντελεστής σκίασης του κτιριακού κελύφους από εμπόδια του περιβάλλοντος χώρου όπως γειτνιάζοντα κτίρια αλλά και από το ίδιο το κέλυφος όπως μπαλκόνια και προστεγάσματα
- ο αερισμός του κτιριακού κελύφους όπως για παράδειγμα η αύξηση των απαιτήσεων για νωπό εξωτερικό αέρα η οποία θα οδηγήσει σε αύξηση της ανανέωσης του αέρα του εσωτερικού χώρου, με αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών θερμότητας ιδιαίτερα κατά την περίοδο θέρμανσης

Βιβλιογραφία

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Building_envelope
- [2] http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414_androutsopoulos.pdf
- [3] <http://www.c2es.org/docUploads/BuildingEnvelope.pdf>
- [4] <http://blog.titanwall.com/tag/envelope-building-science>
- [5] Αιμ.Γ. Κορωναίος, Γ.Ι.Πουλάκος, Τεχνικά υλικά, τόμος 2, 2005
- [6] Κλειώ Ν. Αξαρλή, Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων-Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού
- [7] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm
- [8] Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών υλικών, 2004
- [9] Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2010
- [10] Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)
- [11] Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-2/2010
- [12] Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Θερμική άνεση στα κτίρια, νέα πρότυπα και βελτίωσης θερμικής άνεσης στα κτίρια, 2006
- [13] Ε. Δασκαλάκη, Κ. Δρούτσα, Κ.Α. Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης, Τυπολογία ελληνικών κτιρίων κατοικίας, δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας, 2011
- [14] Χ. Τζιβανίδης, Θερμική συμπεριφορά κτιρίων
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort
- [16] <http://www.tekto.gr/>
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_air_quality
- [18] Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20702-5/2010
- [19] Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-3/2010
- [20] <http://el.wikipedia.org/wiki/Κλίμα>
- [21] Κ. Α. Αντωνόπουλος, Κλιματισμός, Μέρος Πρώτο, 2011
- [22] Κ. Α. Αντωνόπουλος, Θερμικά ηλιακά συστήματα, Μέρος Πρώτο, 2008
- [23] [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/\\$file/ODIGOS%20THE RMOMONOSIS%20KTIRIWN%20H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/$file/ODIGOS%20THE%20RMOMONOSIS%20KTIRIWN%20H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf)
- [24] Ξ. Κακάτσιος, Αρχές μεταφοράς θερμότητας και μάζης, 2006
- [25] Αιμ.Γ. Κορωναίος, Γ.Ι.Πουλάκος, Τεχνικά υλικά, τόμος 1, 2006
- [26] Δ. Αραβαντινός, Επίδραση των θερμογεφύρων στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, προβλήματα και τρόποι αντιμετώπισης τους, 2009
- [27] Δ. Αραβαντινός, Εξωτερικές τοιχοποιίες [υλικά και κατασκευή, θερμομόνωση και υγρομόνωση, επίχριση και βαφή, συντήρηση και επισκευή], 2008
- [28] <http://www.rizakos.gr/>
- [29] Πακέτο θερμομόνωσης κτιρίων, εκδόσεις Φούντας
- [30] Μελέτες θερμομόνωσης κτιρίων, J&P - ΑΒΑΞ
- [31] Γρηγόριος Χρ. Φούντας, Θερμομόνωση Κτιρίων
- [32] <http://www.printzis.gr/>

- [33] Ο. Ζώγου, Βοήθημα εκπόνησης μελέτης θέρμανσης, υποδείγματα τεχνικών περιγραφών, υπολογισμών, πίνακες και διαγράμματα, 2011
- [34] <http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Androutsopoulos-02.pdf>
- [35] <http://www.civiltech.gr/docs/Energy/Teyxh/MEA.pdf>
- [36] http://www.kenaktools.gr/phocadownloadpap/Study/Teyxos_analytikwn_ypologismwn.pdf
- [37] http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIA_NEWN_MHXANIKWN_OKTWBRIOS_08/aae_H_M.pdf
- [38] Δ. Αναστασέλος, Θερμομονωτική επάρκεια-θερμογέφυρες
- [39] <http://building.dow.com/europe/el/>
- [40] Α. Ανδρουσόπουλος, Α. Δημούδη, Σ. Λυκούδης, Η αεριζόμενη τοιχοποιία ως στοιχείο εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια
- [41] <http://www.ytong.gr/>
- [42] <http://kebe-sa.gr/greek/wp-content/uploads/2013/04/1112-GR-KEBE-TOYBΛO.pdf>
- [43] Χρ. Καλογήρου, Α. Σαγιά, Διερεύνηση των Βιοκλιματικών Χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου-Δυνατότητες προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης
- [44] <http://www.knauf.gr/www/el/index.php>
- [45] Αιμ.Γ. Κορωναίος, Γ.Ι.Πουλάκος, Τεχνικά υλικά, τόμος 4, 2006
- [46] <http://www.melios-paphitis-bricks.com.cy/downloads/ProductCatalogue.pdf>
- [47] <http://anagnostaras.gr/>
- [48] <http://www.kokkinogenis.gr/gr/>
- [49] ΠΕΤΕΠ 03-02-02-00, Οπτοπλινθοδομές, 2005
- [50] Δ. Αραβαντινός, Θερμομόνωση και στεγανοποίηση των κτιρίων: διάγνωση, ευαίσθητα σημεία, επιλογή λύσης, υλικά, εφαρμογή, 2005
- [51] [http://e-oikodomos.blogspot.gr/Τοιχοποιία: είδη, διαστάσεις κλπ. \(Β΄ μέρος\)](http://e-oikodomos.blogspot.gr/Τοιχοποιία: είδη, διαστάσεις κλπ. (Β΄ μέρος))
- [52] <http://www.aegean.gr/> Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων–Τοιχοποιίες
- [53] <http://www.verykokos.gr/>
- [54] <http://www.aivaliotis.com.gr/>
- [55] <http://www.xalatsi.gr/>
- [56] <http://www.bakas-block.gr/>
- [57] <http://www.kothali.gr/>
- [58] Δ. Αραβαντινός, Ελαφροτσιμεντόλιθοι, παραγωγή, ιδιότητες, χρήση και εφαρμογές, 2009
- [59] ΠΕΤΕΠ 03-06-02-02, Θερμομονώσεις εξωτερικών τοίχων, 2006
- [60] <http://www.epshellas.com/>
- [61] <http://www.knaufinsulation.gr/>
- [62] <http://www.ktiriaka.gr/>
- [63] Δ. Μπίκας, Ξύλινη στέγη:[κατασκευή, υλικά, θερμομόνωση, στεγανοποίηση, επικαλύψεις, φωτοβολταϊκά, εξαρτήματα, επισκευή], 2007
- [64] http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/PIRANT_YLIKA/pir_5_6.htm
- [65] <http://www.protesol.gr/downloads/glossary/Glossary-1/%CE%93/>
- [66] ΠΕΤΕΠ 03-06-02-01, Θερμομονώσεις δωματίων, 2006

- [67] http://macon.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=638%3A2011-07-25-10-35-07&catid=57%3Aeksoterikesthermomonoseis&Itemid=36&lang=el
- [68] <http://www.kelyfos.eu/site/prod.php?wr=8>
- [69] <http://www.esha.gr/>
- [70] ΠΕΤΕΠ 03-06-02-03, Θερμομονώσεις κεραμοσκεπών στεγών, 2006
- [71] Γ. Γκαϊντατζής, Μ. Δημητρίου, Συγκριτική αξιολόγηση συστημάτων θερμικής προστασίας του δώματος κτιριακών κατασκευών με τη μέθοδο της ανάλυσης κύκλου ζωής
- [72] <http://www.georythmiki.gr/>
- [73] http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/ST_THERM_ILIKA/st2_par_1_3t.htm
- [74] <http://www.fibran.gr/frontend/index.php>
- [75] <http://www.doukas.com.gr/>
- [76] <http://www.naro.gr/22/2437384/i-solar3d-ensomatonei-tin-technologie-kupselon-se-keramidia-stegon.html>
- [77] <http://www.energypress.gr/news/teχνologia-enerγια/Enswmatwsh-f-b-kypselwn-se-keramidia-meleta-h-Solar3D>
- [78] http://pappaspellet.com/index.php?option=com_content&view=article&id=86:fotovoltaika-keramidia&catid=79:news&Itemid=506&lang=gr
- [79] ΠΕΤΕΠ 03-05-03-00, Δώματα-Στέγες με φέρον υπόστρωμα από χαλυβδοελάσματα τραπεζοειδών προς τα κάτω νευρώσεων και στρώσεις θερμομόνωσης-στεγάνωσης, 2006
- [80] Π. Σκαρλάτος, Δάπεδα : εσωτερικών και εξωτερικών χώρων : υλικά, επιλογή, τοποθέτηση, επεξεργασία, συντήρηση, 2007
- [81] http://ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/instructions/2009_62.pdf
- [82] http://ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/instructions/2009_61.pdf
- [83] ΠΕΤΕΠ 03-07-01-01, Ξύλινα καρφωτά δάπεδα, 2005
- [84] <http://www.4myhouse.gr/>
- [85] Αιμ.Γ. Κορωναίος, Γ.Ι.Πουλάκος, Τεχνικά υλικά, τόμος 3, 2005
- [86] ΠΕΤΕΠ 03-07-06-01, Δάπεδα με μοκέτα, 2005
- [87] Π. Φαντάκης, Δαπεδοθέρμανση
- [88] Σ. Κεσίδου, Μονωτικά υλικά και περιβάλλον, 2010
- [89] <http://www.kelyfos.eu/site/prod.php?wr=8>
- [90] <http://www.kenaktools.gr/phocadownloadpap/fibrotile.pdf>
- [91] <http://www.fragoulakis.gr/monoseis-taratsas-thermomonotiko-plakidio.html>
- [92] http://www.ngiannakopoulos.gr/products_thermomonotika_plakes_felou.htm
- [93] http://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose_insulation
- [94] <http://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel>
- [95] http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_insulated_panel
- [96] Α.Κ. Καραμάνος, Ε.Γιαμά, Σ.Χαδιαράκου, Α.Μ. Παπαδόπουλος, Συγκριτική αξιολόγηση πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης, 2005
- [97] http://www.bioclima.com.gr/media/pdf/bioclima_technical.pdf
- [98] Κ.Α.Π.Ε., Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης, 1999

- [99] Σταμάτης Δ. Πέρδιος, Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια-αθλητικά κέντρα-βιομηχανίες-μεταφορές, 2007
- [100] http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-change_material
- [101] Αιμ. Γ. Κορωναίος, Γ.Φ. Σαργέντης, Δομικά υλικά και οικολογία, 2005
- [102] Φ. Πρεφτίση, Κουφώματα :[είδη, υλικά κατασκευής, πιστοποίηση, εξαρτήματα και αυτοματισμοί, υαλοπίνακες, συστήματα ηλιοπροστασίας, συντήρηση], 2008
- [103] http://www.vasglass.gr/index.php?cPath=28_41
- [104] <http://www.prismaglass.gr/>
- [105] Δ. Μπίκας, Κουφώματα και υαλοπετάσματα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι επιλογές που καθορίζουν την ενεργειακή τους απόδοση, 2009
- [106] <http://sunandshadow.gr/2010/12/6897/>
- [107] http://www.thermoglass.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=20
- [108] <http://www.patrinios.gr/images/products/1293621096-IDIOTITES%20ENERGEIAKON.pdf>
- [109] http://plessio.gr/KRITIRIA_EPILOGHS_PLESSIO.pdf
- [110] <http://www.samarasglass.com/publications.htm>
- [111] ΠΕΤΕΠ 03-08-7-02, Διπλοί υαλοπίνακες με ενδιάμεσο κενό, 2006
- [112] Χ. Τζιβανίδης, Φ. Γιώτη, Κ.Α. Αντωνόπουλος, Επίδραση του συνδυασμού μόνωσης και υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων
- [113] Δ. Κρασιώτης, Στεγανοποίηση στα κτίρια από τη φάση σχεδιασμού, 2010
- [114] ΠΕΤΕΠ 03-06-01-01, Στεγανοποιήσεις δώματος-στεγών με ασφαλικές μεμβράνες, 2008
- [115] ΠΕΤΕΠ 03-06-01-02, Στεγάνωση δωματίων-στεγών με μεμβράνη P.V.C., 2008
- [116] Α. Κάλτσιος, Στεγανοποίηση υπόγειων κατασκευών, 2011
- [117] <http://www.marmaronet.com/el/marmaro-blog/stone-business-blog-esoterikon-mas/imerida-osme-gia-exodo-apo-krisi/eisigisi-psixra-ilika-astikos-istos-karlesi.html>
- [118] Δ. Κολοκάτσα, Στ. Τουρνάκης, Α. Συννεφάς, Θ. Τσούτσος, Μ. Σανταμούρης, Τα ψυχρά υλικά και ο ρόλος τους στο δομημένο περιβάλλον, 2011
- [119] C. Tzivanidis, K.A. Antonopoulos, F. Gioti, Adjustment of envelopes characteristics to climatic conditions for saving heating and cooling energy in buildings, 2012