



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ
ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ
ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**

ΤΩΝ

**ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΟΝΔΥΛΗ (ΑΜ:01106608)
& ΜΙΧΑΛΗ ΡΟΚΑΝΑ (ΑΜ:01099906)**

Επόπτης:
Πουλάκος Γεώργιος, Καθηγητής ΕΜΠ

**Αθήνα
ΕΤΟΣ 2012**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΣΥΝΟΨΗ	9
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ-ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ	11
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΜΟΝΩΣΗΣ	13
1.2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ	14
1.3 ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ	16
1.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ	17
1.4.1 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	20
1.5 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	22
1.5.1 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	22
1.5.2 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	23
1.6 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	28
1.6.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	29
1.6.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΙΣΙΜΟΤΕΡΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΘΕΡΜΟΥΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	30
1.7 ΕΙΔΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ	36
1.7.1. ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	37
1.7.2. ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΥΔΡΑΤΜΩΝ	37
1.7.3. ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΥΔΡΑΤΜΩΝ	37
1.8 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	38
1.9 ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ	38
1.10 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	40
1.11 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	42
1.12 ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	42
1.13 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ	42

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ	45
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	45
2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ	45
2.2.1 ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	46
2.2.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΟΝΩΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΝ	53
3.1 ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ/ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	53
3.2 ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	54
3.3 ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ PS-21	55
3.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ PS-21	55
3.4.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ PS-21	55
3.4.2 ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ PS-21	56
3.4.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ PS-21	57
3.4.4 ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ – ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ PS-21	57
3.5 ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ FLEXCOAT	57
3.6 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ PS-21	57
3.6.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ FLEXCOAT	57
3.6.2 ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ	58
3.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ	61
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	61
4.2 ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΩΝ ΚΗΠΩΝ	64
4.3 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	64
4.4 ΑΝΑΓΚΗ ΧΡΗΣΗΣ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ	67
4.5 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ	68
4.6 ΤΥΠΟΙ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ	70

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

4.6.1 ΕΚΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	70
4.6.2 ΕΝΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ.....	72
4.6.3 ΗΜΙΕΝΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ.....	74
4.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ	74
4.7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	74
4.7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ	75
4.7.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΔΩΜΑΤΟΣ.....	76
4.7.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	78
4.8 ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ	81
4.9 ESHAGUM ΑΝΤΙΡΟΟΤ (B2)	82
4.9.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	82
4.9.2 ΣΥΣΤΑΣΗ	83
4.9.3 ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	83
4.9.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	84
4.10 ESHADIEN ΑΝΤΙΡΟΟΤ B2	85
4.10.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	85
4.10.2 ΣΥΣΤΑΣΗ	85
4.10.3 ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	86
4.10.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	86
4.11 ΣΥΓΚΡΙΣΗ	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	89
5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	89
5.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	89
5.3 ΜΕΜΒΡΑΝΗ PVC 30541	90
5.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ PVC 30541	90
5.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ PVC 35041	93

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

5.6 ΒΑΦΗ MASTERSEAL 142A	94
5.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ MASTERSEAL 142A	94
5.8 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΑΦΗΣ MASTERSEAL 142A	95
5.9 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΦΗΣ MASTERSEAL 142A	96
5.10 ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΑΦΗΣ MASTERSEAL 142A	99
5.10.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ AIRLESS	100
5.10.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	100
5.11 ΣΥΓΚΡΙΣΗ	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	102
6.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	102
6.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	123
6.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΥΓΡΙΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΜΕΛΕΤΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	130
7.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	130
7.1.1 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ	130
7.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	137
7.2.1 ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	137
7.3 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	142
7.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΧΩΡΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ)	147
7.4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	147
7.4.2 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	147
7.4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ.....	153
7.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	153
7.5.1 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΙΣ	153
7.5.2 ΔΑΠΕΔΑ.....	173

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

7.5.2 ΔΩΜΑΤΑ	178
7.5.4 ΣΤΕΓΗ	181
7.5.5 ΥΠΟΓΕΙΑ ΤΟΙΧΙΑ.....	188
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	190
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	192
I. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΧΩΡΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ)	193
II. ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	213

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΟΝΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	20
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ	27
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	27
ΕΙΚΟΝΑ 4: Α) ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ, Β) ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	27
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	41
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΡΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΕ ΤΑΡΑΤΣΑ	1
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.....	48
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΕΠΑΛΕΙΦΟΜΕΝΟΥ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΤΑΡΑΤΣΑ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΣΕ ΤΟΙΧΟ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΣΕ ΤΑΡΑΤΣΑ.....	51
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΟΙ ΚΡΕΜΑΣΤΟΙ ΚΗΠΟΙ ΤΗΣ ΒΑΒΥΛΩΝΑΣ.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ	66
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΕΛΙΣΑΒΕΤΙΑΝΗΣ ΕΠΟΧΗΣ	66
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	69
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΕΚΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ	70
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΕΝΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΗΜΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ	74
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΜΕΝΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	94
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ	130
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΓΩΓΗ	131
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ.....	132

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 22: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ.....	133
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	135
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΜΕΓΕΘΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	136
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	137
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	139
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΒΑΣΕΙ ΚΕΝΑΚ	140
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΟΛΙΚΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	155
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ (Α) ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ (Β) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΤΟΙΧΟ	156
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ (Α) ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ (Β) ΤΟΙΧΟΥ	156
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	167
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	168
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	170
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΥΡΗΝΑ ΔΙΠΛΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.....	171

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΩΣΗΣ	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΚΥΡΙΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑ.....	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ.....	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΦΡΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ.....	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΟΥ ΦΕΛΛΟΥ	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΒΑΤΟΜΑΛΛΟΥ.....	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΜΒΑΚΟΜΑΛΛΟΥ	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΓΥΑΛΙΟΥ.....	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΛΙΤΗ	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΚΩΝ ΑΠΟ ΞΥΛΟΜΑΛΛΟ	122
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ-ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ. 127	
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΕ 2 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ	128
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	141
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	141
ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΕΩΣ ΓΙΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	143

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	144
ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΥΠΟΥΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ* (ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟΥ: 20% ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ)	145
ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΕΡΑ	146

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1: ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΑΓΟΡΑ.....	23
ΣΧΗΜΑ 2: ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΤΗ ΔΕΚΑΕΤΙΑ ΤΟΥ 2000	26
ΣΧΗΜΑ 3: ΣΧΕΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΥΔΡΑΤΜΟΥΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	44
ΣΧΗΜΑ 4: ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ	1
ΣΧΗΜΑ 5: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ, ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ.....	124
ΣΧΗΜΑ 6: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ-ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ	128

Σύνοψη

Τίτλος: Θερμομονωτικά και Υγρομονωτικά Υλικά στις Σύγχρονες Κατασκευές

Ονοματεπώνυμο: Νικόλαος Κονδύλης, Μιχάλης Ροκανάς

Επόπτες: Καθηγητής Πουλάκος Γεώργιος & Λέκτορας Τσακανίκα Ελευθερία

Μάρτιος 2012

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των ποικίλων τύπων υλικών που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες κατασκευές για θερμομόνωση και υγρομόνωση στις σύγχρονες κατασκευές. Αρχικά επιχειρείται μία ιστορική αναδρομή με την εξέλιξη των υλικών του παρελθόντος έως σήμερα. Αναλύονται ο ρόλος και η χρησιμότητα που παίζουν οι στεγανώσεις στις σύγχρονες κατασκευές, καθώς και οι συνέπειες και τα αποτελέσματα που έχουν η υγρομόνωση και θερμομόνωση στις κατασκευές. Τον τρόπο διακίνησης (μετάδοσης) στις κατασκευές. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά και εφαρμογές της θερμότητας και υγρασίας στον χώρο Όλες οι εφαρμογές είναι με πιστοποιητικά ISO. Μελέτη εφαρμογής θερμομόνωσης με KENAK και ενεργειακή κατάταξη βάσει TOTEE-KENAK

Λέξεις-Κλειδιά: Θερμομόνωση, Θερμομονωτικά υλικά, Ενεργειακή Μελέτη, Υγρομόνωση, Στεγανοποίηση, Υλικά Στεγάνωσης

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό στη βοήθεια αρκετών προσώπων, στα οποία θα ήθελα να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας. Κατ' αρχήν ευχαριστούμε θερμά τον Καθηγητή Ε.Μ.Π., κ. Πουλάκο Γεώργιο, ο οποίος επέβλεψε όλη την πορεία πραγματοποίησης της εργασίας. Οι παρατηρήσεις του τόσο κατά το σχεδιασμό της εργασίας, όσο και κατά τη συγγραφή της ήταν εποικοδομητικές και συνέβαλαν καθοριστικά στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος. Ευχαριστούμε επίσης θερμά τους: Ν. Μπακαούκα, Φ. Κονδύλη, Ι. Καρούσο και Π. Ρεμπή που μας βοήθησαν σημαντικά στη διεξαγωγή της έρευνας και στη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας. Τέλος, θα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για τη στήριξή τους και την ανοχή τους καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ-ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ

1.1 Εισαγωγή

Η δεκαετία του 1970 συνοδεύτηκε από την προσπάθεια απάντησης του επιστημονικού κόσμου στις δύο πετρελαϊκές κρίσεις, η οποία οδήγησε στην υιοθέτηση από τον πολιτικό κόσμο κανονιστικών ρυθμίσεων για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων. Στην προσπάθεια αυτήν περιλαμβάνονταν η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους, η μείωση των απωλειών ακούσιου αερισμού και ο περιορισμός του εκούσιου αερισμού στα απολύτως αναγκαία επίπεδα. Τα αποτελέσματα αυτής της προσέγγισης ήταν σε ποσοτικό επίπεδο ικανοποιητικά, άφηναν, όμως, σε ποιοτικό επίπεδο αρκετά θέματα ανοιχτά: ανεπαρκής φυσικός φωτισμός, οπτική αποξένωση από το φυσικό περιβάλλον, κακή ποιότητα αέρα και εμφάνιση προβλημάτων υγρασίας λόγω ανεπαρκούς αερισμού, ήταν μερικά από τα προβλήματα που διαπιστώθηκαν.

Η δεκαετία του 1980 αποτέλεσε μία περίοδο δημιουργικής ανησυχίας, καθώς η προσπάθεια υλοποίησης των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας συνοδεύτηκε από αναζήτηση λύσεων στα προβλήματα που ανέκυπταν από τα ίδια τα μέτρα. Έτσι, δόθηκε έμφαση στην προσέγγιση του κτιρίου «χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας», με κυριότερο μεθοδολογικό εργαλείο τον ενεργειακό ή βιοκλιματικό σχεδιασμό, που αξιοποιεί το φυσικό περιβάλλον, με τον ηλιασμό, την ηλιοπροστασία, τη θερμοχωρητικότητα και το φυσικό αερισμό, και δεν προσπαθεί να απομονώσει το κτίριο από αυτό. Είναι χαρακτηριστικές οι επιδεικτικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, όπως τα σπίτια του Milton Keynes στην Αγγλία, το Ηλιακό Χωριό της Λυκόβρυσσης και τα “ηλιακά σπίτια” στη Γερμανίας. Οι εφαρμογές

αυτές, άλλοτε περισσότερο κι άλλοτε λιγότερο επιτυχείς, συνέβαλλαν στην καθιέρωση μίας ολιστικής, κι όχι μονοδιάστατης, προσέγγισης του ενεργειακού σχεδιασμού του κτιρίου. Παράλληλα, κι αυτό έχει σημασία για τις εξελίξεις που σήμερα βιώνουμε, καθιερώθηκαν σε πολλά πανεπιστήμια και πολυτεχνεία ο ενεργειακός σχεδιασμός και η δομική φυσική, ως αυτόνομα, διακλαδικά γνωστικά αντικείμενα, ξεφεύγοντας από την διαχωριστική αντίληψη προηγούμενων δεκαετιών και επιτρέποντας τη συνεργειακή εκμετάλλευση της προόδου που συντελείται σε επιστημονικούς τομείς που, σε πρώτη θεώρηση, δεν σχετίζονται άμεσα με το κτίριο.

Στη δεκαετία του 1990 ο ενεργειακός σχεδιασμός χαρακτηρίστηκε από μία επιστημονική ωριμότητα. Διερευνήθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο και αναπτύχθηκαν οι υπολογιστικές δυνατότητες, που επέτρεψαν τη μετάβαση από το εμπειρικό στο εμπειριστατωμένο επίπεδο. Με αυτά τα δεδομένα κατέστη δυνατή η ανάλυση των ιδιοτήτων των υλικών, η προσομοίωση της δυναμικής συμπεριφοράς ενός δομικού στοιχείου στο χρόνο και η αξιολόγηση της επιτυχίας της ένταξης μίας κατασκευής στο αστικό περιβάλλον, με ταχύτητα και ακρίβεια. Στην ίδια την κατασκευή η εξέλιξη, και εν συνεχεία η καθιέρωση στην αγορά, νέων δομικών υλικών και ολοκληρωμένων κατασκευαστικών λύσεων, επέτρεψαν την εκπλήρωση των ολοένα πιο αυστηρών ορίων που σταδιακά θεσμοθετήθηκαν. Έτσι, στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη είναι πλέον εφικτά επίπεδα κατανάλωσης, που είκοσι χρόνια νωρίτερα θεωρούνταν «ακαδημαϊκά», φτάνοντας στις μετά το 1996 γερμανικές κατασκευές τις 50 kWh/m². Στις αρχές του νέου αιώνα τα σύγχρονα κτίρια καταναλώνουν για θέρμανση το ένα έκτο της ενέργειας απ' ό,τι αυτά που κατασκευάστηκαν πριν το 1970, χωρίς να περιορίζουν τις επιλογές του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Υπήρξαν, ωστόσο, και αρνητικές εξελίξεις. Στις νότιες ευρωπαϊκές χώρες, αλλά όχι μόνο σε αυτές, αναδείχθηκε το μείζον πρόβλημα της ραγδαίας αύξησης των φορτίων κλιματισμού. Η μεταβολή των μικροκλιματικών συνθηκών στα αστικά κέντρα, η υπερδιαστασιολόγηση των ανοιγμάτων ανεξαρτήτως του προσανατολισμού τους, αφού τα σύγχρονα κουφώματα επιτρέπουν εύκολα την κάλυψη των απαιτήσεων θερμικής προστασίας το χειμώνα, και οι αυξημένες απαιτήσεις εσωκλιματικών συνθηκών από τους κατοίκους, αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες. Η εξέλιξη

αυτή υπενθυμίζει., ότι η ηλιοπροστασία, η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας και η θερμομόνωση είναι αρετές ενός κτιρίου πολύ δύσκολα υποκαθίστανται .

Υπό αυτήν την έννοια, ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων στη δεκαετία του 2010 θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από τρεις βασικές στόχους:

- Την κατοχύρωση ενός υψηλού επιπέδου θερμικής προστασίας του κτιριακού κελύφους, με χρήση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών.
- Την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού παρέχουν, για την επίτευξη όχι μόνο καλών συνθηκών θερμικής άνεσης αλλά και καλής ποιότητας αέρα, με οικονομικό τρόπο.
- Την επανενσωμάτωση των παραδοσιακών αρχών της ηλιοπροστασίας και του αερισμού στο κτίριο, η οποία είναι πολύ πιο εφικτή αξιοποιώντας τα υπολογιστικά εργαλεία και τα προηγμένα, «έξυπνα» δομικά υλικά που σήμερα είναι διαθέσιμα.

Από το σύνολο των παραμέτρων που υπεισέρχονται θα συζητηθεί στη συνέχεια η εξέλιξη στο χώρο της θερμομόνωσης και των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται για αυτή.

1.2 Γενικά περί μόνωσης

Ως μόνωση ορίζεται ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την προστασία της κατασκευής από τη θερμότητα, τον ήχο και την υγρασία (σε καθημερινούς όρους θερμομόνωση, ηχομόνωση, στεγάνωση). Ειδικότερα για τις κατασκευές χρησιμοποιούνται οι όροι θερμομόνωση, ηχομόνωση και υγραμόνωση (στεγάνωση-στεγανοποίηση).

Σε μία κατασκευή η μόνωση είναι βασικό στοιχείο για τρεις βασικούς λόγους:

1. Εξοικονομούνται χρήματα και ενέργεια.
2. Οι κατοικίες και οι χώροι εργασίας γίνονται πιο άνετοι και λειτουργικοί.

3. Προλαμβάνονται ζημιές και το περιβάλλον της κατασκευής παραμένει υγιεινό.

Το είδος και η αποτελεσματικότητα της μόνωσης εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως το τοπικό κλίμα, το σχήμα, το μέγεθος, η τοποθεσία και η κατασκευή του χώρου και το πλήθος των ανθρώπων που κατοικούν στο χώρο.

Οι περισσότερες παλαιές κατασκευές έχουν λιγότερη μόνωση από τις καινούριες, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η ενίσχυση της μόνωσης και στις καινούριες κατασκευές αποτελεί επιπλέον κόστος διότι μπορούν να κάνουν απόσβεση του κόστους σε λίγα μόνο χρόνια. Είτε χρειαζόμαστε θερμομόνωση, ηχομόνωση ή υγραμόνωση σε μία κατασκευή ένα σημείο που πρέπει να προσεχθεί με τη μόνωση είναι ο εξαερισμός.

Σε μία κατασκευή ο εξαερισμός, δηλαδή η εισαγωγή και εξαγωγή αέρα από έξω προς τα μέσα, είναι απαραίτητος καθώς ο ελλειπής εξαερισμός μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία. Επίσης, ο εξαερισμός βοηθάει στον έλεγχο της υγρασίας, ένα βασικό στοιχείο για να παραμείνει ο χώρος υγιεινός.

Μία κατασκευή πρέπει να έχει σωστή μόνωση περιμετρικά και από τα θεμέλια μέχρι τη στέγη. Πρέπει δηλαδή να προσεχθούν οι εξωτερικοί τοίχοι, τα κουφώματα, τα δάπεδα (ειδικά εάν είναι πάνω από γκαράζ ή πυλωτές), τα υπόγεια (εάν υπάρχουν) και η στέγη.

1.2.1 Ιστορία της μόνωσης

Από αρχαιοτάτων χρόνων στον πλανήτη Γη μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές τέσσερις ξεχωριστές εποχές. Μερικές περιοχές του πλανήτη αντιμετώπιζαν και αντιμετώπιζον ακραίες θερμοκρασίες και για αυτόν το λόγο οι κάτοικοί τους έπρεπε να ανακαλύψουν τρόπους για να μπορούν να διατηρήσουν ένα άνετο περιβάλλον διαβίωσης. Η μόνωση έχει χρησιμοποιηθεί ανά τους αιώνες με σκοπό να κρατήσει τη θερμότητα μέσα και το κρύο έξω ή το αντίστροφο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένες από τις εναλλακτικές τεχνικές που είναι σήμερα φιλικές προς το περιβάλλον, όπως τα υφάσματα, χρησιμοποιούνταν και στην αρχαιότητα ως μόνωση.

Πολλά έθνη που ζούσαν σε ιδιαίτερα θερμό κλίμα είχαν κατασκευάσει σπίτια με χοντρούς τοίχους. Τα παχύτερα τοιχώματα μπορούσαν να μονώσουν από τη ζέστη και να παρέχουν ένα πιο δροσερό και πιο εύκρατο εσωτερικό περιβάλλον όπου μπορούσε ο άνθρωπος να ζήσει άνετα. Αυτό αποδεικνύεται και σε πολλά από τα αρχαία ερείπια των Μάγια στην Κεντρική Αμερική. Οι Αιγύπτιοι χρησιμοποίησαν επίσης αυτές τις μεθόδους κατασκευής για να κρατήσουν έξω τη θερμότητα της ερήμου της Σαχάρας. Τα σπίτια χαρακτηρίζονταν από χαμηλές στέγες και μικρά παράθυρα, έτσι ώστε η θερμότητα να μην μπορεί να διεισδύσει και να παραμείνει μέσα στο εσωτερικό της οικίας.

Οι αρχαίοι Έλληνες πραγματοποίησαν πιθανώς μερικές από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις για τη μόνωση. Όσον αφορά την κατασκευή κτιρίων, χρησιμοποίησαν κοιλότητες στην τοιχοποιία για τη θερμομόνωση των κτιρίων. Η κοιλότητα στην τοιχοποιία είναι ένα κενό ανάμεσα σε δύο τοίχους που παγιδεύει αέρα και σταθεροποιεί τη θερμοκρασία. Με άλλα λόγια, κατά τους ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες η κοιλότητα, βοηθούσε να κρατήσουν το θερμό αέρα έξω και τους ψυχρότερους μήνες του χειμώνα, βοηθούσε να κρατήσει τη ζεστασιά μέσα στα σπίτια. Οι Ρωμαίοι, επίσης χρησιμοποίησαν την ίδια μέθοδο για να μονώνουν τα σπίτια τους. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν υλικά όπως ο φελλός για να μονώσουν σωλήνες ζεστού νερού, έτσι ώστε η θερμότητα από τους σωλήνες να μην προκαλέσει ρωγμές στους τοίχους.

Ως επιπρόσθετη μόνωση χρησιμοποιήθηκαν σε πολλές περιοχές και τα υφάσματα. Κομμάτια πανιού έμπαιναν στα παράθυρα για να μπορέσουν να κρατήσουν έξω τη σκόνη και τη ζέστη της ερήμου ή το κρύο του χειμώνα στις ευρωπαϊκές χώρες. Γούνες ζώων χρησιμοποιήθηκαν ως χαλιά, ενώ λινά υφάσματα χρησιμοποιήθηκαν ως κουρτίνες. Περίτεχνα ταπισερί ήταν κρεμασμένα στους τοίχους και βοηθούσαν στη διαχείριση της υγρασίας που συγκεντρωνόταν στα πέτρινα κτίρια. Μεγάλη βοήθεια προσέφεραν σε μερικές περιπτώσεις και οι ταπετσαρίες.

Κατά τη διάρκεια της Βιομηχανικής Επανάστασης, η μόνωση έγινε αναπόσπαστο μέρος της για πολλά σχέδια. Ο αμιάντος ήταν ο βασικός τύπος της χρησιμοποιούμενης μόνωσης λόγω των πυρίμαχων ιδιοτήτων του. Το ενδιαφέρον

είναι ότι ο αμίαντος είχε χρησιμοποιηθεί από τους αρχαίους Έλληνες και τους Ρωμαίους ως μόνωση, ακόμα και ως ενδυμασία για τους σκλάβους τους. Αν και οι Έλληνες είχαν προσέξει ότι προκαλούσε πνευμονικές νόσους σε αυτούς που είχαν εκτεθεί σε αυτό, οι βιομήχανοι φαίνεται να αγνοούσαν αυτό το γεγονός. Για περισσότερο από έναν αιώνα, ο αμίαντος εξακολουθούσε να είναι η κύρια μορφή μόνωσης. Ήταν μόλις στα μέσα της δεκαετίας του 1970 που οι βλαβερές συνέπειες του καταγράφηκαν, γεγονός που ανάγκασε τις βιομηχανίες να εξετάσουν και άλλες μορφές μόνωσης. Τότε, το Fiberglass (υαλονήματα) έκανε την εμφάνιση του το οποίο αποτελεί ένα υλικό που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.

Τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες έχουν κατανοήσει ότι όλες οι οικίες που χτίζονται πλέον πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικότερες και να μη βλάπτουν το περιβάλλον. Οι απαιτήσεις της μόνωσης γίνονται όλο και πιο λεπτομερείς και αυστηρές. Η σκέψη ότι όσο καλύτερη η μόνωση, τόσο μεγαλύτερη και η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, είναι αυτή που κυριαρχεί. Οι κοιλότητες στην τοιχοποιία εμφανίζονται εκ νέου σε πολλά σπίτια και κατασκευαστικά έργα. Έχει αναπτυχθεί επίσης και ένας τεράστιος αριθμός νέων υλικών που πέρα από τις εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες που διαθέτουν είναι και εξαιρετικά φιλικά προς το περιβάλλον.

1.3 Στεγανωτικά στην αρχαιότητα

Η στεγανοποίηση των κτιρίων ήταν από την αρχαιότητα ένα πρόβλημα που ζητούσε άμεση επίλυση, είτε αναφερόταν στη στεγανοποίηση της οροφής ενός κτιρίου είτε στη στεγανοποίηση των τοίχων του, ή ακόμα πιο επιτακτικά στις περιπτώσεις δεξαμενών συλλογής και αποθήκευσης νερού (υδραγωγεία) ή άλλων υγρών.

Οι τρόποι με τους οποίους οι αρχαίοι μηχανικοί στεγανοποιούσαν στέγες, δεξαμενές και υδραγωγεία παρέμειναν για πολύ καιρό ένα μυστικό προς εξιχνίαση. Χωρίς τη χρήση υλικών στη μορφή που είναι γνωστή σήμερα μπορούσαν να πετύχουν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Υπάρχουν αναφορές για ενίσχυση της ποιότητας και αντοχής της οικοδομικής λάσπης με χρήση υλικών όπως αυγών, ασβέστη, μαλλιών από κατσίκες, αλλά μόνα τους δεν είναι αρκετά για την επίτευξη του ίδιου

αποτελέσματος. Δεξαμενές όπως των ορυχείων αργύρου του Λαυρίου έκαναν ξεκάθαρο ότι οι αρχαίοι χρησιμοποιούσαν αυτό που σήμερα ονομάζουμε τσιμέντο.

Στη ναυτιλία χρησιμοποιήθηκαν ως στεγανωτικά ρετσίνι από δέντρα, αλλά και πίσσα που συλλεγόταν από επιφανειακές πετρελαιοπηγές. Επίσης, φυτικά προϊόντα όπως η τζίβα που έχει την ιδιότητα να διογκώνεται πολύ σφραγίζοντας το πέρασμα του νερού χρησιμοποιήθηκε εκτενώς.

1.4 Ποιότητα θερμομόνωσης κατοικιών

Οι παλιές κατοικίες πριν από το 1980, δεν διέθεταν θερμομόνωση εκτός από λίγες εξαιρέσεις, που κυρίως διέθεταν μόνωση στην οροφή. Μια αμόνωτη κατοικία παρουσιάζει αυξημένη κατανάλωση θερμικής ενέργειας κατά την διάρκεια του χειμώνα μέχρι και τις 400 kWh/m² ετησίως. Αντίθετα μια μονωμένη κατοικία δεν υπερβαίνει τις 150 kWh/m² με τον ίδιο συντελεστή F/V (επιφάνεια/ όγκο κτιρίου). Αυτό δείχνει πόσο σημαντική είναι η εφαρμογή θερμομόνωσης, για την μείωση της θερμικής κατανάλωσης και των εκλυόμενων ρύπων.

Μετά το 1980, αρχίζει η εφαρμογή θερμομόνωσης στα κτίρια με σοβαρά προβλήματα στην κατασκευή, κυρίως λόγω έλλειψης εμπειρίας των εργολάβων. Ένα βασικό κατασκευαστικό λάθος ήταν η μερική θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων, αφού λόγω δυσκολιών δεν μονωνόταν ο φέροντας οργανισμός των κτιρίων, δοκάρια και οι κολώνες. Πρέπει δε να σημειωθεί ότι το μπετόν έχει πολύ υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (k) και είναι πολύ καλός αγωγός της ελλιπής εφαρμογή της θερμομόνωσης δημιουργεί θερμογέφυρες στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, με αποτέλεσμα την έντονη θερμοκρασιακή στρωμάτωση θερμότητας (Παπαδόπουλος, 2004).

Η θερμοκρασιακή στρωμάτωση εντείνεται ακόμα περισσότερο στις κατασκευές με ελλιπή μόνωση (Μελέτη εφαρμογής με TOTEE-KENAK, Παράρτημα). Οι συνέπειες των θερμογεφυρών σε ένα κτίσμα είναι οι εξής:

Απώλειες θερμότητας από τα σημεία των θερμογεφυρών που είναι δυσανάλογη από τις απώλειες θερμότητας των υπολοίπων μονωμένων επιφανειών

Συμπύκνωση των εκλυόμενων υδρατμών από τους εσωτερικούς τοίχους, όταν έρχονται σε επαφή τα σημεία που παρουσιάζουν θερμογέφυρες, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας τους

Δημιουργία μούχλας από μύκητες που ευνοείται η ανάπτυξή τους στα σημεία συμπύκνωσης υγρασίας, όπως είναι τα σημεία θερμογεφυρών.

Σήμερα οι τεχνικές εφαρμογής θερμομόνωσης στα κτίρια έχουν βελτιωθεί, μαζί και η δημιουργία θερμογεφυρών και οι συνέπειες τους. Η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετείται στο εσωτερικό τμήμα της διπλής πλινθοδομής, ιδιαίτερα σε περίπτωση εγκατάστασης συρόμενων ανοιγμάτων, προκειμένου να είναι αποδοτική. Τα συρόμενα παράθυρα λειτουργούν σαν δίοδοι κυκλοφορίας του εξωτερικού ψυχρού αέρα ανάμεσα στην διπλή πλινθοδομή, και σε περίπτωση μόνωσης του εξωτερικού τμήματος της πλινθοδομής, ο αέρας μεταδίδει το ψύχος πολύ εύκολα στους εσωτερικούς θερμαινόμενους χώρους. Η κακή εγκατάσταση συρόμενων ανοιγμάτων δημιουργεί στην ουσία ακόμα μία θερμογέφυρα στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου.

Επιβάλλεται ο σωστός έλεγχος και κατασκευή της θερμομόνωσης, ιδιαίτερα στα σημεία ένωσης των θερμομονωτικών πλακών. Το μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών παρουσιάζεται στις οριζόντιες εξωτερικές επιφάνειες ενός κτίσματος. Ιδιαίτερα η οροφή παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απώλειες ανά μονάδα επιφανείας, και σε περίπτωση κακοτεχνίας λόγω συχνής συγκέντρωσης βρόχινων νερών, η ενεργειακή συμπεριφορά της επιβαρύνεται. Από τα παλιά κτίρια κατοικιών που έχουν εφαρμόσει θερμομόνωση, το μεγαλύτερο ποσοστό αφορά την οροφή, και αυτό μειώνει αυτόματα τις απώλειες θερμότητας (Αραβατινός, 2000).

Στις νέες κατασκευές, ιδιαίτερα στις πολυκατοικίες ήρθε να προστεθεί ένα καινούργιο πρόβλημα στην ενεργειακή απόδοσή τους, με την κατασκευή πιλοτής. Η πιλοτή είναι και αυτή μια οριζόντια επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό ψυχρό αέρα και κατά συνέπεια συμβάλλει στις θερμικές απώλειες του κτίσματος.

Πέρα από την σωστή κατασκευή της θερμομόνωσης, η επιλογή του θερμομονωτικού υλικού είναι επίσης μια σημαντική παράμετρος. Η επιλογή πρέπει να γίνεται βάσει

μελέτης από τον μηχανικό λαμβάνοντας υπόψη τις εξής παραμέτρους (Καρουσάτου, 2004).

- Την κλιματική ζώνη και τα ανώτατα όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζονται από τους κανονισμούς. Αυτό ουσιαστικά ρυθμίζει το πάχος της μόνωσης προκειμένου να μη γίνει υπέρβαση στα επιβαλλόμενα όρια.
- Το τοπικό κλίμα και κυρίως την υγρασία της περιοχής. Η υγρασία είναι ένας κλιματικός παράγοντας που επηρεάζει την συμπεριφορά αρκετών μονωτικών υλικών, και στην χειρότερη περίπτωση προκαλεί εξασθένηση στις θερμομονωτικές τους ιδιότητες. Πρέπει λοιπόν τα θερμομονωτικά υλικά να επιλέγονται βάσει των προδιαγραφών τους για την κάθε κλιματική περίπτωση, αλλά και το δομικό στοιχείο στο οποίο θα τοποθετηθούν. Είναι σκόπιμο στις οροφές να εφαρμόζεται παράλληλα και υγρομόνωση.
- Τη διάρκεια ζωής μιας θερμομόνωσης, που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά κυρίως τους κλιματολογικούς, όπως η υγρασία, και η θερμοκρασία.

Πέραν της καλής κατασκευής της θερμομόνωσης, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα και για την προστασία της. Η θερμομόνωση ενός κτιρίου πρέπει να προστατεύεται έναντι των καιρικών συνθηκών μόνο με την κάλυψή της από δομικά στοιχεία που αντέχουν σε παγετούς, βροχοπτώσεις και ισχυρές ανεμοπτώσεις. Για την εξασφάλιση της καλής απόδοσης μια θερμομόνωσης πρέπει να υπάρχει εξωτερική κάλυψη με κατάλληλο υδατοστεγές επίχρισμα ή επένδυση με υλικά ανθεκτικά στον παγετό που θα φέρουν επιμελής αρμολόγηση με τσιμεντοκονία, όπως κεραμικών πλακών φυσικούς λίθους τεχνητές λίθινες πλάκες.



Εικόνα 1: Σχηματική παρουσίαση μόνωσης στον πυρήνα κατακόρυφου δομικού στοιχείου

1.4.1 Θερμομόνωση σε υφιστάμενες κατοικίες

Η κατάσταση των ελληνικών κτιρίων στις κατοικίες από την άποψη της επαρκούς θερμομόνωσης δεν είναι ικανοποιητική. Το 95% των κτιρίων κατοικιών δεν διαθέτει θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, το 70% μόνωση οροφής και το 88% μόνωση δαπέδων. Υπάρχει λοιπόν ένα μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στις κατοικίες λόγω της ανυπαρξίας μόνωσης στο μεγαλύτερο ποσοστό του κτιριακού αποθέματος κατοικιών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα ποσοστά θερμικής ενέργειας που εξοικονομούνται από την θερμομόνωση ενός κτιρίου κατοικιών, μπορούν να φτάσουν μέχρι και 60%, γίνεται ακόμα πιο αντιληπτό, πόσο επιτακτική είναι η θερμομόνωση των υφιστάμενων κτιρίων (ICAP, 2000).

Τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να επιτευχθούν με την θερμομόνωση των εξωτερικών επιφανειών μόνιμων κτιρίων κατοικιών, ανά κατηγορία κτιρίου και κλιματική ζώνη βάσει του ΚΘΚ, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα ποσοστά αυτά εκτιμήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τις εξής παραμέτρους (www.cres.gr):

- Τους συντελεστές θερμοπερατότητας που καθορίζει ο ΚΘΚ για τις εξωτερικές επιφάνειες ανά κλιματική ζώνη.
- Τους συντελεστές θερμοπερατότητας που εμφανίζουν τα κτίρια πριν την θερμομόνωση, ανά κλιματική ζώνη.
- Τις θερμοκρασίες που επικρατούν στις ζώνες αυτές.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 1 Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ανά κατηγορία κτιρίου από την εφαρμογή μόνωσης

Μέτρα Εξοικονόμησης ενέργειας	Κατηγορίες κτιρίων					
	Μονο/οικία	Πολυ/οικία	Νοσοκομεία	Βιοβιοδομία	Σχολεία	Γραφεία/ εμπορικά
Μόνωση εξωτερικών τοίχων ¹	50%	42%	30%	20%	20%	32%
Μόνωση οροφής ²	12%	8%	6%	6%	10%	5%
Διπλά τζάμια ³	2%	6%	2%	4%	2%	4%
Αεροστεγανότητα ⁴	10%	8%	10%	10%	5%	10%

Η μόνωση υφιστάμενων κτιρίων μπορεί να πραγματοποιηθεί με την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια του κτιρίου. Η βέλτιστη λύση, είναι η εξωτερική τοποθέτηση της θερμομόνωσης, προκειμένου να αξιοποιείται και η θερμοχωρητικότητα (θερμική αδράνεια) της τοιχοποιίας (πλινθοδομή ή μπετόν), αλλά και να μην μειώνεται ο εσωτερικός ωφέλιμος όγκος της κατοικίας. Το κόστος εσωτερικής μόνωσης είναι φθηνότερο από την εξωτερική μόνωση.

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας εφαρμόζοντας θερμομόνωση σε πρώτο επίπεδο πρέπει να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες των κτιρίων και στη συνέχεια ανάλογα με τα μονωτικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και τα υλικά κατασκευής της τοιχοποιίας μπορούν να εκτιμηθούν τα ποσά ενέργειας που εξοικονομούνται. Για τον υπολογισμό αυτό ισχύουν οι παραδοχές που έχουν γίνει παραπάνω. Επίσης με βάση τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων δεν επιτρέπεται εξωτερική τοιχοποιία με συντελεστή θερμοπερατότητας k_m πάνω από $0,6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ και για τις οροφές πάνω από $0,4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$.

Οι απώλειες θερμότητας ενός κτιρίου υπολογίζονται από την σχέση 1.1:

$$Q_T = k_m * F * \Delta T \quad (1.1)$$

Όπου:

k_m μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου,

F η συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, και

ΔT η θερμοκρασιακή διαφορά των εσωτερικών χώρων με το εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα με την κλιματική ζώνη που ανήκουν τα κτίρια.

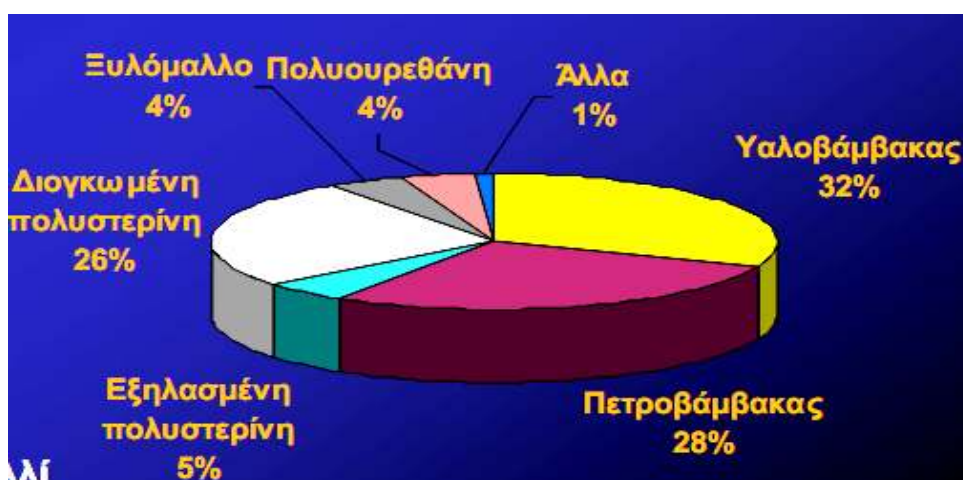
1.5 Η εξέλιξη της αγοράς των θερμομονωτικών υλικών

1.5.1 Η κατάσταση στην Ευρώπη

Είναι ευνόητο ότι για την επίτευξη ιδιαίτερα μικρών τιμών ανηγμένης κατανάλωσης ενέργειας απαιτείται η χρήση δομικών στοιχείων υψηλής ποιότητας, όπως κουφώματα με συντελεστή k μικρότερο του $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ και θερμομονωτικά υλικά με συντελεστή λ μικρότερο του 0.03 W/mK και μέσο πάχος μεγαλύτερο των 20 cm . Ενδιαφέρον έχει να παρατηρήσει κανείς ότι στην κεντροευρωπαϊκή αγορά κυριαρχούν τα ανόργανα ινώδη υλικά (υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας καλύπτουν περίπου το 60%) με τα οργανικά αφρώδη (διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη, λιγότερο η πολυουρεθάνη) να έπονται καλύπτοντας το 30% της αγοράς, ενώ το εναπομένον 10% καλύπτεται από τα υπόλοιπα υλικά, με σημαντικότερη παρουσία αυτή του ξυλόμαλλου. Εξειδικευμένα υλικά, όπως ο φελλός και το αφρώδες γυαλί, χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 εμφανίστηκαν στην αγορά δύο νέες κατηγορίες υλικών: Τα διαφανή θερμομονωτικά υλικά και τα οργανικά ινώδη υλικά από οικολογική πρώτη ύλη, όπως το μαλλί προβάτων και το τριφύλλι. Και οι δύο κατηγορίες παραμένουν στο περιθώριο της αγοράς, παρά το επιστημονικό ενδιαφέρον που παρουσιάζουν, κυρίως εξαιτίας του υψηλού τους κόστους. Συνολικά, η ευρωπαϊκή αγορά θερμομονωτικών υλικών χαρακτηρίζεται από διαφοροποίηση και πολυμορφία, στην προσπάθεια αναζήτησης του κατάλληλου υλικού ανάλογα με το δομικό στοιχείο, τη μορφολογία του κτιρίου και τους οικονομικούς περιορισμούς (Παπαδόπουλος, 1998).

Ταυτόχρονα, με την ανάπτυξη μίας σφαιρικής πλέον προσέγγισης για τη διαχείριση του περιβάλλοντος, αρχίζει να δίνεται έμφαση όχι μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου, αλλά σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του. Υπό αυτήν

την έννοια αποκτά σημασία όχι μόνο το τι μείωση στο συντελεστή θερμοπερατότητας μπορούμε να πετύχουμε, αλλά και με τι δαπάνη σε πρώτες ύλες και ενέργειας για την παραγωγή του θερμομονωτικού υλικού, και με τι περιβαλλοντική επιβάρυνση κατά τη χρήση και την απόρριψή του, στο πέρας της ωφέλιμης ζωής του. Η συγκριτική αξιολόγηση των ινωδών υλικών (πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας) και των αφρωδών (εξηλασμένη και διογκωμένη πολυστερίνη) με κριτήρια επιπτώσεων στο περιβάλλον και την υγεία, στην οποία θα γίνει αναφορά στις επόμενες παραγράφους, είναι χαρακτηριστική. Από αυτήν, άλλωστε, την αναζήτηση προέκυψε και η εξέλιξη υλικών όπως το προβατόμαλλο.



Σχήμα 1: Χρήση θερμομονωτικών υλικών στην ευρωπαϊκή αγορά

1.5.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα έχουν συμπληρωθεί εικοσιδύο χρόνια από την θέσπιση του Κανονισμού Θερμομόνωσης το 1979 και, ενώ οι μελετητές και κατασκευαστές περιμένουν τον αναγγελθέντα νέο Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας στα κτίρια (ΚΟΧΕΕ), έχει ενδιαφέρον να εξετάσει κανείς τα αποτελέσματα της εφαρμογή της θερμομόνωσης, ως προς τα υλικά και τη διαμόρφωση της αγοράς. Η θεσμοθέτηση του κανονισμού θερμομόνωσης οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου βιομηχανικού κλάδου και μίας νέας αγοράς. Η αγορά θερμομονωτικών υλικών χαρακτηρίστηκε στη δεκαετία του 1980 από εξαιρετική ανάπτυξη, ενώ στη δεκαετία του 1990 πήρε σε μεγάλο βαθμό την μορφή που παρουσιάζει σήμερα, με την εγχώρια

ζήτηση, ως συνάρτηση της οικοδομικής δραστηριότητας, να αποτελεί τον κύριο παράγοντα διαμόρφωσης της κατάστασης και τις εξαγωγές να αποτελούν εξισορροπητικό παράγοντα για τις λίγες, μεγάλες επιχειρήσεις που μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των ξένων αγορών. Οι υπόλοιποι προσδιοριστικοί παράγοντες μίας αγοράς όπως η διαθέσιμη τεχνολογία, το ανθρώπινο δυναμικό και η κρατική πολιτική, δείχνουν μία σταθερότητα τα τελευταία χρόνια με σημαντικότερη εξέλιξη αυτήν της τεχνολογίας παραγωγής, που οδήγησε σε μείωση των τιμών συγκεκριμένων μονωτικών υλικών, όπως η εξηλασμένη πολυστερίνη, σε σχέση με τη δεκαετία του 1980. Παράλληλα, έγινε μία σημαντική προσπάθεια εμπέδωσης της αναγκαιότητας της θερμομόνωσης στους τελικούς καταναλωτές, με αρκετά επιτυχή αποτελέσματα. Η εικόνα που παρουσιάζουν η ελληνική αγορά και ο εγχώριος κλάδος μονωτικών υλικών το 2011 μπορεί να περιγραφεί από τα εξής χαρακτηριστικά:

Υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων που ασχολείται με την παραγωγή ή τις εισαγωγές μονωτικών υλικών, αλλά και με την διακίνησή τους. Πρέπει, όμως, να σημειωθεί η περιπλοκότητα του αντικειμένου των επιχειρήσεων καθώς είναι συνηθισμένο το φαινόμενο η ίδια επιχείρηση να είναι παραγωγός, εισαγωγέας αλλά και διακινητής όχι μόνο ενός προϊόντος, αλλά μίας ευρείας ποικιλίας προϊόντων που προσπαθούν να φανούν διαφοροποιημένα από τα προϊόντα των υπολοίπων επιχειρήσεων, να καλύπτουν εισοδηματικά ένα μεγάλο εύρος καταναλωτικών προϋπολογισμών και να προσφέρουν μία ολοκληρωμένη σειρά δομικών υλικών για όλο το εύρος των εφαρμογών από τη θερμομόνωση και τη στεγάνωση ως τις γυψοσανίδες και τα συστήματα ξηρής δόμησης.

Σε επίπεδο προϊόντων η αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν περίπτωση «μονοπωλιακού ανταγωνισμού» καθώς οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις προσπαθούν να διαφοροποιηθούν προσφέροντας προϊόντα τα οποία έχουν διαφορετικές ιδιότητες αλλά είναι ανταγωνιστικά μεταξύ τους, ενώ σε συγκεκριμένες αγορές, όπως της διογκωμένης πολυστερίνης, η αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν ανταγωνιστική επειδή υπάρχουν πάρα πολλοί παραγωγοί που παράγουν το συγκεκριμένο προϊόν. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός μονωτικών υλικών, τρία από αυτά μονοπωλούν την αγορά αφού καλύπτουν πάνω από

το 90% της ζήτησης, ενώ σημειώνεται μία σχετική μετακίνηση των καταναλωτικών προτιμήσεων προς ακριβότερα υλικά τα τελευταία χρόνια. Στην ελληνική αγορά κυριαρχούν η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη, ενώ σε μικρό ποσοστό εμφανίζονται το ξυλόμαλλο, ο υαλοβάμβκακας και η πολυουρεθάνη.

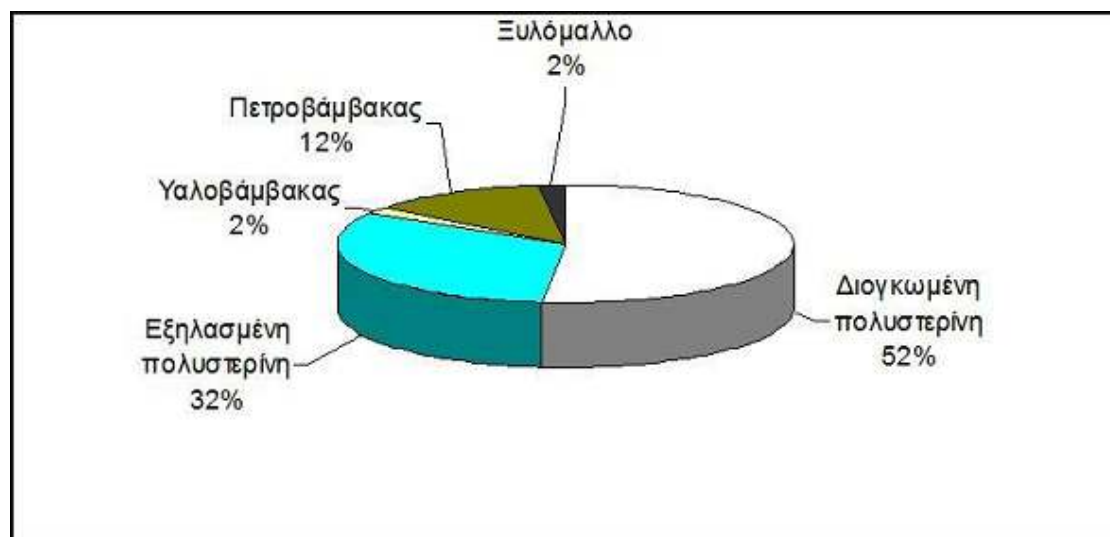
Υπό αυτήν την έννοια ο κλάδος των θερμομονωτικών υλικών αποτελεί ένα δυναμικό τμήμα της ελληνικής παραγωγικής βιομηχανίας, χωρίς, όμως, η οργάνωσή του να είναι η αναμενόμενη. Ειδικότερα, δεν υπάρχει μέχρι σήμερα ένας ενιαίος κλαδικός φορέας, ο οποίος να εκπροσωπεί και να είναι υπεύθυνος για όλους τους παραγωγούς θερμομονωτικών υλικών, παρά μια ένωση παραγωγών διογκωμένης πολυστερίνης, η οποία και αυτή υπολειτουργεί. Ο μεγάλος αριθμός μικρών παραγωγών και εισαγωγέων καθώς και η κακώς εννοούμενη ανταγωνιστική προσέγγιση κοινών προβλημάτων έχουν συντελέσει σημαντικά σε αυτήν την κατάσταση.

Το γεγονός ότι οι μηχανικοί-μελετητές και οι τελικοί καταναλωτές έχουν αρχίσει να διαμορφώνουν μία ζήτηση για επώνυμα, αναγνωρίσιμα υλικά αποτελεί θετική εξέλιξη. Τα «κλασικά» χαρακτηριστικά ιδιοτήτων των κυριότερων υλικών της αγοράς, όπως έχουν πιστοποιηθεί επί σειρά ετών, και οι δυνατές τους χρήσεις φαίνονται στον Πίνακα 2.

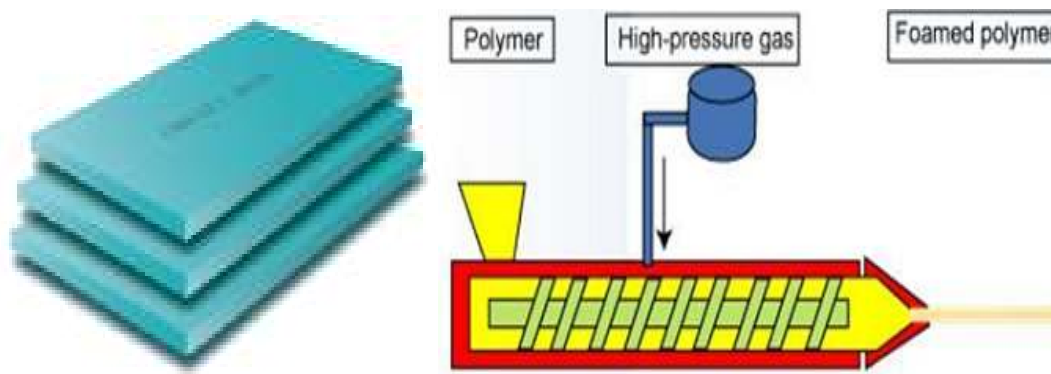
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 2: Κύριες ιδιότητες και χρήσεις των θερμομονωτικών υλικών

Υλικό	Ποκνότητα ρ (kg/m ³)	Συντελεστής αγωγιμότητας λ (W/m ² K)	Ωφέλιμη διάρκεια ζωής (έτη)	Χρήση
Διογκωμένη Πολυστερίνη	15 - 30	0,4	50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία
Εξηλασμένη πολυστερίνη	25 - 35	0,28 - 0,32	50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία
Σκληρές πλάκες πολυουρεθάνης	30 - 35	0,25 - 0,30	50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία
Αερός πολυουρεθάνης	35 - 50	0,30 - 0,35	30 - 50	Σε όλα τα στοιχεία και ειδικότερα σε αυτά κυριώς γεωμετρίας
Υαλοβάμβακας	18 - 40	0,35 - 0,5	30 - 50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για θερμομόνωση - ηχομόνωση
Πετροβάμβακας	30 - 150	0,35 - 0,5	30 - 50	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, βιομηχανικές εγκαταστάσεις θερμομόνωση - ηχομόνωση
Ξυλόμαλλο	360 - 570	0,90	75 - 100	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για εξωτερική θερμομόνωση, φέρουσες κατασκευές
Σύνθετες Πλάκες Ξυλόμαλλου πολυστερίνης κ Ξυλόμαλλου πετροβάμβακα		0,40 - 0,45	50 - 75	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για εξωτερική θερμομόνωση, φέρουσες κατασκευές
Φελιός	120 - 200	0,45 - 0,55	50 - 80	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία
Αεραίες γυαλί	100 - 150	0,45 - 0,5	50 - 80	Τοίχοι, στέγες, δάπεδα, τοιχεία, για χώρους που βέχονται από έντονα φορτία, Parking και Parking βαρέων οχημάτων



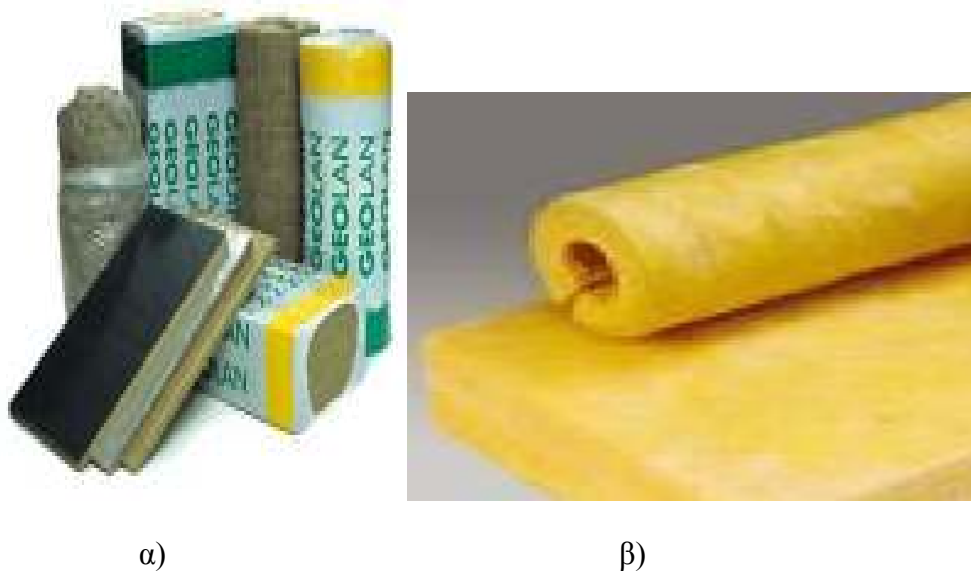
Σχήμα 2: Χρήση θερμομονωτικών υλικών στην ελλαδική αγορά τη δεκαετία του 2000



Εικόνα 2: Εξηλασμένη πολυστερίνη και τρόπος παραγωγής της



Εικόνα 3: Διογκωμένη πολυστερίνη



α)

β)

Εικόνα 4: α) Πετροβάμβακας, β) Υαλοβάμβακας

1.6 Ο ρόλος των θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά 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.

Η μετάδοση της θερμότητας μέσα από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία και υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα, η οποία ποσοτικοποιείται, στα ομοιογενή και ισότροπα υλικά με τη βοήθεια του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Στα σύνθετα δομικά στοιχεία η αγωγιμότητα ποσοτικοποιείται με τη βοήθεια του συντελεστή θερμοπερατότητας k .

Γενικά, τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν την ιδιότητα της θερμικής αντίστασης στον αέρα που περιέχεται μέσα τους. Ο αέρας θεωρείται «κακός αγωγός» της θερμότητας, δηλαδή, έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . 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 επιτυγχάνουν το σκοπό τους, ακριβώς επειδή διαθέτουν, στην «πορώδη» μάζα τους, πολλούς μικρούς θύλακες ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή μέσα σε ένα πλέγμα ινών. Για το λόγο αυτό τα θερμομονωτικά υλικά έχουν κατά κανόνα και μικρό φαινόμενο βάρος. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ ενός πορώδους υλικού είναι μικρότερος σε σχέση με το λ του ίδιου υλικού εάν αυτό ήταν πιο συμπαγές. Το φαινόμενο αυτό και η λειτουργία του πορώδους των υλικών οδήγησε στην ανάπτυξη θερμομονωτικών υλικών, κοινό γνώρισμα των οποίων είναι η ύπαρξη σε μεγάλο ποσοστό πόρων που περιέχουν είτε αέρα είτε κάποιο άλλο αέριο που χαρακτηρίζεται ως κακός αγωγός της θερμότητας και άρα διαθέτει μικρό συντελεστή αγωγιμότητας λ . Η πορώδης δομή των βιομηχανικά παραγόμενων μονωτικών υλικών επιτυγχάνεται

με τη χρήση λεπτών ακανόνιστων ινών ή με την παραγωγή κυψελίδων από στερεοποιητικά υλικά.

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. Η αύξηση της υγρασίας σημαίνει και αύξηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ανεπιθύμητη για ένα θερμομονωτικό υλικό, καθώς το εγκλωβισμένο νερό, με το κατά πολύ μεγαλύτερο λ από αυτό του αέρα καταλαμβάνει τη θέση του τελευταίου. Σημειώνεται ότι το νερό και ο πάγος έχουν περίπου 24 και 92 φορές, αντίστοιχα, μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ από τον αέρα. Για το λόγο αυτό η υγρασία θεωρείται και το μεγαλύτερο αίτιο προβλημάτων της θερμομόνωσης σε μια κατασκευή.

1.6.1 Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών

Ένας τρόπος ταξινόμησης των μονωτικών υλικών είναι με βάση τη χημική σύνθεση των συστατικών τους. Επομένως, μπορούν να ταξινομηθούν σε οργανικά, ανόργανα ή σύνθετα, που περιέχουν τόσο οργανικές όσο και ανόργανες ενώσεις (Παπαδόπουλος, 2004).

Με βάση την πρώτη ύλη των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή μονωτικών υλικών τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, και βέβαια και συνδυασμούς αυτών:

1. Ορυκτά υλικά, όπως η άμμος, ο βασάλτης, ο βωξίτης, ο δολομίτης και το γυαλί (καινούριο ή ανακυκλωμένο).
2. Πετροχημικές πρώτες ύλες για αφρώδες πλαστικό, όπως το στυρόλιο, η ουρεθάνη και η φορμαλδεΐδη.
3. Οργανικά φυσικά υλικά, όπως ο φελλός, το ξύλο, οι φυτικές ίνες, η κυτταρίνη, το μαλλί.

Άλλος τρόπος ταξινόμησης μπορεί να γίνει με βάση τη δομή τους. Δύο κατηγορίες υπάρχουν:

- τα αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων και
- τα ινώδη, στα οποία ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες τους, όπως ακριβώς συμβαίνει σε ένα μάλλινο ύφασμα.

Για την παραγωγή των θερμομονωτικών υλικών, πέραν των πρώτων υλών, χρησιμοποιείται και μία σειρά από βοηθητικές ύλες, ως συνδετικά και ενισχυτικά μέσα για τη δημιουργία των κυψελωτών δομών, αλλά και την επίτευξη των υπόλοιπων, πέραν της θερμομόνωσης, επιθυμητών ιδιοτήτων.

1.6.2 Ορισμός κρισιμότερων ιδιοτήτων θερμουγρομονωτικών προϊόντων

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες (Πίνακας 3):

- τις φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες και
- τις περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού.

A) Φυσικές ιδιότητες

- 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 .
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ : Είναι ο συντελεστής που 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 ο συντελεστής λ , τόσο μικρότερη η θερμοροή και, επομένως, τόσο καλύτερη η θερμομονωτική του ικανότητα.
- Υγρασία: Υγρασία ονομάζεται η παρουσία υδρατμών στην ατμόσφαιρα.

- Σχετική υγρασία: Το πηλίκο της ποσότητας υδρατμών οι οποίοι περιέχονται στον αέρα προς τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών την οποία μπορεί αυτός να δεχθεί. Εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).
- Συμπύκνωση: Η δυνατότητα του αέρα να αποθηκεύει υδρατμούς παύει σε κάποια χαμηλή θερμοκρασία. Σε αυτό το σημείο, η σχετική υγρασία γίνεται 100%. Εάν η θερμοκρασία μειωθεί ακόμη περισσότερο, οι υδρατμοί οι οποίοι δε δύνανται να αποθηκευθούν αποχωρίζονται από τον αέρα, καθώς ψύχονται, με τη μορφή ύδατος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο συμπύκνωσης.
- Σημείο δρόσου: Σημείο δρόσου ονομάζεται η χαμηλή θερμοκρασία στην οποία αρχίζει το φαινόμενο της συμπύκνωσης υδρατμών. Το σημείο δρόσου είναι καθοριστικής σημασίας για την ακεραιότητα του κελύφους και της κατάστασης της υγείας των ενοίκων.
- 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.
- 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.
 - Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών: Ο συντελεστής αυτός 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 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.
 - Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης: Τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν νερό σε υγρή κατάσταση ή σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα της

απορροφούμενης υγρασίας, που εξαρτάται από το πορώδες του υλικού, την υδρατμοστεγανότητα και την κατανομή των τριχοειδών αγγείων στη μάζα του, προκαλεί αισθητή αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού και κυρίως του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Για την περιγραφή των παραπάνω ορίζεται η τιμή της ποσότητας υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.

- Αντίσταση στη φωτιά - πυραντοχή: 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 καμία ανάφλεξη, ενώ τα υλικά της κατηγορίας A2 μπορούν να αναφλεγούν για χρόνο μέχρι 20s. Τα μη αναφλέξιμα υλικά της κατηγορίας A, καθώς και τα υλικά της κατηγορίας B1 που αντιστέκονται στη φωτιά, χρειάζονται ένα πιστοποιητικό αποτελεσματικότητας σύμφωνα με το νέο γερμανικό νόμο ή άδεια από το DIBt*. Για τα μη αναφλέξιμα υλικά και τους επιβραδυντές της φωτιάς της κλάσης A, απαιτείται τα αέρια της καύσης να μην είναι τοξικά. Η συμπεριφορά των δομικών υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς προσδιορίζεται με βαθμούς «ανάφλεξης» από F30 έως F90, όπου ο αριθμός δείχνει τον ελάχιστο χρόνο σε

λεπτά, που το δομικό υλικό αντέχει στη φωτιά ή αποτρέπει την εξάπλωση της φωτιάς. Η μη αναφλεξιμότητα χαρακτηρίζεται από το γράμμα Α ή Β π.χ F30-B. Σε περίπτωση που σημαντικά συστατικά του δομικού υλικού δεν καίγονται, το δομικό υλικό χαρακτηρίζεται με τα γράμματα AB.

- Αντοχή σε εφελκυσμό και 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.
- 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.
- 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, μεταλλικές κατασκευές, κ.ό.κ. Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των υλικών γίνεται ως προς την κατεργασία και τοποθέτηση ποιοτικά, με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, και ανάλογα με τις ικανότητες του συγκεκριμένου εργατικού δυναμικού.

- Διάρκεια ζωής σε σχέση με τη φθορά στο χρόνο: Η αντοχή στο χρόνο αποτελεί ακόμη μια παράμετρο των θερμομονωτικών υλικών, παράμετρο που εκφράζεται σε έτη διάρκειας ζωής, όπως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

B) Περιβαλλοντικές ιδιότητες

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.

- 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.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 3: Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριοτέρων θερμομονωτικών υλικών

ΥΛΙΚΟ		ΥΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΑΙΟΓΚΛΙΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΑΦΙΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	
Φυσικές ιδιότητες	Πυκνότητα [kg/m ³]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,030	0,033	0,025	0,029	0,020
		max	0,045	0,045	0,035	0,041	0,027
	Εύρος χρήσης (°C)	min	-100	-100	-60	-80	-50
		max	500	750	75	80	120
	Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	min	<1	<1	80	25	50
		max	1	1	200	200	>100
	Ποσότητα υγρασίας εξομείωσης στους 23 °C/80%RH	min	<0,1	<0,1	<1*	5*	5*
		max	1	1,5			
	Κατηγορία πυραντοχής		A1 A2 B1	A1 A2 B2	B1 B2	B1 B2	B1 B2
	Αντοχή στον εφελκυσμό [N/mm ²]	min	0,005*		0,30	0,15	
max				0,35	0,52		
Όριο θραύσης [N/mm ²]	min	0,00500	0,00012		0,09000		
	max	0,01500	0,00750		0,22000		
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	min	0,10	0,05				
	max	0,79	0,19				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92				
	max	0,97	0,99				
Περιβαλλοντικές ιδιότητες	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες	OXI	OXI	OXI	OXI	NAI	
	Παριεχόμενη πρωτογενής ενέργεια [kWh/m ³]	min	90	110	85	151	15,8
max		430	660	114	269	36,1	

1.7 Είδη υγρασίας και υγραμόνωσης

Η υγρασία είναι εξαιρετικά απειλητική για το κτίριο. Αναλόγως της μορφής της, μπορεί να καταστρέφει τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, τα επιχρίσματα και τη θερμομόνωση. Δυστυχώς γίνεται αντιληπτή όταν έχει ήδη προκαλέσει σοβαρές

βλάβες στο κτίριο. Συν τοις άλλοις, είναι επικίνδυνη για την υγεία των ενοίκων του κτιρίου. Επίσης, η υγρασία απαξιώνει τα θερμομονωτικά υλικά, καθώς το νερό μεταδίδει 24 φορές περισσότερη θερμότητα από τον ακίνητο αέρα. Οι κυριότερες μορφές υγρασίας είναι:

1.7.1. Υγρασία του εδάφους

Οφείλεται σε υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα, τόσο στάσιμα όσο και τρεχούμενα. Τα ύδατα αυτά ανεβαίνουν από τα θεμέλια του κτιρίου και προσβάλλουν τους τοίχους σε όλο τους το πάχος.

1.7.2. Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών

Πρόκειται για την εμφάνιση υγρασίας, υπό τη μορφή σταγόνων ύδατος, στις εσωτερικές επιφάνειες του κελύφους όπως είναι οι τοίχοι, η οροφή και τα παράθυρα. Είναι γνωστή στην καθομιλουμένη ως ιδρώμα των τοίχων. Παρουσιάζεται όταν η επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία των τοίχων είναι μικρότερη από το σημείο δρόσου του εσωτερικού αέρα.

1.7.3. Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών

Πέρα από τη ροή θερμότητας μεταξύ κτιρίου και περιβάλλοντος, λαμβάνει χώρα και μία ροή υδρατμών, μη αντιληπτή από τους ενοίκους, αντιληπτή όμως στο κέλυφος του κτιρίου. Η ροή των υδρατμών, όπως και η ροή θερμότητας, γίνεται από το περιβάλλον με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία προς εκείνο με τη μικρότερη – με δεδομένα ίδια ποσοστά σχετικής υγρασίας. Εάν υπάρχουν διαφορές τόσο στη θερμοκρασία όσο και στα ποσοστά σχετικής υγρασίας, τότε η ροή των υδρατμών γίνεται από το περιβάλλον με τη μεγαλύτερη υγρασία προς εκείνο με τη χαμηλότερη. Η ροή των υδρατμών συνοδεύεται από αντίστροφη ροή ξηρού αέρα διαμέσου του κελύφους. Η πίεση της ατμόσφαιρας παραμένει σταθερή, καθώς ο ξηρός αέρας καταλαμβάνει τη θέση των υδρατμών. Η απλή ροή των υδρατμών δεν είναι ενοχλητική. Εάν όμως οι υδρατμοί συναντήσουν μέσα στο κέλυφος μία περιοχή η οποία έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου του αέρα, μετατρέπονται

σε νερό και σχηματίζουν την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης. Η υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης εισχωρεί στους πόρους των υλικών και τα καταστρέφει.

1.8 Πρόβλημα υγρασίας σε δομικά υλικά

Μία από τις σημαντικότερες απειλές στις οικοδομικές κατασκευές είναι η απαξίωση των δομικών υλικών που μπορεί να προέλθει από τη διείσδυση υγρασίας στη μάζα τους. Η προκαλούμενη ζημιά μπορεί να έχει απλά οικονομικό κόστος, όπως στην περίπτωση διάβρωσης του θερμομονωτικού υλικού ή του επιχρίσματος. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να συντρέχουν λόγοι ασφάλειας, με χαρακτηριστική περίπτωση τη διάβρωση του σκυροδέματος. Αν η υγρασία εισχωρήσει στο σκυρόδεμα, μπορεί να μεταβληθεί η στατική αντοχή του και να μειωθεί σημαντικά η σεισμική αντοχή τους. Επομένως η υγρασία πρέπει να αποτελεί ένα από τα κυριότερα μελήματα του μελετητή/μηχανικού.

Η υγρασία μπορεί να διεισδύσει στα δομικά υλικά με δύο τρόπους:

- Άμεσα, ως διαβροχή από τα νερά της βροχής και του χιονιού, αλλά και ως συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα.
- Έμμεσα, είτε από τον υδροφόρο ορίζοντα που σχηματίζεται από τις μεγάλες βροχοπτώσεις και την τήξη του χιονιού ή από τα υπόγεια νερά που ανέρχονται μέσω τριχοειδών ρηγματώσεων, κινούμενα αντίθετα προς τη βαρύτητα και ανερχόμενα σε αρκετό ύψος.

1.9 Μέθοδοι Υγρομόνωσης

Οι κυριότερες μέθοδοι υγρομόνωσης ανά μορφή υγρασίας είναι:

1. Υγρασία του εδάφους

Η παρεμπόδιση της ανόδου της υγρασίας στους τοίχους του κτιρίου γίνεται με τις εξής μεθόδους:

- Τοποθέτηση ενός οριζόντιου φράγματος υγρασίας σε ολόκληρο το πάχος του τοίχου.
- Μείωση της επιφάνειας απορρόφησης
- Κατασκευή μίας εξωτερικής περιμετρικής τάφρου
- Τοποθέτηση εξωτερικής στεγανωτικής στρώσης

Επιπλέον, μία τεχνική είναι και η διαμόρφωση ενός στραγγιστηρίου με χαλίκια περιμετρικά του κτιρίου και η κατασκευή ενός πεζοδρομίου από άοπλο ή ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα με επίστρωση πλακών πεζοδρομίου.

2. Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών

Η υγρασιμόνωση σε αυτήν την περίπτωση επιτυγχάνεται με τη σωστή θερμομόνωση των τοίχων και με το σωστό αερισμό και τη σωστή θέρμανση των εσωτερικών χώρων.

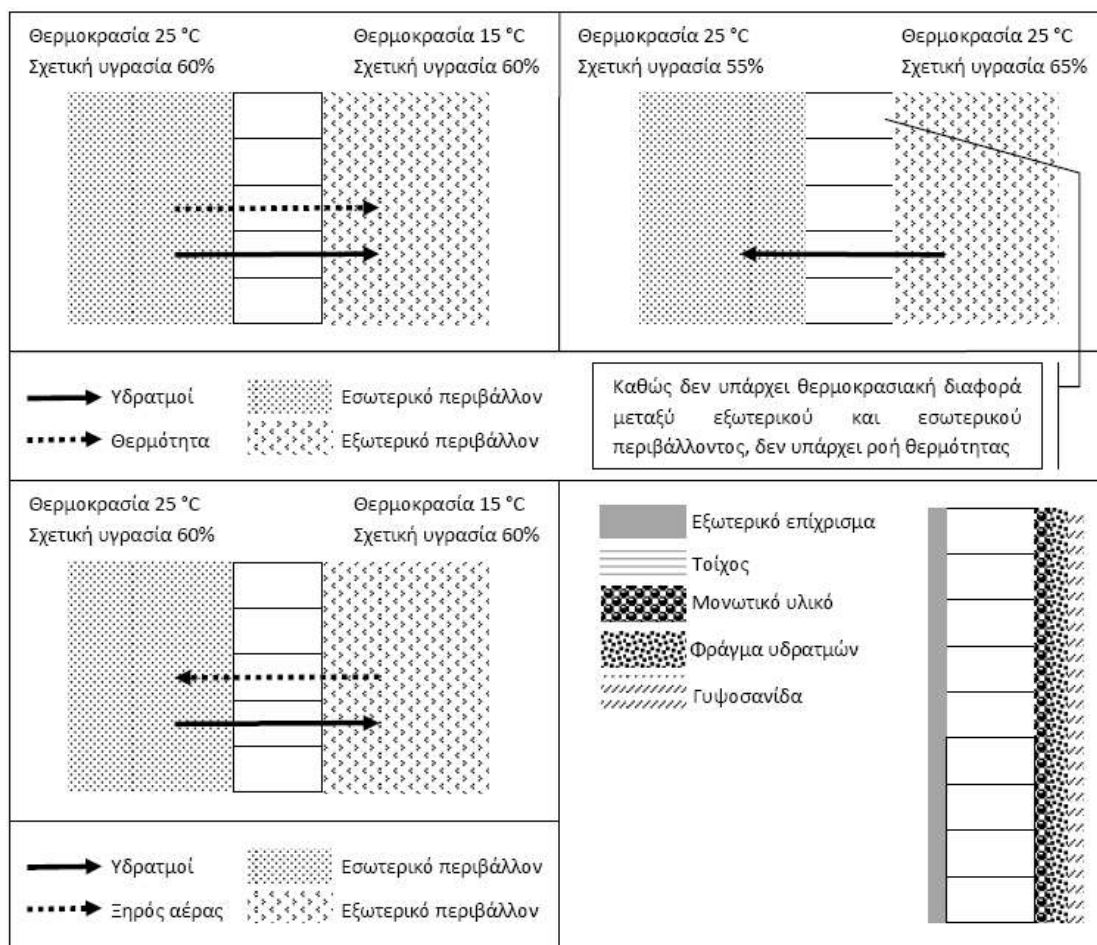
3. Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών

Η προστασία των τοίχων από αυτό το είδος υγρασίας γίνεται με την τοποθέτηση ενός φράγματος υδρατμών, καθώς και με τη χρήση υδραμοπερατού εξωτερικού επιχρίσματος, το οποίο ευνοεί την «αναπνοή» των τοίχων. Το φράγμα υδρατμών μπορεί να είναι ένα χρώμα αλουμινίου ή ασφαλτικό, γαλβανισμένη λαμαρίνα, φύλλο αλουμινίου ή φύλλο πλαστικού. Παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στη διέλευση των υδρατμών και η τοποθέτησή του γίνεται στη θερμότερη πλευρά του τοίχου. Εάν από τη μελέτη υγρασιμόνωσης προκύψει πως η παραγόμενη από τους υδρατμούς ποσότητα νερού είναι μεγαλύτερη από $0,5\text{kg/m}^3$ ανά μήνα, τότε το φράγμα υδρατμών είναι απαραίτητο.

1.10 Συνέπειες υγρασίας

Πέρα από τις βλάβες στο κτίριο, η υγρασία προκαλεί βλάβες και στην υγεία των ενοίκων. Η παρουσία της υγρασίας επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών μπορεί να διαπιστωθεί από την ύπαρξη μικροσκοπικών κηλίδων γκριζόμαυρου χρώματος σε περιοχές όπου δεν κυκλοφορεί αέρας, όπως μεταξύ τοίχων και οροφής, πίσω από έπιπλα τα οποία βρίσκονται σε επαφή με τον τοίχο και λοιπά. Οι κηλίδες αυτές είναι στην πραγματικότητα μύκητες μούχλας, οι οποίοι αναπτύσσονται με ταχύτατο ρυθμό όταν η σχετική υγρασία του χώρου ξεπερνά το 70%. Ένας μόνο μύκητας μπορεί να παράξει σε 4 ημέρες 10 μύκητες. Οι μύκητες αυτοί προκαλούν αλλεργικά και αναπνευστικά προβλήματα στους ενοίκους.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Εικόνα 5: Ροή θερμότητας και υδρατμών μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος

Η στεγάνωση των περιμετρικών τοίχων του υπογείου θα πρέπει να γίνεται με δύο ασφαλτόπανα, των οποίων θα προηγηθεί μία επάλειψη με ασφαλτικό βερνίκι. Τα ασφαλτόπανα στερεώνονται με κόλληση και με τη βοήθεια λάμας και ηλώσεων στην υψηλότερη απόληξή τους. Εάν, για λόγους χαμηλότερου κόστους, εφαρμοσθεί η τεχνική της ασφαλτικής επάλειψης, τότε απαιτούνται 4 στρώσεις με κάθετη διεύθυνση, διασταύρωση της κάθε επάλειψης ως προς την προηγούμενη ή την επόμενη. Θα πρέπει να τονισθεί πως μερικές φορές, τα προβλήματα υγρασίας είναι μη αναστρέψιμα. Επιπλέον, οι εκ των υστέρων επεμβάσεις είναι τόσο χρονοβόρες

όσο και δαπανηρές. Επομένως, όπως και στην υγεία, η πρόληψη της υγρασίας είναι η καλύτερη θεραπεία.

1.11 Χρησιμότητα υγρομόνωσης σε κατασκευές

Η εμφάνιση της υγρασίας στα μέλη των κατασκευών είναι δυνατό να δημιουργήσει σημαντικές ζημιές που μπορούν να οδηγήσουν μέχρι και στην ολοκληρωτική καταστροφή των εκάστοτε δομικών υλικών. Επίσης μπορεί να μειώσει σε πολύ μεγάλο βαθμό και τη θερμομονωτική τους ικανότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια να αυξάνεται το κόστος θέρμανσης και ταυτόχρονα η θέρμανση να μην είναι απόλυτα επαρκής.

1.12 Τρόποι διακίνησης υγρασίας σε κατασκευές

A. Με τη μορφή νερού η υγρασία διακινείται μέσα από τα μέλη της κατασκευής διαμέσου τριχοειδών αγγείων των υλικών προς την κατεύθυνση όπου η σχετική υγρασία έχει τη μικρότερη τιμή, οπότε και το νερό εξατμίζεται ευκολότερα. Αυτό συμβαίνει σε υλικά τα οποία έχουν τριχοειδείς πόρους (κεραμικά, γύψος κ.ά.).

B. Με τη μορφή υδρατμών η υγρασία διακινείται μέσα από τα μέλη της κατασκευής προς την κατεύθυνση, όπου η τιμή της απόλυτης υγρασίας είναι μικρότερη. Η διακίνηση της υγρασίας με τη μορφή υδρατμών ονομάζεται διαπίδυση ή διάχυση υδρατμών.

1.13 Διαδικασία μελέτης υγρομόνωσης

Η μελέτη της υγρομόνωσης πρέπει να στηρίζεται στον παρακάτω ελέγχο:

Έλεγχος θερμομόνωσης προς αποφυγή υγροποίησης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια.

Η υγροποίηση των υδρατμών μπορεί να γίνει στην περίπτωση κατά την οποία η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των μελών της κατασκευής είναι μικρότερη

από το σημείο υγροποίησης των υδρατμών του αέρα στον εσωτερικό χώρο. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε τρεις λόγους:

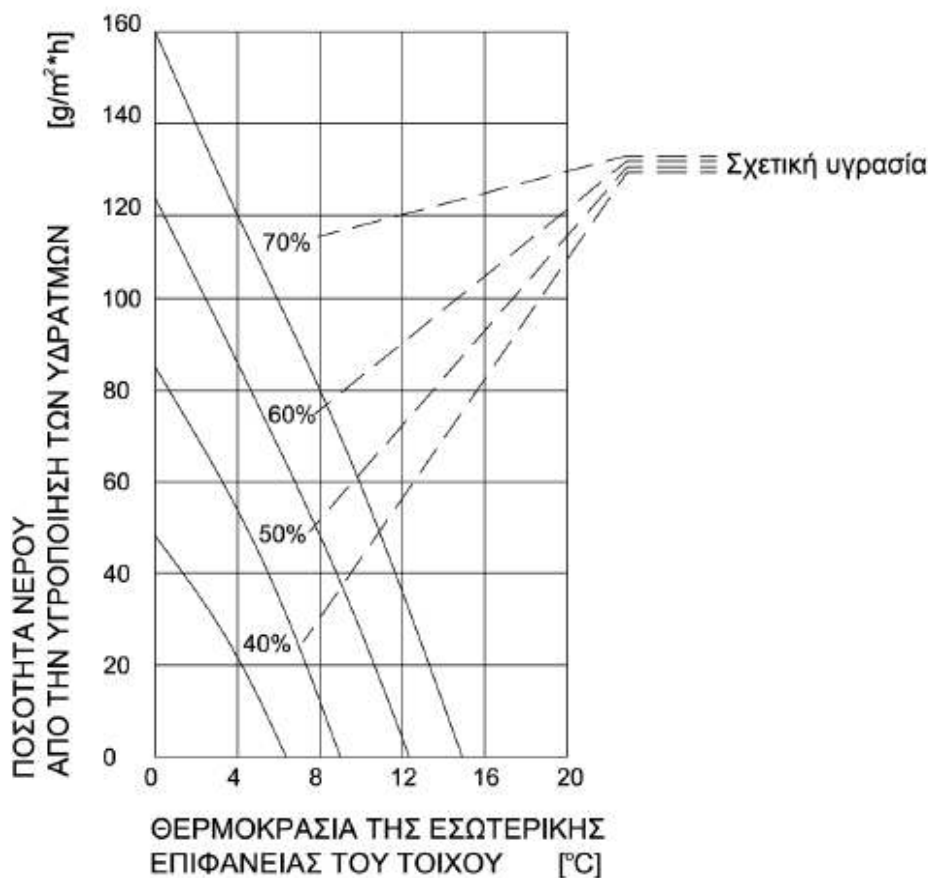
A) Ανεπαρκής θερμομόνωση

Η ελάχιστη δυνατή θερμομόνωση για να αποφευχθεί η υγροποίηση των υδρατμών υπολογίζεται είτε από το μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας, K_{\max} , είτε από την αντίστοιχη ελάχιστη αντίσταση θερμοδιαφυγής $(1/\Lambda)_{\min}$, τα οποία δίνονται από τις σχέσεις 1.2 και 1.3:

$$K_{\max} = \frac{\alpha_i \cdot (t_{Li} - t_s)}{t_{Li} - t_{La}}$$
$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_{\min} = \frac{t_{Li} - t_{La}}{\alpha_i \cdot (t_{Li} - t_s)} - \frac{\alpha_i}{\alpha_a} \quad (1.2, 1.3)$$

Ο έλεγχος για την υγροποίηση των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια κατασκευής γίνεται με τη σύγκριση των μεγεθών $1/\Lambda$ και K της κατασκευής προς τα αντίστοιχα $(1/\Lambda)_{\min}$ και K_{\max} . Όταν το K_{\max} είναι μεγαλύτερο από το K και το $1/\Lambda$ μεγαλύτερο από το $(1/\Lambda)_{\min}$, τότε δε γίνεται υγροποίηση πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Αντίθετα, όταν το K είναι μεγαλύτερο από το K_{\max} και το $(1/\Lambda)_{\min}$ μεγαλύτερο από το $1/\Lambda$, τότε γίνεται υγροποίηση των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Για να αποφευχθεί η υγροποίηση αυτή πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να μειωθεί η τιμή του συντελεστή K της κατασκευής και να γίνει μικρότερος από την τιμή του K_{\max} .

Όταν είναι δυνατή η υγροποίηση στην εσωτερική επιφάνεια, τότε η ποσότητα αυτών μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας το διάγραμμα που ακολουθεί:



Σχήμα 3: Σχέση ποσότητας νερού από υδρατμούς με θερμοκρασία εσωτερικού τοίχου και σχετική υγρασία

Β) Σε θέρμανση ψυχθέντων χώρων

Κατά τη θέρμανση χώρων οι επιφάνειες τους ζεσταίνονται με αργό ρυθμό σε σχέση με τον αέρα του χώρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υγραποίηση των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής.

Γ) Σε αυξημένη υγρασία του αέρα του χώρου

Όταν μέσα σε ένα χώρο η υγρασία είναι υψηλή τότε οι υδρατμοί υγραποιούνται στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Ως μέτρο αντιμετώπισης συνίσταται ο σωστός εξαερισμός έτσι ώστε να αποφεύγεται η αύξηση της υγρασίας σε χώρους όπως κουζίνες και λουτρά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Η υγρομόνωση αποτελεί ένα από τα πιο βασικά μέτρα προστασίας των οικοδομικών κατασκευών και ενδεχόμενη αστοχία είναι πιθανό να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση της θερμομονωτικής στρώσης, τη λειτουργικότητα και μακροπρόθεσμα το φέροντα οργανισμό της κατασκευής.

Οι ιδιαιτερότητες κάθε επιφάνειας προς υγρομόνωση οδηγούν στην ανάγκη εκτεταμένης μελέτης για την εξεύρεση της ενδεδειγμένης λύσης η οποία θα εξασφαλίζει την απόλυτη επιτυχία του συστήματος υγρομόνωσης.

Τα κυριότερα κριτήρια για την επιλογή του συστήματος υγρομόνωσης είναι :

1. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες του υποστρώματος.
2. Οι λειτουργικές απαιτήσεις του κτιρίου.
3. Οι καιρικές συνθήκες της περιοχής.
4. Η διάρκεια ζωής και ο απαιτούμενος χρόνος εφαρμογής του συστήματος υγρομόνωσης.

2.2 Συστήματα υγρομόνωσης

Τα συστήματα υγρομόνωσης χωρίζονται σε κατηγορίες χρησιμοποιώντας τα παρακάτω κριτήρια:

2.2.1 Σχετική θέση ως προς τη θερμομόνωση

Α) Σύστημα συμβατικό

Στη συμβατική μόνωση η τελική επιφάνεια δεν προστατεύεται από τις εξωτερικές καταπονήσεις, φθορές των καιρικών συνθηκών, από τις συστολές και τις διαστολές λόγω θερμοκρασιακών διαφορών και την υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία προκαλεί πρόωρη γήρανση. Σε αυτή την περίπτωση η διάταξη των υλικών είναι η συνηθισμένη ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω:

- καθαρισμός επιφάνειας,
- φράγμα υδρατμών,
- θερμομονωτικό υλικό,
- υλικό ρύσεων (κλίσεις με αφρομετόν)
- στεγανοποίηση
- τελική επιφάνεια

Το υλικό ρύσεων συνήθως είναι με αφρομετόν, είναι ελαφρύτερο έναντι άλλων υλικών και οικονομικότερο με καλή συνεισφορά στη θερμομόνωση. Όσον αφορά τη στεγανοποίηση συνήθως χρησιμοποιούνται ασφαλικές μεμβράνες της αγοράς.



Εικόνα 6: Διαδικασία διαμόρφωσης ρύσεων και στεγανοποίησης σε ταράτσα

Τα θερμομονωτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι:

1. **Διογκωμένη Πολυστερίνη** (φελιζόλ). Σε αντίθεση με την εξηλασμένη, εμφανίζει υδατοαπορροφητικότητα που σχετίζεται στη μάζα της με άμεση

αναλογία την πυκνότητα της. Αυτός ο λόγος, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος, είναι η κύρια αιτία που προτιμάται στη συμβατική μόνωση επειδή το καλύπτει η στεγανοποίηση και δεν έρχεται σε επαφή με την υγρασία. Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ είναι $0,029 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$.

2. **Αφρώδης Εξηλασμένη Πολυστερίνη 5cm.** Η βασική της ιδιότητα που ξεχωρίζει από τα άλλα θερμομονωτικά υλικά είναι η μηδενική απορρόφηση του νερού στη μάζα της που εμφανίζει σε συνθήκες μόνιμης υγρασίας. Διάστρωση Πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης για δώμα πάχους 5 cm τύπου Fibran-Dow-Tiktas κλπ. Με ακμή πλατών τύπου L επί μορφωμένης επιφάνειας.
3. **Αφρομπετόν.** Πρόκειται για ελαφρότατο, σκληρό και αφρώδες κονίαμα με βάση της δομής του το τσιμέντο, αφρογόνο και νερό. Αποτελείται από απειράριθμες κυψελίδες και χρησιμοποιείται για γεμίσματα δαπέδων και ως υλικό ρύσεων, διαμορφώνοντας ρύσεις με ελεύθερη και ταχύτερη απορροή του νερού προς τις υδρορροές σε ταράτσες, ζαρντινιέρες κ.λπ. και εξομάλυνση ανισοτήτων επιφανειών. Είναι πολύ ελαφρύ έναντι του σκυροδέματος, της τσιμεντοκονίας, μωσαϊκού κ.λπ. Έχει ως συνέπεια χαμηλή θερμοαγωγιμότητα ($\lambda=0,11 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$). Είναι υδατοαπορροφητικό λόγω της κυψελώδους του δομής και για το λόγο αυτό στην περίπτωση που βρέχονται οι επιφάνειες πρέπει να στεγανοποιείται με υλικά. Όπως γίνεται κατανοητό το αφρομπετόν όπως και όλα τα υλικά ρύσεων είναι άοπλο και ελαφρύ, ενώ μετά το στέγνωμα δημιουργούνται τριχοειδείς ρηγματώσεις χωρίς να προκαλούν προβλήματα στο παραπάνω σύστημα της μόνωσης.

B) Ανεστραμμένο σύστημα

Η Ανεστραμμένη μόνωση πλεονεκτεί έναντι της συμβατικής στη διάταξη των υλικών κατά την εφαρμογή τους. Η στεγανοποίηση βρίσκεται κάτω από τη θερμομόνωση με αποτέλεσμα να προστατεύεται από τα θερμικά φορτία (χειμώνα/καλοκαίρι), διατηρώντας έτσι σταθερή τη θερμοκρασία της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό δίνει απεριόριστο χρόνο ζωής στη στεγανωτική στρώση εφόσον δεν υπόκειται σε θερμικά σοκ και δεν επηρεάζεται από την υπεριώδη ακτινοβολία κ.λπ. Στην

ανεστραμμένη μόνωση έχουμε τα πλεονεκτήματα επίσης του μικρού συνολικού βάρους και του εύκολου ελέγχου της στεγανοποίησης, καθώς επίσης και τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του παραπάνω συστήματος στην περίπτωση ανέγερσης νέου ορόφου δεδομένου του χαμηλού κόστους επαναχρησιμοποίησης των υλικών.



Εικόνα 7: Σύγκριση ανεστραμμένης και συμβατικής μόνωσης

2.2.2 Χημική σύσταση και μορφή χρησιμοποιούμενων υλικών

A) Σύστημα υγρομόνωσης με επαλειφόμενα υλικά

Στην περίπτωση που οι κλίσεις της ταράτσας είναι σε τέτοιο βαθμό, ώστε να βοηθούν στην απρόσκοπτη απορροή του νερού, ένα επίσης πολύ καλό και αποδοτικό σύστημα στεγάνωσης είναι τα **επαλειφόμενα στεγανωτικά υλικά**. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες υλικών τα οποία ανάλογα με τη σύστασή τους χωρίζονται σε ακρυλικά, τα οποία αραιώνονται με νερό με μέσο χρόνο συντήρησης 2-4 έτη, πολυουρεθανικά, τα οποία αραιώνονται με διαλύτη με μέσο χρόνο συντήρησης 8-9 έτη και τα υλικά υβριδικής τεχνολογίας (50% ακρυλικές ρητίνες και 50% πολυουρεθάνη), τα οποία αραιώνονται με νερό με μέσο χρόνο συντήρησης 6-7 έτη.



Εικόνα 8: Επίστρωση επαλειφόμενου στεγανωτικού υλικού σε ταράτσα

Β) Σύστημα Υγρομόνωσης με Ασφαλτικές Μεμβράνες

Η ποιότητα της ασφαλτικής μεμβράνης εξαρτάται από:

- Τη χημική σύσταση του ασφαλτικού μίγματος
- Τον οπλισμό
- Την αντοχή σε θερμοκρασιακές μεταβολές
- Την αντοχή σε εφελκυσμό
- Την αντοχή στο σχίσιμο
- Την αντοχή σε διάτρηση
- Την ευκαμψία στο κρύο



Εικόνα 9: Τοποθέτηση ασφαλτικής μεμβράνης σε τοίχο

Τα συστήματα υγρομόνωσης με ασφαλτικές μεμβράνες μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Μία υγρομονωτική στρώση (single ply), ή
- Δύο ή περισσότερες υγρομονωτικές στρώσεις (multi ply).

Οι ασφαλικές μεμβράνες έχουν τα παρακάτω κύρια πεδία εφαρμογών:

- Υγρομόνωση βατών δωμάτων
- Υγρομόνωση μη βατών δωμάτων
- Υγρομόνωση κεραμοσκεπών
- Υγρομόνωση φυτεμένων χώρων
- Υγρομόνωση γεφυρών
- Υγρομόνωση υδραυλικών έργων
- Επαναστεγανοποιήσεις

Μολονότι η διαδικασία που ακολουθείται για την υγρομόνωση μίας κατασκευής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Τα βασικά στάδια είναι συνήθως τα ακόλουθα:

1. Καθαρισμός υποστρώματος.
2. Εξομάλυνση ανώμαλων σημείων.
3. Επάλειψη του υποστρώματος με ασφαλικό, οργανοδιαλυτό αστάρι εμποτισμού το οποίο αυξάνει την πρόσφυση της μεμβράνης στο υπόστρωμα.
4. Επικόλληση της ασφαλικής μεμβράνης στο οριζόντιο τμήμα με χρήση φλόγιστρου ή ψυχρής κόλλας ή με μηχανική στερέωση.
5. Επικόλληση της ασφαλικής μεμβράνης στα κάθετα τμήματα και σφράγιση των απολήξεων.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα παρακάτω ευπαθή σημεία της κατασκευής:

- Αρμοί διαστολής του κτιρίου.
- Επικαλύψεις των ασφαλικών μεμβρανών.
- Υδρορροές.
- Ανεστραμμένα δοκάρια.
- Σημεία επαφής οριζοντίων και κατακόρυφων τμημάτων.

- ο Απολήξεις των μεμβρανών στα κατακόρυφα τμήματα.

Τα συστήματα υγραμόνωσης που χρησιμοποιούν ασφαλικές μεμβράνες θεωρούνται ιδανικές λύσεις σε περιπτώσεις υποστρωμάτων με κατασκευαστικές λεπτομέρειες σε περιπτώσεις ύπαρξης εμποδίων (π.χ. μηχανημάτων ψύξης, ηλιακών θερμοσίφωνων κ.ά.), καθώς και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος υφαρπαγής της υγραμονωτικής στρώσης λόγω ανεμοπιέσεων.

Γ) Σύστημα Στεγανοποίησης με Συνθετικές Μεμβράνες

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ευρέως σε υγραμονωτικές κατασκευές πολυμερείς μεμβράνες, οι οποίες διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με τη χημική τους σύνθεση:

1. Μεμβράνες PVC.
2. Μεμβράνες EPDM.

Η υγραμόνωση με συνθετική μεμβράνη υπερτερεί αυτής με ασφαλική, σε υποστρώματα μεγάλων διαστάσεων, χωρίς κατασκευαστικές λεπτομέρειες, στα οποία δεν εδράζεται μεγάλος αριθμός κατασκευών και στοιχείων οποιασδήποτε μορφής, προσφέροντας πλεονεκτήματα όπως οι λιγότερες συρραφές αρμών, η ταχύτητα αλλά και το μικρότερο εργατικό κόστος.



Εικόνα 10: Τοποθέτηση συνθετικής μεμβράνης σε ταράτσα

Η κυριότερη διαφορά ανάμεσα στους δύο τύπους συνθετικών μεμβρανών είναι οι συγκολλήσεις των ραφών, οι οποίες στις μεμβράνες PVC γίνεται με θερμοκόλληση και υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της αξιοπιστίας, ενώ στις μεμβράνες EPDM γίνεται με ψυχρή κόλλα, παρουσιάζοντας μειονεκτήματα όπως το ανθρώπινο λάθος, ο πιθανός πολυμερισμός της κόλλας και συνεπώς αχρήστευσή της, αλλά και η μη δυνατότητα ελέγχου των ραφών.

Στην αγορά των συνθετικών μεμβρανών έχει εισέλθει πλέον μία νέα γενιά μεμβρανών: οι μεμβράνες θερμοπλαστικής πολυολεφίνης (TPO), οι οποίες συνδυάζουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά των μεμβρανών PVC (θερμοσυγκόλληση) και EPDM (απουσία πλαστικοποιητών, ευκαμψία στις χαμηλές θερμοκρασίες). Οι μεμβράνες TPO παράγονται από την ανάμιξη πολυπροπυλενίου και αιθυλενίου-προπυλενίου, δημιουργώντας ένα μίγμα πολυμερούς με εξαιρετικές ιδιότητες. Το τελικό πολυμερές συνδυάζει την εξαιρετική αντοχή στις καιρικές συνθήκες, την ευκαμψία στις χαμηλές θερμοκρασίες, την αντοχή διάτρησης, τριβής και την αντοχή στις χημικές επιδράσεις. Όπως στις περισσότερες μεμβράνες, η ύπαρξη εσωτερικού οπλισμού προσφέρει στη μεμβράνη σταθερότητα διαστάσεων και αυξημένη αντοχή στον εφελκυσμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΟΝΩΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

3.1 Στεγάνωση εξωτερικής/εσωτερικής επιφάνειας τοιχοποιίας

Η διείσδυση των υδάτων και των υδρατμών στα δομικά υλικά προκαλεί μεγάλες φθορές όπως:

- Διάβρωση και αποσάθρωση των υλικών
- Χημική διάβρωση και οξείδωση του σιδηρού οπλισμού του σκυροδέματος
- Δημιουργία εξανθημάτων και κηλίδων
- Ανάπτυξη γλωρίδας, λειχήνων και μυκήτων
- Κινήσεις στη μάζα των υλικών

Πολλές από τις παραπάνω φθορές οφείλονται στην άμεση επίδραση της υγρασίας σε συνάρτηση με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού και σε σχέση με τις αντίστοιχες ιδιότητες των υλικών. Η διαλυτική δράση του νερού, που είναι ο πλέον διαδεδομένος και ισχυρός διαλύτης στη φύση, εμφανίζεται μετά από παρατεταμένη επίδρασή του.

Μία άλλη παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι τα προβλήματα της διείσδυσης του νερού λόγω της σημαντικής αύξησης του όγκου του (κατά 10%) από την επίδραση του παγετού, όταν μετατρέπεται από υγρή σε στερεά μορφή. Η

καταστροφική επίδραση από την παρουσία παγετού είναι συνάρτηση του πορώδους κάθε υλικού και της ποσότητας του νερού που έχει απορροφηθεί.

Οι διάφορες κατασκευές προκειμένου να είναι χρησιμοποιήσιμες και βιώσιμες απαιτούν αποτελεσματική στεγάνωση έναντι υγρασίας και νερού. Στην περίπτωση σοβατισμένων επιφανειών εξωτερικής ή εσωτερικής τοιχοποιίας,, το πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η απλή υγρασία ή το νερό που θα διαπεράσει τα υλικά με τα οποία είναι κατασκευασμένες οι τοιχοποιίες και θα εισχωρήσει στην κατασκευή, δημιουργώντας όλα τα παραπάνω προβλήματα. Η στεγάνωση σοβατισμένων επιφανειών είναι αναγκαία και θα πρέπει:

- Να αντιμετωπίζει με επάρκεια την υγρασία ή το νερό.
- Να έχει αντοχή στις καιρικές επιδράσεις και στην υπερϊώδη ακτινοβολία.
- Να έχει αξιοπιστία, ελαστικότητα, καλή πρόσφυση και διάρκεια στο χρόνο.

3.2 Θέματα σχεδιασμού

Αποτελεσματική λύση για τη στεγάνωση σοβατισμένων επιφανειών εξωτερικής ή εσωτερικής τοιχοποιίας, αποτελεί το **PS-21** (πρώην **PROTESIL-W**) της **Isomat**, το οποίο είναι ετοιμόχρηστο, σιλικονούχο, αδιαβροχοποιητικό υγρό χωρίς διαλύτες. Προσφέρει εξαιρετικά υψηλή υδαταποθητικότητα και μακρόχρονη προστασία. Είναι κατάλληλο για την αδιαβροχοποίηση αρμών πλακιδίων και για την προστασία από τη βροχή επιφανειών από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους, σοβά, εμφανή τοιχοποιία, διακοσμητικά τουβλάκια, κεραμίδια, πλακίδια, αγυάλιστα μάρμαρα, εμφανές σκυρόδεμα κ.λπ. Μπορεί να εφαρμοστεί και σε ελαφρώς υγρά υποστρώματα.

Επίσης, ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτερα είναι και το **Flexcoat της Isomat**, το οποίο είναι υψηλής ποιότητας ελαστικό, στεγανωτικό χρώμα με βάση ακρυλικές ρητίνες. Παρέχει πλήρη στεγανότητα έναντι της βροχής, ενώ έχει μεγάλη ελαστικότητα με δυνατότητα κάλυψης τριχοειδώς ρηγματωμένων επιφανειών, καθώς και υψηλή υδρατμοπερατότητα. Χαρακτηρίζεται από άριστη καλυπτικότητα, ισχυρή

πρόσφυση και εξαιρετική αντοχή στις καιρικές επιδράσεις και στο πλύσιμο. Εφαρμόζεται εξωτερικά ή εσωτερικά, σε νέες ή παλαιές επιφάνειες, όπως σοβάς, εμφανές σκυρόδεμα, τούβλα, αμιαντοτσιμέντο, γυψοσανίδες κ.λπ. Είναι πιστοποιημένο ως ψυχρό χρώμα.

3.3 Πεδία εφαρμογής PS-21

Το PS-21 εφαρμόζεται για την προστασία από την επίδραση της βροχής κατακόρυφων ή οριζόντιων επιφανειών και για τη στεγανοποίηση αρμών πλακιδίων. Είναι κατάλληλο για την αδιαβροχοποίηση φυσικών λίθων, σοβά, εμφανών τοιχοποιιών, κεραμιδιών, εμφανούς σκυροδέματος κ.λπ. Ακόμη μπορεί να εφαρμοσθεί για την προστασία αγυάλιστων μαρμάρων από το νερό και τους ρύπους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ελαφρώς υγρά υποστρώματα.

3.4 Ιδιότητες PS-21

Το PS-21 είναι ένα ετοιμόχρηστο, σιλικονούχο γαλάκτωμα χωρίς διαλύτες, που χρησιμοποιείται για την αδιαβροχοποίηση ανόργανων υποστρωμάτων. Προσφέρει εξαιρετικά μεγάλη υδαταπωθητικότητα. Είναι υδρατμοπερατό και επιτρέπει έτσι την αναπνοή των δομικών στοιχείων. Δε δημιουργεί υμένα επάνω στις επιφάνειες που εφαρμόζεται και έτσι δεν αλλάζει την όψη τους. Απαλλάσσει τις επιφάνειες που εφαρμόζεται από εξανθήματα αλάτων, επιδράσεις παγετού και βρωμιάς, λόγω της μη απορρόφησης του νερού, της βροχής και των ρύπων. Είναι κατάλληλο για υποστρώματα με μεγάλη αλκαλικότητα. Χαρακτηρίζεται από γρήγορη αποτελεσματικότητα μετά την εφαρμογή του. Συντελεί στη μείωση του κινδύνου ενανθράκωσης. Είναι κατάλληλο για ελαφρώς υγρά υποστρώματα.

3.4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά PS-21

Απόχρωση: διαφανές, όταν στεγνώσει

Ποκνότητα: 0,99 kg/l

3.4.2 Τρόπος χρήσης PS-21

1. Υπόστρωμα

Οι επιφάνειες, στις οποίες πρόκειται να εφαρμοστεί το PS-21, πρέπει να έχουν ανοικτούς πόρους και να είναι καθαρές.

2. Εφαρμογή

α) Οριζόντιες επιφάνειες

Στην περίπτωση οριζόντιων απορροφητικών επιφανειών (απορροφητικά πλακίδια, μωσαϊκό κ.λπ.) η εφαρμογή μπορεί να γίνει με λάστιχο τζαμιών (λασπίερα). Αφήνουμε το υλικό να δράσει για 5 λεπτά, στη συνέχεια απομακρύνουμε το πλεονάζον υλικό με τη βοήθεια της λασπίερας και καθαρίζουμε την επιφάνεια με ένα ελαφρά υγρό πανί. Ο τελικός καθαρισμός της επιφάνειας μπορεί να γίνει μετά από 6 ώρες. Η αδιαβροχοποίηση είναι αποτελεσματικότερη σε επιφάνειες που έχουν κλίση και δε λιμνάζουν νερά.

β) Κατακόρυφες επιφάνειες

Σε κατακόρυφες επιφάνειες η εφαρμογή του PS-21 γίνεται με ψεκασμό ή με επάλειψη με βούρτσα ή ρολό. Συνήθως επαρκούν μία ή δύο στρώσεις. Η δεύτερη στρώση ακολουθεί όσο η πρώτη είναι ακόμα υγρή. Καλύτερος εμποτισμός επιτυγχάνεται σε στεγνές έως ελαφρά υγρές, απορροφητικές επιφάνειες.

γ) Στεγανοποίηση αρμών πλακιδίων

Η εφαρμογή του PS-21 για τη στεγάνωση αρμών πλακιδίων μπορεί να γίνει με πινέλο ή με λάστιχο τζαμιών (λασπίερα).

δ) Εμποτισμός

Το PS-21 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον εμποτισμό δομικών υλικών, όπως κεραμίδια, τούβλα κ.λπ., αραιωμένο με νερό σε αναλογία 1:1 έως 1:4.

3.4.3 Κατανάλωση PS-21

0,2-0,4 lt/m² ανάλογα με την απορροφητικότητα της επιφάνειας.

3.4.4 Χρόνος ζωής - Αποθήκευση PS-21

Ο χρόνος ζωής του PS-21 είναι δώδεκα (12) μήνες από την ημερομηνία παραγωγής, αποθηκευμένο στην αρχική, σφραγισμένη συσκευασία σε θερμοκρασίες μεταξύ +5°C και +35°C. Επιπλέον, πρέπει να προστατεύεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και τον παγετό.

3.5 Πεδία εφαρμογής Flexcoat

Το υλικό Flexcoat εφαρμόζεται εξωτερικά ή εσωτερικά, σε νέες ή παλαιές επιφάνειες, όπως σοβάς, εμφανές σκυρόδεμα, τούβλα, αμιαντοτσιμέντο, γυψοσανίδες κ.λπ. Ακόμη μπορεί να εφαρμοσθεί επάνω σε ασφαλτικές στρώσεις, σε ασφαλτόπανα και σε πολυουρεθάνη για την προστασία τους από τον ήλιο. Εσωτερικά εφαρμόζεται σε χώρους όπου απαιτείται συχνό πλύσιμο των τοίχων και υψηλή αντοχή, όπως κουζίνες, λουτρά, γκαράζ, νοσοκομεία, βιομηχανίες κ.λπ.

3.6 Ιδιότητες PS-21

3.6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Flexcoat

Αποχρώσεις:	Λευκό και 1420 επιλεγμένες (χρωματολόγιο ISOMAT COLOR SYSTEM)
Τύπος:	100% ακρυλικό χρώμα
Ιξώδες (Poise):	14-17
Πυκνότητα:	1,34 kg/l

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ρΗ:	8-9 στους +23°C
Καλυπτικότητα:	min 90%
Λευκότητα:	min 85%
Τριχοειδής απορρόφηση νερού:	0,03 kg/m ² h ^{0,5}
Αντοχή σε πρόσφυση	2,00 N/mm ²
Αντοχή στο πλύσιμο	> 20.000 κύκλους
Ανακλαστικότητα ηλιακής ακτινοβολίας	89%
Συντελεστής εκπομπής στην υπέρυθρη ακτινοβολία:	0,86
Χρόνος στεγνώματος:	1 h στην αφή
Χρόνος επαναβαφής:	3-4 h

3.6.2 Τρόπος χρήσης

1. Υπόστρωμα

Το υπόστρωμα πρέπει να είναι στεγνό και απαλλαγμένο από λίπη, σαθρά υλικά, σκόνες κ.λπ. Ρωγμές ή αρμοί γεμίζονται με την ακρυλική μαστίχη ISOMASTICA. Υπάρχουσες ατέλειες στο σκυρόδεμα επισκευάζονται με το ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα DUROCRET και στο εμφανές σκυρόδεμα με τους ρητινούχους τσιμεντόστοκους PLANFIX ή PLANFIXFINE. Τυχόν αποκαταστάσεις σοβάδων γίνονται με τα έτοιμα κονιάματα UNICRET και UNICRETFAST.

Ακολουθεί αστάρωμα με το ακρυλικό αστάρι FLEXPIMER, με κατανάλωση 100-200 g/m², ανάλογα με την απορροφητικότητα του υποστρώματος. Ειδικά όταν ο σοβάς είναι σαθρός και τρίβεται, το FLEXPIMER σταθεροποιεί την επιφάνειά του.

2. Εφαρμογή

Πριν από τη χρήση, αναδεύουμε ελαφρώς το υλικό και το εφαρμόζουμε ως έχει ή αραιωμένο έως και 5% με καθαρό νερό. Το FLEXCOAT εφαρμόζεται με ρολό, πινέλο ή πιστόλι airless σε δύο στρώσεις. Η δεύτερη στρώση ακολουθεί αφού στεγνώσει πλήρως η πρώτη. Σε περιπτώσεις έντονων, μεμονωμένων ρηγματώσεων, η μεμβράνη του FLEXCOAT μπορεί να ενισχυθεί με ταινία πολυεστερικού υφάσματος (30 g/m²) πλάτους 10 cm, κατά μήκος των ρωγμών. Σε περιπτώσεις πολλαπλών ρηγματώσεων, η μεμβράνη του FLEXCOAT μπορεί να ενισχυθεί καθολικά με το ίδιο πολυεστερικό ύφασμα πλάτους 100 cm.

3. Απόδοση

Το FLEXCOAT καλύπτει 12 m² ανά λίτρο, σε κατάλληλα προετοιμασμένες επιφάνειες. Παρέχεται σε δοχεία 3 lit και 10 lit. Ο χρόνος ζωής του είναι 12 μήνες από την ημερομηνία παραγωγής, αποθηκευμένο στην αρχική, σφραγισμένη συσκευασία σε θερμοκρασίες μεταξύ +5°C και +35°C. Πρέπει να προστατεύεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και τον παγετό.

4. Πτητικές οργανικές ενώσεις

Σύμφωνα με την Οδηγία 2004/42/EK (Παράρτημα II, πίνακας Α), η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε ΠΟΕ για την υποκατηγορία προϊόντος γ, τύπος Υ είναι 40g/Lt (2010) για έτοιμο προς χρήση προϊόν. Το έτοιμο προς χρήση προϊόν FLEXCOAT έχει μέγιστη περιεκτικότητα <40 g/Lt.

3.7 Σύγκριση

Επιχειρώντας μία σύγκριση ανάμεσα στα δύο υλικά διαπιστώνεται μία μικρή υπεροχή του **PS-21** έναντι του **FLEXCOAT**. Και στις δύο κατηγορίες υλικών υπάρχει ηλεκτροστατική κόλληση της σκόνης και ενσωματώνεται στο χρώμα. Αν και το δεύτερο αποτελεί μία πιο οικονομική λύση (βλ. απόδοση), το πρώτο υλικό είναι λιγότερο επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου μιας και δεν περιέχει οργανικούς διαλύτες.

Το **PS-21** χρειάζεται πολύ μικρότερη επεξεργασία στην επιφάνεια εφαρμογής, δε δημιουργεί υμένα επάνω στις επιφάνειες που εφαρμόζεται και έτσι δεν αλλάζει την όψη τους σε αντίθεση με το Flexcoat.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ

4.1 Γενικά

Η στεγανοποίηση-υγρομόνωση ενός δώματος (ταράτσας) παρουσιάζει δύο βασικές πτυχές: α) την επιλογή των κατάλληλων υλικών και β) την εφαρμογή τους. Η ορθότητα ή μη, είτε στη μία είτε στην άλλη περίπτωση εξαρτάται από την ενδεδειγμένη μελέτη-σκεπτικό που πρέπει να συγκροτηθεί προκειμένου να δοθεί η καταλληλότερη τεχνικά λύση.

Για τη συγκρότηση αυτής της μελέτης πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

A) Για την επιλογή των κατάλληλων υλικών:

1. Αν έχει ή όχι κλίσεις το δώμα/ταράτσα.
2. Αν υπάρχει ήδη παλαιά μόνωση που έχει ή δεν έχει πλημμυρίσει.
3. Αν υπάρχει παλαιά στεγανωτική στρώση στην τελική επιφάνεια (επιφάνεια εφαρμογής) και αν είναι αποσαθρωμένη ή όχι, αν υπάρχει συμβατότητα με τη νέα στεγανωτική στρώση και τέλος αν αυτή αναπνέει ή όχι.
4. Αν υπάρχουν ευπαθή σημεία στην κατασκευή που χρήζουν ιδιαίτερης μελέτης. Δηλαδή εντοπισμός και καταγραφή όλων των πιθανών υδρογεφυρών του έργου ή των σημείων εκείνων που παρά τις επεμβάσεις επίλυσης της ευπάθειάς τους δεν μπορεί να διασφαλιστεί μεγάλος χρόνος ζωής των επεμβάσεων στα σημεία αυτά.
5. Αν θα είναι τελική επιφάνεια ή όχι η στεγανωτική στρώση και αν απαιτείται υψηλή βατότητα, περιορισμένη ή καθόλου.
6. Αν θα συνδυαστεί με εργασίες για τη δημιουργία κλίσεων ή και θερμομόνωση του δώματος.

7. Η περιοχή στην οποία βρίσκεται το έργο. Αυτό μας ενδιαφέρει ως προς τα κλιματικά δεδομένα της (πολύ ισχυροί άνεμοι, έντονη ηλιοφάνεια ή συχνή εμφάνιση παγετού κ.λπ.).
8. Το μέγεθος της ταράτσας και η ένταση των συστολών και διαστολών που θα αναπτύσσονται και θα καταπονούν τη στεγανωτική στρώση.
9. Η σχετική υγρασία του υποστρώματος (τόσο στο δάπεδο όσο και στις κάθετες επιφάνειες)
10. Αν η επιφάνεια εφαρμογής εμφανίζει ακμές ή σαθρά.
11. Ο χρόνος εφαρμογής τόσο ως εποχή που γίνεται το έργο, όσο και ως χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωσή του.
12. Η κατάσταση των στηθαίων, πως είναι κατασκευασμένα, το υλικό της τελικής τους επιφάνειας, οι ρωγμές ή μη που εμφανίζουν στη βάση της εξωτερικής τους όψης.
13. Η ύπαρξη εύφλεκτων υλικών ή δέντρων ή ακόμη και ύπαρξη εξωτερικής θερμομόνωσης σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν ασφαλικές μεμβράνες.
14. Αν πρόκειται να επιστρωθεί άμεσα ή στο μέλλον η στεγανωτική στρώση με στρώσεις εξασφάλισης βατότητας και ποιες θα είναι αυτές.
15. Αν θα καταπονείται από χημικά προϊόντα και ποια.
16. Τον προσδόκιμο χρόνο ζωής που επιθυμούν οι ιδιοκτήτες.
17. Αν υπάρχει το σκεπτικό άμεσα ή αργότερα να φυτευτεί το δώμα.
18. Αν υπάρχουν οριζόντιοι ή κάθετοι αρμοί διαστολής ή ακόμη και αρμοί διακοπής εργασιών.
19. Αν έχουμε παλαιά μόνωση πλακοστρωμένη ή πλακιδιοστρωμένη ως υπόστρωμα, εμβαδού που υπερβαίνει τα 50 τ.μ. και δεν υπάρχουν αρμοί διαστολής που θα εκτονώνουν τις τάσεις των διαστολών και συστολών.
20. Αν υπάρχει περιθώριο – λούκι στην περίμετρο και σε τι κατάσταση βρίσκεται.
21. Αν υπάρχει στηθαίο στην επαφή με γειτονικό κτίριο ή όχι.
22. Αν οι υδροροές είναι πολύ μικρής διαμέτρου.
23. Το κόστος που είναι διατεθειμένος ο ιδιοκτήτης να πληρώσει.
24. Το πάχος της υγρομόνωσης ή και των στρώσεων επικάλυψής της αν απαιτείται υψηλή βατότητα.

B) Για την επιλογή του κατάλληλου συνεργείου:

- 1) Η τεχνική κατάρτιση – τεχνογνωσία της εταιρίας.
- 2) Η εμπειρία των τεχνικών της.
- 3) Η συχνή ή μη αναφορά σε προδιαγραφές.
- 4) Η τεκμηριωμένη και σε βάθος αιτιολόγηση της επιλογής της παρεχόμενης τεχνικής λύσης.
- 5) Κάποιο πιστοποιητικό ή πιστοποιητικά που θα διασφαλίζουν εν μέρει τα παραπάνω.
- 6) Η δυνατότητα παρουσίασης συστατικών επιστολών.
- 7) Η ενδεδειγμένη καταγραφή όλων των παραμέτρων του έργου από τον τεχνικό που θα επισκεφθεί το έργο.
- 8) Το καλό όνομα της εταιρίας στο χώρο.
- 9) Τα ποιοτικά στάνταρ που θέτει η εταιρία στους εργαζόμενούς της.

Όσο και να φαίνεται περίεργο, όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορεί να είναι καθοριστικοί για την επιτυχή αντιμετώπιση ενός έργου. Αυτό που καθιστά καλύτερο έναν τεχνικό από έναν άλλο δεν είναι μόνο η επιλογή του κατάλληλου υλικού, αλλά και η δυνατότητά του να οραματισθεί το έργο, να εντοπίσει τις δυσκολίες του και κυρίως να εντοπίσει όλα τα ευπαθή σημεία που μπορούν να προκαλέσουν υδρογέφυρες.

Αρκετός κόσμος θεωρεί πως ένας πολιτικός μηχανικός κατέχει και γνώσεις μόνωσης. Αυτό δεν είναι ακριβές καθώς, ειδικά η υγραμόνωση δε διδάσκεται παρά μόνο ως γενική αναφορά στα Πολυτεχνεία της χώρας. Και είναι λογικό, αφού ο μηχανικός δεν μπορεί να γνωρίζει σε βάθος τη δουλειά ενός εξειδικευμένου τεχνικού, πόσο μάλλον όλων των επαγγελματιών της οικοδομής, εκτός και αν μέσα από την πολύχρονη εμπειρία του έχει αποκτήσει μεγάλο τμήμα αυτών των γνώσεων.

4.2 Στεγάνωση δωματίων κήπων

Τα δώματα, εφόσον είναι κατάλληλα κατασκευασμένα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξασφαλίσουν φυτεμένους χώρους ή αρχιτεκτονικούς κήπους που προσφέρουν μία πολύτιμη άνεση εντός του δομημένου περιβάλλοντος. Αυτά τα φυτεμένα δώματα βελτιώνουν την εμφάνιση του κτιρίου και παρέχουν πρόσθετους υπαίθριους χώρους στους χρήστες του κτιρίου. Η κατηγορία αυτή των δωματίων διαφέρει από τους άλλους τύπους δωματίων, διότι για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται εκτός από τα υλικά θερμομόνωσης και στεγάνωσης και άλλα υλικά που έχουν επιπτώσεις στη συμπεριφορά του δώματος.

4.3 Πράσινες στέγες: ιστορική αναδρομή

Οι πράσινες στέγες είναι κυριολεκτικά παλιές όσο και ο άνθρωπος και χρησιμοποιούνταν πολύ πριν τη σύλληψη της ιδέας της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Ήδη από την αυγή της ανάπτυξης της αγροτικής κοινωνίας, στο πρώτο στάδιο του Πολιτισμού, γύρω στο 8.000 π.Χ., οι άνθρωποι άρχισαν να εγκαταλείπουν τις σπηλιές και τα πρόχειρα καταφύγια και να εγκαθίστανται σε οικισμούς, οργανωμένοι σε ομάδες που είχαν ως βάση την εκτεταμένη οικογένεια.

Οι οικισμοί αυτοί, που είχαν το μέγεθος και τη δομή των σύγχρονων χωριών, χτίζονταν από υλικά που βρίσκονταν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, όπως το χώμα με τη μορφή πηλού και οι φυτικές ύλες. Ιδιαίτερα οι φυτικές ύλες, είτε στη ζωντανή είτε στην αποξηραμένη μορφή τους (π.χ. φυτά και άχυρο), αποτελούσαν κυρίαρχα υλικά δόμησης καθώς προσέφεραν πολλαπλά οφέλη στη θερμομόνωση, τη στεγανοποίηση, τη σταθερότητα και την αισθητική αυτών των πρώτων κατοικιών.

Από την αυγή του πολιτισμού η ανάπτυξη και η άνθηση των αγροτικών κοινωνιών μεταμόρφωσε τα πρώτα χωριά σε κωμοπόλεις πολλών χιλιάδων κατοίκων, όπου η φύτευση των στεγών συνέχισε να είναι δημοφιλής με εξαιρετικά αποτελέσματα. Ένα από αυτά είναι "Οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας", οι οποίοι μνημονεύονται μέχρι σήμερα ανάμεσα στα Επτά Θαύματα του αρχαίου κόσμου.



Εικόνα 11: Οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας

Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας πιθανολογείται ότι αποτελούσαν μέρος των εξωτερικών τειχών της Βαβυλώνας. Εικάζεται ότι χτίστηκαν περίπου το 600 π.Χ. από το βασιλιά της δυναστείας των Βαβυλωνίων, Ναβουχοδονόσορα τον Β', για να ικανοποιηθεί η σύζυγός του Αμμίτις που νοσταλγούσε τα πράσινα βουνά της πατρίδας της Μηδίας.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα οι άνθρωποι εξακολούθησαν τις ίδιες πρακτικές δόμησης. Τα δείγματα κελτικής αρχιτεκτονικής, που βλέπουμε στα Χάιλαντς της Σκωτίας, την Ουαλία και την Ιρλανδία, μας δίνουν μία καλή εικόνα για τη χρήση του φυτεμένου δώματος μέχρι και μετά την Αναγέννηση.



Εικόνα 12: Παράδειγμα χρήσης φυτεμένου δώματος

Ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα της χρήσης φυτικών υλικών στις στέγες κατά τη διάρκεια της Ελισαβετιανής εποχής είναι οι κατοικίες του Σαίξπηρ και της συζύγου του στο Στράτφορντ. Και τα δύο κτίρια, που χρονολογούνται από τα μέσα του 1.500 μ.Χ. και βρίσκονται σε άψογη κατάσταση, είναι επισκέψιμα προσφέροντας μία καθαρή εικόνα της αρχιτεκτονικής εκείνης της περιόδου.



Εικόνα 13: Παραδείγματα χρήσης φυτικών υλικών σε στέγες κατοικιών Ελισαβετιανής εποχής

4.4 Ανάγκη χρήσης πράσινων στεγών

Στη σύγχρονη εποχή η βιομηχανική επανάσταση και όλο το δεύτερο στάδιο της εξέλιξης του ανθρώπινου πολιτισμού, επέφεραν θεμελιώδεις αλλαγές στον τρόπο ζωής σε όλο τον πλανήτη. Μία από τις πιο χαρακτηριστικές αλλαγές ανάμεσα τους ήταν η ανάπτυξη των μεγάλων πόλεων που εξυπηρετούσαν τον αστικοποιημένο νέο τρόπο ζωής, και ειδικότερα τη διαμόρφωση μονάδων παραγωγής (εργοστασίων) και αγορών για την πώληση των προϊόντων της βιομηχανίας.

Τα εργοστάσια και οι αγορές χρειάζονταν εργάτες και καταναλωτές, οι οποίοι συγκεντρώνονταν σε αστικά κέντρα που είχαν τη μορφή των σύγχρονων πόλεων. Η μαζική παραγωγή και η ευρεία κατανάλωση έφεραν μαζί τους τη δυνατότητα και την αναγκαιότητα για την ανάπτυξη μεγάλων αστικών κέντρων σε ευρεία κλίμακα. Συνεπώς, οι παραδοσιακές μέθοδοι δόμησης και τα παραδοσιακά υλικά αντικαταστάθηκαν από βιομηχανικές μεθόδους και υλικά. Η χρήση νέων υλικών συνοδεύτηκε από την εμφάνιση νέων προβλημάτων. Η επεξεργασία των υλικών έγινε εφικτή και θεμιτή κι έτσι τα φυσικά δομικά υλικά εγκαταλείφθηκαν και αντικαταστάθηκαν από τούβλα, κεραμίδια, τσιμέντο και ατσάλι. Το αποτέλεσμα είναι εμφανές από τη Νέα Υόρκη μέχρι την Καλκούτα και από το Ρέικιαβικ μέχρι το Γιοχάνεσμπουργκ.

Παράλληλα, η ανάπτυξη των σύγχρονων αστικών κέντρων έφερε μαζί της ένα πλήθος σοβαρών προβλημάτων. Τα νέα υλικά και οι νέες μέθοδοι δόμησης σε συνδυασμό με τη βιομηχανική και καταναλωτική δραστηριότητα για την εξυπηρέτηση των βιομηχανικών και καταναλωτικών αναγκών συγκρούονται με τις ανάγκες ισορροπίας της βιόσφαιρας σε πολλά επίπεδα. Έτσι, οι βιομηχανικές δραστηριότητες, ο υλικός καταναλωτισμός, τα υλικά και οι μέθοδοι δόμησης έχουν φέρει πλέον την ανθρωπότητα του 21^{ου} αιώνα αντιμέτωπη με την υποβάθμιση τόσο της βιόσφαιρας, όσο και πολλών από τους μηχανισμούς υποστήριξης της ζωής από τους οποίους εξαρτάται και οι οποίοι πλέον απειλούνται.

Οι προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σύγχρονες πόλεις μπορούν να επικεντρωθούν στη δημιουργία των θερμικών νησίδων, στην υπερχείλιση των

όμβριων υδάτων, στην ανησυχητική εξάπλωση σοβαρών σωματικών, ψυχικών και νευρικών παθήσεων με μορφή επιδημίας, στην απώλεια του φυσικού τοπίου ως καταφύγιο της πανίδας, στον περιορισμό της βιοποικιλότητας κ.ά. Όλα αυτά είναι σημαντικά ζητήματα που καλείται να λύσει η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα..

Το πρόβλημα έγινε ιδιαίτερα επιτακτικό για τους πολεοδόμους του Δυτικού πολιτισμού στη δεκαετία του 1960 με αποτέλεσμα την ανανέωση του ενδιαφέροντος για επιστροφή στις φυσικές λύσεις και συγκεκριμένα στις παραδοσιακές οικιστικές μεθόδους και υλικά. Η αναγκαιότητα για την εύρεση μίας βιώσιμης λύσης στο σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων, οδήγησε στη δημιουργία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Οι πολεοδόμοι που ανταποκρίθηκαν πρώτοι προέρχονταν από τη Γερμανία και την Ελβετία. Αποτέλεσμα ήταν η αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος και για τις φυτεμένες στέγες στις δύο χώρες.

4.5 Πράσινες στέγες σε Ευρώπη και Ελλάδα

Οι αρχικές προσπάθειες για πράσινες στέγες στη Γερμανία απέτυχαν για ένα πλήθος λόγων. Ένας από αυτούς ήταν η ακατάλληλη στεγανοποίηση που δημιούργησε μία επιφύλαξη για τις φυτεμένες στέγες. Οι Γερμανοί πολεοδόμοι αντιμετώπισαν την πρόκληση με την εγκαθίδρυση της Εταιρίας Έρευνας, Ανάπτυξης και Κατασκευής Γερμανικών Τοπίων το 1975 (German Landscape Research, Development and Construction Society - FLL).

Η FLL είναι ένας ανεξάρτητος μη-κερδοσκοπικός οργανισμός. Ιδρύθηκε από οκτώ επαγγελματικές ενώσεις για "τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσω της προώθησης και της διάδοσης της έρευνας πάνω στα φυτά και της μεθοδευμένης εφαρμογής της". Η FLL είναι μόνο μία από τις σαράντα επιτροπές που έχουν δημοσιεύσει μία εκτεταμένη λίστα οδηγιών και συμβουλών κατασκευής. Η συγκεκριμένη εταιρία εργάζεται πάνω στις προδιαγραφές της τεχνολογίας των πράσινων στεγών για 25 χρόνια.



Εικόνα 14: Πράσινη στέγη σε σύγχρονη κατασκευή

Οι "Οδηγίες για το Σχεδιασμό, την Εκτέλεση και τη Συντήρηση των Κτιρίων με Πράσινες Στέγες", που εξέδωσαν (γνωστών και ως FLL guidelines) αντανακλούν τις τελευταίες εξελίξεις στην αναγνωρισμένη ως κορυφαία, γερμανική τεχνολογία. Παρότι οι Οδηγίες δεν προσφέρουν λύσεις σε όλα τα προβλήματα των φυτεμένων δωμάτων, είναι ένα βασικό εργαλείο για την κατασκευή αξιόπιστων πράσινων στεγών υψηλής ποιότητας.

Άμεσο αποτέλεσμα της δημιουργίας της FLL ήταν η ανάπτυξη της δημοτικότητας των πράσινων στεγών στη Γερμανία. Μέχρι στιγμής, εκτιμάται ότι το 10% των γερμανικών στεγών (35.000.000τ.μ.) έχουν πρασινίσει. Στη Γερμανία η φύτευση δωμάτων χρησιμοποιείται κυρίως ως μέθοδος για την αντιμετώπιση της υπερχειλίσης των όμβριων υδάτων, για αυτό και έχουν εφαρμοστεί νόμοι που προσφέρουν κίνητρα, αλλά και ποινές για να ενθαρρύνουν τη φύτευση των στεγών σε μεγάλη κλίμακα.

Στην Ελλάδα η εφαρμογή των πράσινων στεγών άρχισε να διαδίδεται μόλις την τελευταία δεκαετία, καθώς τα υφιστάμενα συστήματα που χρησιμοποιούνταν στο εξωτερικό δεν ήταν κατάλληλα για τα δεδομένα των κτιρίων και του κλίματος της χώρας μας. Ανάμεσα στις κύριες προκλήσεις που έπρεπε να αντιμετωπιστούν ήταν η δημιουργία ενός εξειδικευμένου συστήματος με χαμηλό στατικό φορτίο, ώστε να προσφέρει ασφάλεια στην περίπτωση σεισμού, με χαμηλές ανάγκες άρδευσης, ώστε

να είναι βιώσιμο και οικονομικά συμφέρον και με φυτά ανθεκτικά στις ακραίες κλιματολογικές συνθήκες που μπορεί να κυμαίνονται από τον καύσωνα μέχρι τον παγετό στην ίδια περιοχή. Ωστόσο, μετά από αρκετές προσπάθειες, υπάρχουν πλέον μερικές εταιρίες που έχουν καταφέρει να διαμορφώσουν κάποια συστήματα απόλυτα ικανοποιητικά για ελληνικά κτίρια προσφέροντας ταυτόχρονα ένα λειτουργικά και αισθητικά άριστο αποτέλεσμα.

4.6 Τύποι φυτεμένων δωμάτων

4.6.1 Εκτατικός τύπος

Ο εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος δεν αποτελεί συνήθως χώρο αναψυχής. Έχει χαμηλές απαιτήσεις διαχείρισης και δεν απαιτεί συνήθως τεχνητή άρδευση. Τα φυτά επιλέγονται με στόχο να αναπτυχθούν ομαλά, με ελάχιστη τροποποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην οροφή. Η φύτευση γίνεται με τρόπο που να προσεγγίζει τη διάταξη και την πυκνότητα των φυτών στο φυσικό τους περιβάλλον, με στόχο τη δημιουργία μίας αυτοσυντηρούμενης και βιώσιμης φυτοκοινωνίας. Τα εκτατικά φυτεμένα δώματα αποτελούν ελαφριά συστήματα φύτευσης σε μικρού βάθους υποστρώματα και έχουν ελάχιστες διαρθρωτικές συνέπειες για το κτίριο.



Εικόνα 15: Εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος

Το υπόστρωμα ανάπτυξης της φυτοκοινωνίας ενός εκτατικού φυτοδώματος αποτελείται συνήθως από μίγμα υποκατάστατων εδάφους, όπως είναι η τύρφη, ο περλίτης, η άμμος, το χαλίκι και η οργανική ύλη, και από ελάχιστο ποσοστό εδάφους. Το βάθος του υποστρώματος κυμαίνεται από 5 έως 15cm, με βάρος μεταξύ 72,6 – 169,4kg/m², όταν αυτό είναι κορεσμένο. Λόγω του βάρους και του βάθους του υποστρώματος, ο συγκεκριμένος τύπος φυτοδώματος ενδείκνυται και για κλίσεις οροφής έως και 30°. Τα φυτά πρέπει να είναι ανθεκτικά στις τοπικές συνθήκες, αφού για τη συντήρησή τους εφαρμόζεται άρδευση και λίπανση μόνο κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης τους και στη συνέχεια γίνεται μόνο ζιζανιοκτονία. Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως στα εκτατικά φυτοδώματα αποτελείται από ιθαγενή αυτοφυή ποώδη ή θαμνώδη είδη, βρύα και παχύφυτα περιορισμένης υπέργειας ανάπτυξης.

Το εκτατικό σύστημα φυτεμένου δώματος παρουσιάζει συνοπτικά τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Έχει μικρό βάρος και συνήθως δεν απαιτεί ενίσχυση του κτιρίου,
- Είναι κατάλληλο για μεγάλες επιφάνειες,
- Είναι κατάλληλο για κλίσεις οροφής της τάξεως 0 – 30°,
- Έχει χαμηλό κόστος συντήρησης και μεγάλη διάρκεια ζωής,
- Συνήθως δεν απαιτεί εξειδικευμένο σύστημα άρδευσης και συγκράτησης υγρασίας,
- Δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις εμπειρίας και τεχνογνωσίας,
- Προωθεί τη φυσική ανάπτυξη των φυτών, με αποτέλεσμα το τοπίο που δημιουργείται να είναι φυσικό,
- Δεν υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις εγκρίσεων των τεχνικών σχεδιασμού,
- Δεν είναι ακριβό στην κατασκευή.

Παρά την πληθώρα των προτερημάτων, τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

- Μικρή ενεργειακή απόδοση και μειωμένη συγκράτηση των όμβριων υδάτων,
- Περιορισμένος αριθμός ειδών φυτών για χρήση,
- Μη προσβάσιμα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη χρήση τους,

- ο Μη ελκυστικά, ιδιαίτερα το χειμώνα.

4.6.2 Εντατικός τύπος

Ο εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος αποτελεί ένα μικρό ή μεγαλύτερο, ανάλογα με τα τετραγωνικά μέτρα του κτιρίου, κήπο στην οροφή, ο οποίος είναι προσβάσιμος από τον άνθρωπο και μπορεί να έχει πολλές χρήσεις. Απαιτούν εντατική διαχείριση και συντήρηση και η αρχή σχεδιασμού τους βασίζεται στη δημιουργία ενός υποστρώματος μεγάλου βάθους, στο οποίο θα φυτευτούν φυτά που θα αρδεύονται συστηματικά και αυτοματοποιημένα και θα διαχειρίζεται συστηματικά η θρέψη τους. Το φυτικό υλικό έχει λιγότερους περιορισμούς όσον αφορά στο μέγεθος του και το βασικότερο ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης ορισμένων ειδών αποτελεί η έντονη ηλιοφάνεια και οι άνεμοι. Σε ένα εντατικού τύπου φυτοδώμα ελέγχονται οι συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, ώστε να είναι οι βέλτιστες. Αποτελούν βαριά συστήματα, με συνέπεια να αυξάνονται οι πιθανότητες εμφάνισης διαρθρωτικών συνεπειών για το κτίριο.



Εικόνα 16: Εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος

Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών αποτελείται κυρίως από έδαφος και δευτερευόντως από άλλου είδους εδαφοβελτιωτικά. Το βάθος του υποστρώματος κυμαίνεται μεταξύ 20–60cm και στο σημείο κορεσμού έχει βάρος 290–967,7kg/m². Η

μεγάλη αυτή αύξηση του βάθους, σε σχέση με το εκτατικού τύπου φυτοδώμα, οδηγεί και σε μεγάλη αύξηση της ποικιλότητας της φυτοκοινωνίας, η οποία μπορεί να αποτελείται από ποώδη, θαμνώδη μέχρι και δενδρώδη είδη. Η χρήση μεγάλης ποικιλίας φυτικών ειδών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός σύνθετου οικοσυστήματος, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες απαιτήσεις σε συντήρηση. Ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση και η συντήρηση όλου του συστήματος θα πρέπει να γίνεται από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό.

Τα πλεονεκτήματα του εντατικού συστήματος φυτεμένου δώματος είναι:

- Χρήση μεγαλύτερης ποικιλίας ειδών φυτικού υλικού,
- Καλή μόνωση του κτιρίου,
- Δημιουργία ενός παρόμοιου κήπου με αυτό του φυσικού περιβάλλοντος (χλωρίδα/πανίδα),
- Ελκυστικό οπτικά όλο το χρόνο,
- Πολυχρηστική αξιοποίηση του δώματος με χώρους αναψυχής, χώρους καλλιέργειας κηπευτικών κ.ά.,
- Βελτιωμένη συγκράτηση και αξιοποίηση των όμβριων υδάτων,
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Τα μειονεκτήματα ενός εντατικού τύπου φυτοδώματος είναι:

- Μεγάλο βάρος κατασκευής που επιβαρύνει το κτίριο,
- Ανάγκη αποστραγγιστικών και αρδευτικών συστημάτων, που επιβαρύνουν το περιβάλλον και το κόστος κατασκευής λόγω των υλικών, της ενέργειας κατασκευής, μεταφοράς και των φυσικών πόρων που καταναλώνονται για την κατασκευή,
- Μεγάλο κόστος συντήρησης που επιβαρύνει το συνολικό κόστος,
- Ιδιαίτερες απαιτήσεις τεχνογνωσίας και εμπειρίας.

4.6.3 Ημιεντατικός τύπος

Τα ημιεντατικού τύπου φυτοδώματα αποτελούν μία ενδιάμεση μορφή φυτεμένου δώματος. Η κατασκευή τους δεν είναι τόσο εξειδικευμένη όσο είναι του εντατικού τύπου, ενώ δεν έχουν τόσο μειωμένη λειτουργικότητα όσο του εκτατικού τύπου. Το κόστος κατασκευής είναι χαμηλότερο από αυτό του εντατικού τύπου. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει τη δημιουργία ενός κήπου και ενός τοπίου, το οποίο παρουσιάζει ενδιαφέρον όλο το χρόνο και αποτελείται από φυτικά είδη ποώδους και θαμνώδους κυρίως βλάστησης, τα οποία θέλουν περιοδική και όχι συνεχή συντήρηση, αφού επιλέγονται έτσι ώστε να έχουν μικρές απαιτήσεις σε νερό και θρεπτικά στοιχεία (FLL, 2002).



Εικόνα 17: Ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα

4.7 Σχεδιασμός φυτεμένου δώματος

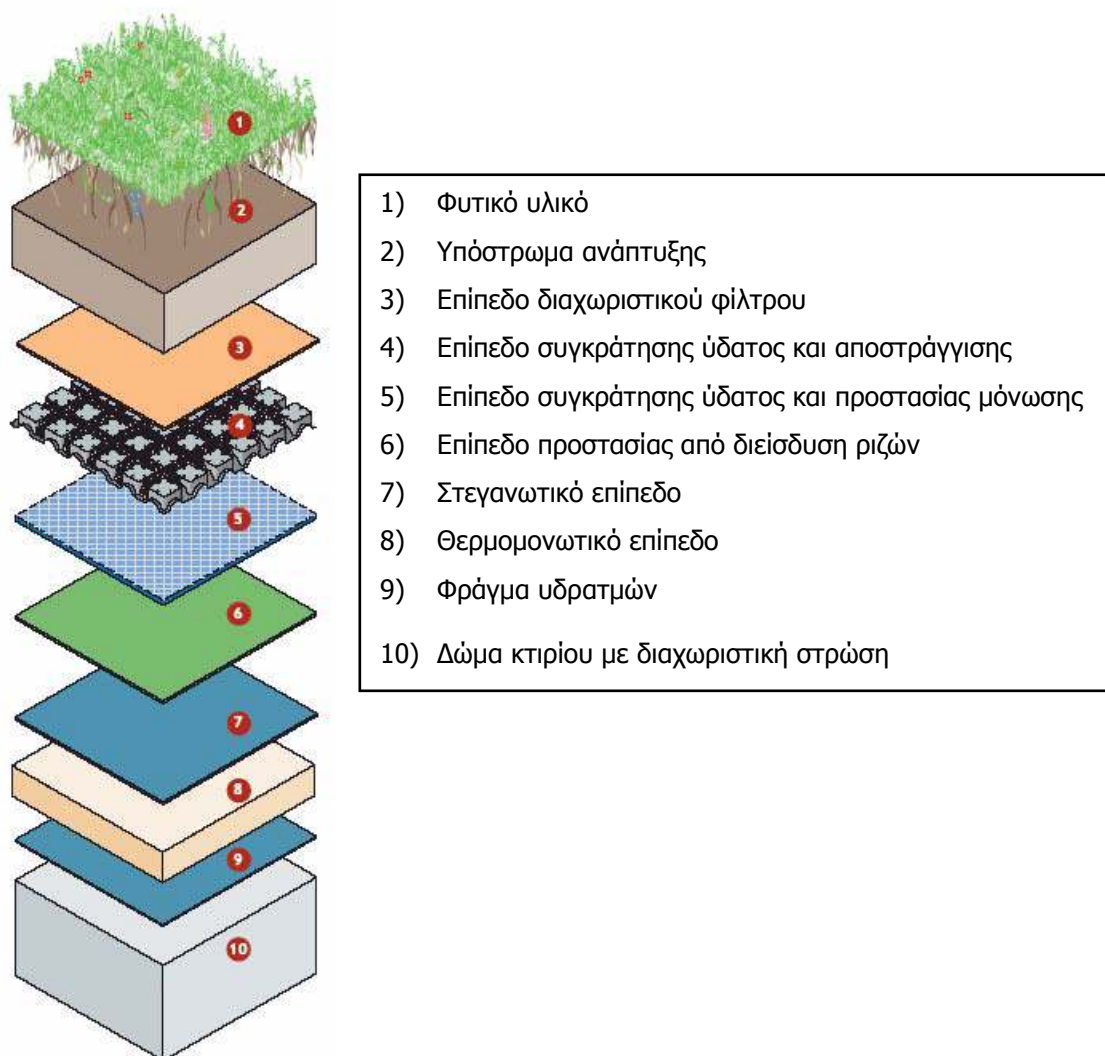
4.7.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός ενός φυτεμένου δώματος ακολουθεί σε γενικές γραμμές τις αρχές σχεδιασμού ενός συμβατικού κήπου. Οι βασικές σχεδιαστικές αρχές σχεδιασμού του τοπίου ενός φυτεμένου δώματος είναι:

- Ο καθορισμός συγκεκριμένων στόχων που πρέπει να επιτευχθούν με την εγκατάσταση του συγκεκριμένου δώματος,
- Η επιλογή των κατασκευαστικών και φυτικών υλικών να γίνεται με τρόπο ώστε η συνολική εγκατάσταση να φέρει το μικρότερο δυνατό φορτίο,
- Η μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην επιφάνεια του δώματος,
- Η χρήση του βρόχινου νερού για άρδευση και δευτερευόντως του νερού της ύδρευσης,
- Η χρήση γηγενών σκληραγωγημένων φυτών,
- Η δημιουργία μονοπατιών από σκληρά υλικά να είναι κατά το δυνατόν λιγότερη,
- Η πρόληψη για την εγκατάσταση στο χώρο πουλιών και εντόμων,
- Η χρήση ανθεκτικών προϊόντων και κατά προτίμηση ανακυκλωμένων υλικών,
- Η μείωση της πολυπλοκότητας το σχεδίου και η μείωση των αποβλήτων που δημιουργούνται από το σύστημα,
- Η δημιουργία χώρου για κομποστοποίηση και ανακύκλωση υλικών,
- Η δημιουργία θεματικών χώρων, όπως τα καθιστικά, οι χώροι δραστηριοτήτων και η ύπαρξη οπτικών συνθέσεων που κάνουν πιο ελκυστικό το τοπίο και δημιουργούν ερεθίσματα για όλες τις αισθήσεις.

4.7.2 Κατασκευή φυτεμένου δώματος

Η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος συνίσταται στην κατασκευή των επιπέδων που προστατεύουν το δώμα του κτιρίου και στην κατασκευή των επιπέδων εγκατάστασης του φυτικού υλικού και των κατάλληλων συστημάτων συντήρησης και προστασίας του. Τα επίπεδα κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 4: Επίπεδα κατασκευής φυτεμένου δώματος

4.7.3 Κατασκευαστικά υλικά επικάλυψης δώματος

A) Διαχωριστική στρώση

Το επίπεδο αυτό παρεμποδίζει τη μετάδοση των συνεπειών που έχουν οι συστολές, οι διαστολές και η τραχύτητα της επιφάνειας του κτιρίου στις υπερκείμενες στρώσεις επικάλυψης του δώματος. Τα υλικά αυτά είναι κυρίως διάτρητες ασφαλικές μεμβράνες οπλισμένες με υαλοϋφασμα ή συνθετικές μεμβράνες.

B) Φράγμα υδρατμών

Το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πάνω από τη διαχωριστική στρώση και αποσκοπεί στην παρεμπόδιση της συμπύκνωσης των υδρατμών που συμβαίνει στο εσωτερικό της οροφής και στην παρεμπόδιση της διέλευσης των υδρατμών στο θερμομονωτικό επίπεδο που βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών. Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αυτής της στρώσης είναι τα ασφαλτικά φύλλα, τα φύλλα πολυαιθυλενίου, το συνθετικό καουτσούκ ή το πολυισοβουτυλένιο, ενώ στο παρελθόν γινόταν και χρήση πισσασφαλτικών μεμβρανών οπλισμένων με υαλοϋφασμα.

Γ) Θερμομονωτικό επίπεδο

Το θερμομονωτικό επίπεδο βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών και αποτελείται από αφρώδη υλικά με τη μορφή πλάκας, όπως είναι η αφρώδης πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη, ο αφρός πολουρεθάνης, ο φαινολικός αφρός ρητινών, ο εμποτισμένος φελλός και το αφρώδες γυαλί. Η τοποθέτηση πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μη δημιουργούνται μεταξύ των πλακών διάκενα, ώστε να παρατηρείται το επιθυμητό αποτέλεσμα, που είναι η θερμομόνωση.

Δ) Στεγανωτικό επίπεδο

Υπερκείμενα της στεγανωτικής στρώσης συνήθως δημιουργείται η στρώση εξίσωσης των πιέσεων, με σκοπό την ελάττωση ή και το μηδενισμό των υπό πίεση υδρατμών που μπορεί να εμφανιστούν κάτω από τη στρώση στεγάνωσης. Η στεγανωτική στρώση δημιουργείται για την προστασία των υλικών επικάλυψης του δώματος από το νερό της βροχής και της άρδευσης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι: α) ασφαλτικά, όπως τα ασφαλτικά φύλλα και οι πολυμερισμένες ασφαλτικές μεμβράνες (ελαστομερή-πλαστομερή), β) συνθετικά θερμοπλαστικά, όπως η άσφαλτος με πολυμερισμένο αιθυλένιο (ECB), το βινύλιο με πολυαιθυλένιο (EVA), το χλωρισμένο πολυαιθυλένιο (PEC), το πολυισοβουτυλένιο (PIB) και το μαλακό πολυβινιλοχλωρίδιο (PVC), ή γ) συνθετικά, όπως το χλωριούχο πολυαιθυλένιο (CSM), το καουτσούκ με πολυαιθυλενικό προπυλένιο (EPDM) και το βουτυλικό καουτσούκ (PIA).

4.7.4 Κατασκευαστικά υλικά εγκατάστασης φυτικού υλικού

A) Επίπεδο προστασίας από διείσδυση ριζών

Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με αντιρριζικές μεμβράνες. Η ικανότητα των ριζών ορισμένων φυτών να εκκρίνουν τοξικές ουσίες έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να διαβρώσουν οποιαδήποτε επιφάνεια.

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για προστασία από τη διείσδυση των ριζών θα πρέπει να επικολλούνται με προσοχή. Συνήθως χρησιμοποιείται φλόγιστρο, ενώ οι αλληλεπικαλύψεις των φύλλων δύο διαδοχικών μεμβρανών θα πρέπει να είναι περίπου στα 8–10cm. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται και παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στη διεισδυτική ικανότητα των ριζών είναι τα φύλλα ασφατικής πίσσας εμποτισμένα με τοξικές για τις ρίζες ουσίες. Αποτελεσματική είναι και η χρήση συνθετικών θερμοπλαστικών μεμβρανών, συνθετικών μεμβρανών οπλισμένων με υαλόπλεγμα, φύλλων αλουμινίου, πλεγμάτων Γιούτας ή πολυεστερικών ινών. Στην κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και συνδυασμός των υλικών αυτών.

B) Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και προστασίας μόνωσης

Η στρώση αυτή έχει την ικανότητα να συγκρατεί νερό και θρεπτικά συστατικά και να τα αποδίδει στο φυτά ετεροχρονισμένα καθώς επίσης προσφέρει προστασία των υποκείμενων κατασκευαστικών στοιχείων από μηχανικές φθορές. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι συνθετικά υλικά με πολυεστερικές ίνες ή υψηλής πυκνότητας φύλλα πολυαιθυλενίου, ενώ η αλληλοεπικάλυψη των υλικών πρέπει να είναι στα 10cm.

Γ) Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης

Υπερκείμενα του επιπέδου συγκράτησης ύδατος και προστασίας της μόνωσης τοποθετείται η στρώση συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης. Σε δώματα με μικρή κλίση η κατασκευή του κρίνεται απαραίτητη, ενώ σε δώματα με κλίση άνω των 5° και ύψος φυτικού υλικού μικρότερο από 25cm η κατασκευή του δεν είναι απαραίτητη. Το επίπεδο αυτό πρέπει να έχει κοκκώδη σύσταση, ώστε να

εξασφαλίζεται εύκολη απορροή υδάτων, υψηλή διαβρεκτική ικανότητα και ικανότητα κατακράτησης νερού και απόδοσής του στο περιβάλλον, κατάλληλο pH και περιεκτικότητα σε άλατα, ώστε να μη δημιουργεί φυτοτοξικότητα στα φυτά και να είναι χημικά αδρανές με τα υπόλοιπα υλικά.

Στην αγορά κυκλοφορεί πληθώρα υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποστράγγιση, όπως είναι τα προκατασκευασμένα φύλλα αποστράγγισης από πολυαιθυλένιο, που περιέχουν και ένα συνθετικό ύφασμα για αποτροπή της διόδου εδαφικών τεμαχίων. Η σύγχρονη τεχνολογία φυτεμένων δωμαίων προτείνει έναντι των υλικών, όπως το χαλίκι, η λάβα και ελαφρόπετρα, η σπασμένη διασταλτική άργιλος και ο σχιστόλιθος, τα τούβλα, η μεταλλική σκωρία και το αφρώδες γυαλί, πολυστρωματικές αποστραγγιστικές μεμβράνες, οι οποίες συνδυάζουν τις στρώσεις διαχωριστικού φίλτρου, αποστράγγισης και προστασίας της μόνωσης σε ένα ενοποιημένο προϊόν, που είναι και εξαιρετικά ελαφρύ. Τα στοιχεία αυτά αποστράγγισης έχουν κενούς χώρους στους οποίους αποθηκεύεται νερό, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού μέσω των καναλιών τους προς τις υδρορροές του δώματος. Συνήθως φέρουν οπές στην ανώτερη επιφάνειά τους που επιτρέπουν τον αερισμό των ριζών και την εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα.

Δ) Επίπεδο διαχωριστικού φίλτρου

Το επίπεδο αυτό αποτρέπει τη διέλευση υλικών προς το αποστραγγιστικό επίπεδο και τελικά προς τις υδρορροές απορροής των όμβριων υδάτων. Μπορεί να κατασκευαστεί από άμμο ή από διάφορες μεμβράνες, όπως υαλοϋφασμα ή γεωϋφασμα. Στις περιπτώσεις χρήσης μεμβρανών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δύο στρώσεις, η μία εκ των οποίων συνιστάται να εμποτίζεται με ουσίες που παρεμποδίζουν τη διείσδυση των ριζών. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται σύγχρονα υλικά από πολυστρωματικές αποστραγγιστικές μεμβράνες, τότε το διαχωριστικό φίλτρο εμπεριέχεται σε αυτή την κατασκευή και δεν είναι απαραίτητη η εκ νέου τοποθέτησή του.

Ε) Υπόστρωμα ανάπτυξης

Το υπόστρωμα ανάπτυξης αποτελεί το βαρύτερο υλικό κατασκευής του φυτεμένου δώματος. Η επιλογή του εξαρτάται έως ένα βαθμό από την επιλογή του φυτικού υλικού. Η σημασία του υποστρώματος στην ανάπτυξη και διατήρηση των φυτών είναι σημαντική, γιατί αποτελεί την πηγή τροφοδοσίας των φυτών με νερό, οξυγόνο και θρεπτικά στοιχεία και επιπλέον εξασφαλίζει τη στήριξή τους.

Στα φυτεμένα δώματα το υπόστρωμα πρέπει να έχει ορισμένα ειδικά χαρακτηριστικά που θα το κάνουν κατάλληλο σε αυτές τις ιδιαίζουσες περιπτώσεις κήπων. Το βάρος του υποστρώματος θα πρέπει να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα για τη μέγιστη μείωση του επιπρόσθετου φορτίου στο δώμα. Το υπόστρωμα θα πρέπει να παρουσιάζει καλή αποστράγγιση και να συγκρατεί τα απαραίτητα ποσά υγρασίας, ανάλογα με το φυτικό υλικό. Αυτό έχει θεμελιώδη σημασία για την επαρκή παροχή νερού στο φυτό και τον επαρκή αερισμό του ριζικού συστήματος του φυτού. Η σύστασή του θα πρέπει να παρέχει επαρκή στήριξη του φυτικού υλικού και τα σωματίδιά του θα πρέπει να είναι τέτοιου μεγέθους ώστε να μη δημιουργούν πρόβλημα φράζοντας τα υποκείμενα κατασκευαστικά υλικά. Επιπλέον, πρέπει να έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών ουσιών και εύκολης απόδοσής τους προς τα φυτά καθώς και κατάλληλο pH για την ανάπτυξη του φυτού. Θα πρέπει να περιέχει σε ένα ποσοστό οργανική ουσία, ώστε να αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και το ποσό των διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών, το οποίο αποδίδεται στο φυτικό υλικό σταδιακά και όχι άμεσα, όπως γίνεται με τα χημικά λιπάσματα. Η οργανική ύλη δεν πρέπει να ξεπερνά το ποσοστό του 20% του συνολικού υποστρώματος, γιατί μετά την πάροδο των πρώτων δύο ετών, όπου η ανάπτυξη των φυτών θα είναι μεγάλη, θα αρχίσει να παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης λόγω της διάσπασης του οργανικού υλικού.

Τα εδαφικά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε φυτοδώματα είναι μίγματα εδάφους ή άμμου με προσθήκη ανόργανων ή οργανικών εδαφοβελτιωτικών υλικών σε διάφορες αναλογίες. Τα εδαφοβελτιωτικά υλικά βελτιώνουν την ομοιομορφία και την ομοιογένεια του υποστρώματος, τη σταθερότητα και το ρυθμό αποστράγγισής του. Τα εδαφοβελτιωτικά που χρησιμοποιούνται είναι:

1. Ανόργανα εδαφοβελτιωτικά: άμμος, διογκωμένη άργιλος, γη διατομών, περλίτης, βερμικουλίτης, ελαφρόπετρα, ζεόλιθοι.
2. Οργανικά εδαφοβελτιωτικά: τύρφη, χούμος, κομποστοποιημένα υλικά.

ΣΤ) Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός τοπίου στο φυτεμένο δώμα, εκτός από τα αισθητικά χαρακτηριστικά που θέλει ο αρχιτέκτονας τοπίου να έχει, πρέπει να έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που θα το βοηθήσουν να επιβιώσει σε ένα περιβάλλον με τις αντίξοες συνθήκες του φυτοδώματος, καθώς και να εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα του φυτεμένου δώματος.

Τα βασικότερα ειδικά χαρακτηριστικά των φυτών ενός φυτεμένου δώματος είναι:

- Να μπορεί να αναγεννάται σε περιπτώσεις ξήρανσης,
- Να είναι ανθεκτικό στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία, στους ανέμους, στην ξηρασία και στον παγετό,
- Να είναι γηγενή είδη ή αν είναι ξενόφερτα να αντέχουν τις τοπικές συνθήκες,
- Να προσφέρουν το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα όλους τους μήνες του χρόνου,
- Να είναι ανθεκτικά σε εχθρούς και ασθένειες,
- Να έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε συντήρηση,
- Να μην υπερβαίνουν το μέγιστο μέγεθος για κάθε βάθος υποστρώματος.

4.8 Στεγανοποίηση με ασφαλικές μεμβράνες

Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με διπλή στρώση αντιρριζικών ασφαλικών μεμβρανών, οι οποίες θα είναι απαραίτητως πλήρως επικολλημένες στην υποκείμενη επιφάνεια.

Οι ασφαλικές μεμβράνες που χρησιμοποιούνται πρέπει να διαθέτουν μεγάλη αντοχή σε στατική και δυναμική διάτρηση, την απόλυτη αντοχή σε χημικές επιδράσεις που προέρχονται από τα υγρά των ριζών των φυτών (η ιδιότητα αυτή επιτυγχάνεται με προσθήκη στο ασφαλικό μίγμα της μεμβράνης ειδικών χημικών πρόσθετων που το καθιστούν απρόσβλητο από τα υγρά των ριζών), αδράνεια στα φυτοφάρμακα και στα λιπάσματα (η ιδιότητα αυτή ενισχύεται όταν χρησιμοποιείται ως άνω επικάλυψη της ασφαλικής μεμβράνης ειδικό συνθετικό φύλλο μη υδρολυόμενο.

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι **EshaGum Antiroot B2** και η **EshaDien Antiroot B2** της Esha.

Η μεμβράνη EshaGum Antiroot B2 είναι πλαστομερής ασφαλική στεγανωτική μεμβράνη για αντιρριζική προστασία. Η αντιρριζική προστασία επιτυγχάνεται με την προσθήκη του ειδικού αντιρριζικού συστατικού Preventol B2 στο πλαστομερές ασφαλικό μίγμα. Μετά την τοποθέτησή της, η EshaGum Antiroot B2 αποτελεί μία ενιαία στοιβάδα, αδιαπέρατη σε όλες τις διαστάσεις της στις ρίζες των φυτών. Η EshaGum Antiroot B2 παράγεται από ειδικούς τύπους ασφάλτου και επιλεγμένα πολυμερή υλικά, με βάση το ατακτικό πολυπροπυλένιο (APP), με αποτέλεσμα η μεμβράνη να παρουσιάζει άριστη ελαστικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες (-10°C) και υψηλή αντοχή στη γήρανση. Επίσης, φέρει οπλισμό από πολυεστερικό ύφασμα υψηλών αντοχών και έχει άνω και κάτω επικάλυψη λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου.

Η μεμβράνη EshaDien Antiroot B2 παράγεται από ειδική άσφαλο, τροποποιημένη με θερμοπλαστικά ελαστομερή (SBS) υλικά. Η τροποποίηση αυτή προσδίδει στο προϊόν εξαιρετική ελαστικότητα, ακόμη και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-20°C), βελτιωμένα ρεολογικά χαρακτηριστικά και γενικά ιδιότητες ιδανικές για στεγανοποίηση υψηλής ποιότητας.

4.9 Eshagum Antiroot (B2)

4.9.1 Περιγραφή

Η πλαστομερής ασφαλική μεμβράνη EshaGum είναι μία στεγανωτική μεμβράνη για αντιρριζική προστασία, δηλαδή αδιαπέρατη από τις ρίζες των φυτών σε όλες τις

διαστάσεις της. Η αντιρριζική προστασία επιτυγχάνεται με την προσθήκη, κατά την παραγωγή, στο πλαστομερές ασφαλτικό μίγμα του ειδικού αντιρριζικού συστατικού PREVENTOL (B2). Μετά την εφαρμογή του αποτελεί μία ενιαία στοιβάδα αδιαπέρατη στις ρίζες των φυτών καθ' όσον το αντιρριζικό πρόσθετο PREVENTOL (B2) είναι διεσπαρμένο σε όλη τη μάζα της στεγανωτικής μεμβράνης, δεν εξατμίζεται, δεν ξεπλένεται, και διατηρείται ακόμα και σε εξαιρετικά υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες.

4.9.2 Σύσταση

Η μεμβράνη παράγεται από ειδικές εξευγενισμένες ασφάλτους τροποποιημένες με την προσθήκη πολυπροπυλενίου (APP) πρόσθετων υλών, με αποτέλεσμα η μεμβράνη να παρουσιάζει άριστη ελαστικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή αντοχή στην γήρανση. Φέρει οπλισμό από ειδικό πολυεστερικό ύφασμα, ενώ έχει επικάλυψη και από τις δύο πλευρές από λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου.

4.9.3 Τρόπος εφαρμογής

Πριν από την εφαρμογή προηγείται καλός καθαρισμός της επιφάνειας. Επί λείας και στεγνής επιφάνειας επαλείφεται ασφαλτικό βερνίκι με κατανάλωση 0,4kg/m². Επί της ασταρωμένης επιφάνειας, διαστρώνεται θερμή ασφαλτόκολλα R85/25 (ASTM D-312 Type III) με κατανάλωση 1kg/m². Η ασφαλτική μεμβράνη τοποθετείται με την βοήθεια φλόγιστρου. Η επικάλυψη μεταξύ των φύλλων της μεμβράνης διατηρείται στα 10cm. Εναλλακτικά μπορεί να επικολληθεί στο υπόστρωμα με την χρήση ελαστομερούς ασφαλτικού διαλύματος με κατανάλωση περίπου 0,5kg/m². Στην τελευταία περίπτωση το φλόγιστρο χρησιμοποιείται μετά την πλήρη εξάτμιση των οργανικών διαλυτών.

4.9.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ασφαλτικό συνθετικό	Τροποποιημένη άσφαλτος με συνθετικό πολυπροπυλένιο (APP) και ειδικό αντιρριζικό πρόσθετο (PREVENTOL B2)
Σημείο Μάλθωσης (ASTM D-36)	150°C
Διείσδυση (ASTM D-5)	22 - 28dmm
Πάχος μεμβράνης (ASTM D-146)	3.6mm
Εσωτερικός οπλισμός	Πολυεστερικό ύφασμα, spun bonded 180gr/m ²
Επικαλύψεις	
- άνω	Λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου
- κάτω	Λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου
Τάση θραύσης (ASTM D-412)	
- κατά μήκος	900N/5cm
- κατά πλάτος	650N/5cm
Επιμήκυνση (ASTM D-412)	
- κατά μήκος	40%
- κατά πλάτος	45%
Αντοχή σε σχίσσιμο (ASTM D-4073-94)	
- κατά μήκος	600N
- κατά πλάτος	370N
Διάτρηση	

- στατική (kg)	L4 (ASTM D-5602)
- δυναμική (mm)	I3 (ASTM D-5635)
Ευκαμψία σε χαμηλή θερμοκρασία (ASTM D-5147-91)	- 10°C
Αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία (100°C, 72h)	Καμία ροή

4.10 EshaDien Antiroot B2

4.10.1 Περιγραφή

Η ελαστομερής ασφαλτική μεμβράνη είναι μία στεγανωτική μεμβράνη για αντιρριζική προστασία, δηλαδή αδιαπέρατη από τις ρίζες των φυτών σε όλες τις διαστάσεις της. Η αντιρριζική προστασία επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατά την παραγωγή, στο ελαστομερές ασφαλτικό μίγμα, του ειδικού αντιρριζικού συστατικού PREVENTOL (B2). Μετά την εφαρμογή του αποτελεί μία ενιαία στοιβάδα αδιαπέρατη στις ρίζες των φυτών καθ' όσον το αντιρριζικό πρόσθετο PREVENTOL είναι διεσπαρμένο σε όλη τη μάζα της στεγανωτικής μεμβράνης, δεν εξατμίζεται, δεν ξεπλένεται, και διατηρείται ακόμα και σε εξαιρετικά υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες.

4.10.2 Σύσταση

Η μεμβράνη παράγεται από ειδικές εξευγενισμένες ασφάλτους τροποποιημένες με την προσθήκη ελαστομερών (SBS) πρόσθετων υλών, με αποτέλεσμα η μεμβράνη να παρουσιάζει αυξημένη συγκολλητικότητα, άριστη ελαστικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή αντοχή στη γήρανση. Η ελαστομερής αντιρριζική μεμβράνη

φέρει οπλισμό από ειδικό πολυεστερικό ύφασμα, ενώ έχει επικάλυψη και από τις δύο πλευρές λεπτή χαλαζιακή άμμο.

4.10.3 Τρόπος εφαρμογής

Πριν από την εφαρμογή προηγείται καλός καθαρισμός της επιφάνειας. Επί λείας και στεγνής επιφάνειας επαλείφεται ασφαλτικό βερνίκι με κατανάλωση $0,4\text{kg/m}^2$. Επί της ασταρωμένης επιφάνειας, διαστρώνεται θερμή ασφαλτόκολλα R85/25 (ASTM D-312 Type III) με κατανάλωση 1kg/m^2 . Η ασφαλτική μεμβράνη τοποθετείται με τη βοήθεια φλόγιστρου. Η επικάλυψη μεταξύ των φύλλων της μεμβράνης διατηρείται στα 10cm. Εναλλακτικά, η ασφαλτική μεμβράνη μπορεί να επικολληθεί στο υπόστρωμα με τη χρήση ελαστομερούς ασφαλτικού διαλύματος, με κατανάλωση περίπου $0,5\text{kg/m}^2$. Στην τελευταία περίπτωση το φλόγιστρο χρησιμοποιείται μετά την πλήρη εξάτμιση των οργανικών διαλυτών.

4.10.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ασφαλτικό συνθετικό	Τροποποιημένη άσφαλτος με συνθετικό ελαστικό (SBS) και ειδικό αντιρριζικό πρόσθετο (PREVENTOL B2)
Σημείο Μάλθωσης (ASTM D-36)	125°C
Διείσδυση (ASTM D-5)	30 – 40 dmm
Πάχος μεμβράνης (ASTM D-146)	3,6mm
Εσωτερικός οπλισμός	Πολυεστερικό ύφασμα, spun bonded 180gr/m ²
Επικαλύψεις	
- άνω	Χαλαζιακή άμμος

- κάτω	Χαλαζακή άμμος
Τάση θραύσης (ASTM D-412)	
- κατά μήκος	850N/5cm
- κατά πλάτος	650N/5cm
Επιμήκυνση (ASTM D-412)	
- κατά μήκος	45%
- κατά πλάτος	50%
Ευκαμψία σε χαμηλή θερμοκρασία (ASTM D-5147-91)	- 20°C
Αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία (100°C, 72h)	Καμία ροή

4.11 Σύγκριση

Τη δεκαετία του 1970, πρώτοι οι Ευρωπαίοι, προσπαθώντας να δημιουργήσουν βελτιωμένες ασφαλτικές μεμβράνες έκαναν την εξής ανακάλυψη. Προσθέτοντας SBS (αρχικά του Styrene-Butadiene-Styrene που είναι θερμοπλαστικό πολυμερές) μέσα στο μίγμα της ασφάλτου, δημιούργησαν μεμβράνες με πρωτοφανείς αντοχές σε κόπωση, γήρανση και ακραίες θερμοκρασίες. Ήταν μία επανάσταση σε σχέση με τα παραδοσιακά στεγανωτικά, ασφαλτικά προϊόντα, αλλά και με τις APP μεμβράνες που ανακαλύφθηκαν στην Ιταλία λίγα χρόνια πριν. Τα βασικά τους πλεονεκτήματα ήταν η πολύ μεγάλη ελαστικότητα και συνεπώς η άριστη επαναφορά και αντοχή σε κόπωση από επαναλαμβανόμενους κύκλους συστολοδιαστολών του υποστρώματος. Ως συνέπεια του πρώτου έχουν μεγάλη αντοχή στη γήρανση και σημαντικά αυξημένη προσδοκώμενη λειτουργική ζωή. Έχουν άριστη συμπεριφορά σε χαμηλές θερμοκρασίες που τις κάνουν ιδανικές για ψυχρά κλίματα. Γενικώς, έχουν την

ικανότητα να αυτοεπουλώνονται σε περιπτώσεις μικρού εύρους διάτρησης (π.χ. με καρφί). Εφαρμόζονται εύκολα και γρήγορα με φλόγιστρο προπανίου και προσφύονται άριστα στο υπόστρωμα. Συγκρατούν καλύτερα τις ψηφίδες αυτοπροστασίας και δέχονται επίσης μεταλλικό φιλμ προστασίας (αλουμίνιο, χαλκό, inox). Οι συγκεκριμένες μεμβράνες πρέπει να προτιμούνται σε ψυχρά κλίματα, σε μεγάλα δώματα, όταν η στεγανοποίηση είναι μονοστρωματική και όταν επιζητάται λειτουργική ζωή της στεγανοποίησης έως 20 χρόνια. Οι μεμβράνες SBS διατίθενται και σε αυτοκόλλητες εκδόσεις και χρησιμοποιούνται ευρέως σε μικρά δώματα (τελική επιφάνεια: ψηφίδα ή αλουμίνιο), αλλά και σε τοιχία υπογείων και ζαρντινιέρες (τελική επιφάνεια: αντιρριζικό φιλμ).

Η βελτίωση των ασφαλτικών μεμβρανών με APP (ατακτικό πολυπροπυλένιο, ένα θερμοπλαστικό πολυμερές, παραπροϊόν της βιομηχανίας πολυπροπυλενίου), εφαρμόστηκε από τους Ιταλούς ήδη από τη δεκαετία του 1960. Σήμερα, το APP και το SBS αποτελούν τα βασικά πολυμερή βελτίωσης των ασφαλτικών μεμβρανών. Τα ασφαλτόπανα (APP ή πλαστομερή) παρουσιάζουν πολύ καλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, πολύ καλή αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία και ιδίως στις υπεριώδεις (UV), σχετικά χαμηλό κόστος και εύκολη εφαρμογή με φλόγιστρο. Υστερούν ως προς τα SBS στη συμπεριφορά στις χαμηλές θερμοκρασίες και στην ελαστικότητα.

Στην αγορά κυκλοφορούν ασφαλτικές μεμβράνες APP με αντοχή στο ψύχος από 0°C έως -15°C. Συγκριτικά, τα ελαστομερή παρουσιάζουν αντοχές που κυμαίνονται από -15°C έως -30°C). Το σημείο μάλθωσης των μεμβρανών APP κυμαίνεται μεταξύ 120°C και 140°C, ενώ των SBS μεταξύ 100°C και 110°C.

Σε μία προσπάθεια να συγκεραστούν τα καλά χαρακτηριστικά των δύο ειδών, έχουν αναπτυχθεί μεμβράνες βελτιωμένες με μίγμα APP και SBS. Αυτές οι μεμβράνες έχουν ένα θερμοκρασιακό φάσμα αντοχής μεταξύ -20°C έως +110°C, ωστόσο έχουν υψηλό κόστος. Οι μεμβράνες APP των 0°C δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των -5°C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

5.1 Βασικές αρχές

Η στεγάνωση κατά τη διαμόρφωση μίας σήραγγας αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που αντιμετωπίζει ένας κατασκευαστής και πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες βασικές απαιτήσεις. Στην περίπτωση των σηράγγων η στεγανωτική στρώση πρέπει:

- Να εξασφαλίζει να μην υπάρχουν εισροές νερού από το έδαφος που την περιβάλλει προς τα μέσα.
- Να έχει επαρκή ελαστικότητα ώστε να αντέχει στις συστολοδιαστολές των τοιχωμάτων λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών του περιβάλλοντος.

5.2 Σχεδιασμός

Η στεγάνωση σηράγγων είναι εργασία που σχεδιάζεται και εκτελείται από τεχνικές εταιρίες και συνεργεία εξειδικευμένα σε τέτοια έργα που παρέχουν κατάλληλα μελετημένες λύσεις. Δύο από τις πιο ευρέως διαδεδομένες λύσεις που εφαρμόζονται είναι:

1. Σύστημα στεγάνωσης με **μεμβράνη PVC** τύπου 35041 πάχους 2,00mm (signal layer) της **ALKOR-DRAKA**.
2. Προστατευτική υδατοδιαλυτή βαφή δύο συστατικών, εποξειδικής-ακρυλικής βάσεως, χωρίς οργανικούς διαλύτες **MASTERSEAL 142A** της **BASF**.

5.3 Μεμβράνη PVC 30541

Πριν από την τοποθέτηση του συστήματος στεγάνωσης γίνονται κατάλληλες προετοιμασίες όπως η αποκοπή οποιουδήποτε ξένου σώματος που προεξέχει από το gunite (αγκυρώσεις) ή επισκευή των σημείων αυτών με κατάλληλο επισκευαστικό κονίαμα, αποκατάσταση όλων των σημαντικών κοιλοτήτων και εξασφάλιση της μη παρουσίας ζωντανού ύδατος. Αν αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί με χρήση ταχύπηχτων κονιαμάτων ή τσιμεντοενέσεων, τότε είναι απαραίτητη η τοποθέτηση κατακόρυφων στραγγιστηρίων που θα παροχετεύουν το νερό στο δάπεδο της σήραγγας και από εκεί στα σημεία άντλησης. Πρέπει να πραγματοποιηθεί μία προσπάθεια για απόδοση ομαλής επιφάνειας επένδυσης σταθερής διαμέτρου, αλλά και για αφαίρεση των βοηθητικών εγκαταστάσεων κατασκευής.

Η επιφάνεια του εκτοξευόμενου σκυροδέματος πρέπει να έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιότητες των υλικών (γεωφάσμα, μεμβράνη στεγανοποίησης), να μην υπάρχει υπερβολική καταπόνηση ή βλάβες.

Η φέρουσα το σύστημα στεγάνωσης επιφάνεια από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πρέπει να πληροί τις ελάχιστες ιδιότητες, όπως ελάχιστο πάχος 4cm, μέγιστη κόκκωση 8mm, μέγιστη δυνατή αναλογία στρογγυλού προς θραυστού κόκκου, επαρκή σταθερότητα και αντοχή για να είναι εφικτή η σταθεροποίηση με συσκευές κοχλίωσης, ελάχιστη ακτίνα ανώμαλων σημείων 0,2m, ελάχιστη αναλογία διαμέτρου προς ύψος των ανωμαλιών της προς στεγανοποίηση επιφάνειας. Η εισροή υδάτων λόγω δημιουργίας θυλάκων πίσω από τη μεμβράνη πρέπει να αποφεύγεται με κατασκευαστικά μέτρα προστεγάνωσης, προβλέποντας την απορροή υγρασίας ή περιορισμένων υδάτων στην περιοχή του πόδα του θόλου μέσω του γεωφάσματος.

5.4 Μεθοδολογία Εφαρμογής Μεμβράνης PVC 30541

Η εφαρμογή του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου υλικού πρέπει να συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1^ο Βήμα: Μηχανική στερέωση μη υφαντού γεωφάσματος πολυπροπυλενίου, βάρους 385gr/m², τύπου TS 80 στην εσωτερική επιφάνεια της σήραγγας από εκτοξευόμενο

σκυρόδεμα (gunit). Η διάστρωση του γεωφάσματος αποσκοπεί αφενός στην προστασία της στεγανωτικής στρώσης από μηχανικές καταπονήσεις, ιδίως σε σημεία προεξοχών ή έντονων κοιλοτήτων του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, αφετέρου στην υδρομάστευση τυχόν υπογείων υδάτων προς τους συλλεκτήριους αγωγούς που τοποθετούνται κατά μήκος της σήραγγας για αποφυγή ανάπτυξης υδροστατικής πίεσεως.

Το γεωφάσμα στηρίζεται στην επιφάνεια του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ακτινικά ως προς τον άξονα της σήραγγας και στα σημεία που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη απόσταση από τον άξονα της σήραγγας (κοιλότητες). Τα ρολά του γεωφάσματος τοποθετούνται με επικάλυψη κατ' ελάχιστον 5cm.

Για τη στερέωση αυτή χρησιμοποιούνται ειδικά καρφιά με μεταλλική ροδέλα ελάχιστης διαμέτρου 20mm και πάχους 1mm και ροδέλες PVC. Οι ροδέλες αυτές (εξωτερικής διαμέτρου κατ' ελάχιστον 8mm) παρουσιάζουν μικρό πάχος στο σημείο του ομφαλού (όπου το βάθος είναι 4mm), γεγονός που προκαθορίζει το σημείο αυτό ως σημείο θραύσης σε οποιαδήποτε περίπτωση υπέρμετρης καταπόνησης του συστήματος, ώστε να αποφευχθεί σχίσσιμο της μεμβράνης με αποτέλεσμα αστοχία της στεγάνωσης. Οι ροδέλες τοποθετούνται έτσι ώστε να αποδώσουν επιφάνεια κανάβου και σε πυκνότητα που αυξάνει προχωρώντας από το δάπεδο προς τη στέψη του θόλου, καθώς και σε κάθε σημείο που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή (κοιλότητες, ανθρωποθυρίδες κ.λπ.). Προτιμάται το γεωφάσμα - όσο και η μεμβράνη εφόσον οι ροδέλες χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα για τη σημειακή θερμοσυγκόλληση της στεγανωτικής μεμβράνης PVC - να στερεώνεται με ελάχιστο δυνατό αριθμό στηριγμάτων, ώστε να παραμένει ελεύθερο τάσεων κατά τη σκυροδέτηση. Η πράξη έχει αποδείξει ότι ο ελάχιστος αριθμός ροδελών είναι 34 και ο μέγιστος 42 για μια καθ' όλα ασφαλή ανάρτηση της στεγανωσης.

2^ο Βήμα. Τοποθέτηση των στεγανωτικών φύλλων μεμβράνης PVC τύπου 35041 πάχους 2,00mm (signal layer) της ALKOR-DRAKA. Η στεγανωτική μεμβράνη PVC φθάνει σε ρολά τυποποιημένου πλάτους 2,20m ή 2,25m και στερεώνεται θερμοσυγκολληόμενη στις ροδέλες PVC που ήδη έχουν τοποθετηθεί στο γεωφάσμα έτσι ώστε να εξασφαλίζουν δύο σειρές – μία σε κάθε άκρη του ρολού. Αφού η

μεμβράνη στερεωθεί πλήρως και έχοντας δώσει τη δέουσα προσοχή στο κεντράρισμα του ρολού ως προς τον άξονα της σήραγγας και στην τυχόν προσθήκη πρόσθετων ροδελών, όπου αυτές απαιτούνται, ώστε η μεμβράνη να ακολουθεί πιστά την περίμετρο, ακολουθεί η θερμοσυγκόλληση των φύλλων με αυτόματο μηχάνημα θερμού πυρήνα που δημιουργεί διπλή ραφή συνολικού πλάτους 4cm, με ενδιάμεσο κανάλι αέρος πλάτους 1 cm, το οποίο επιτρέπει το μετέπειτα έλεγχο της ραφής με air test. Εάν κάποια συγκόλληση δεν μπορεί να γίνει με το μηχάνημα αυτό (ιδιάζοντα σημεία, διασταυρώσεις διπλών ραφών, γωνίες), τότε εκτελείται με θερμοσυγκολλητικό μηχάνημα χειρός, θερμού αέρα (hot air), μονή ραφή πλάτους τουλάχιστον 4cm. Με τον ίδιο τρόπο γίνονται όλες οι επισκευές ή μπαλώματα.

3^ο Βήμα. Τοποθέτηση αναμονών ανάρτησης οπλισμού (εάν απαιτείται). Το εν λόγω σύστημα αγκυρίου διαπερνά τη μεμβράνη, προτοποθετημένο μέσα σε ειδικό τεμάχιο από PVC με διαμόρφωση πατούρας και σωληνίσκου, και στερεώνεται μέσα στο τοιχίο με ισχυρή εποξειδική ρητίνη και στεγανοποιείται μέσα στο σωληνίσκο με δύο σφιγκτήρες μεταξύ των οποίων εγκλωβίζεται πολουρεθανική σφραγιστική μαστίχη, ενώ η πατούρα θερμοσυγκολλάται με τη στεγανωτική μεμβράνη. Ο τύπος και ο αριθμός των αγκυρίων που απαιτούνται για την ανάρτηση οπλισμού εξαρτάται από το βάρος και το μέγεθος του οπλισμού και την κατάσταση του gunite.

4^ο Βήμα. Προστασία της στεγανωτικής στρώσης στα σημεία διακοπής σκυροδέτησης. Ενδείκνυται η τοποθέτηση λωρίδας μεμβράνης PVC πλάτους 0,5m στις προκαθορισμένες θέσεις αρμών διακοπής σκυροδέτησης για προστασία της στεγάνωσης έναντι διατρήσεων. Η λωρίδα θερμοσυγκολλάται με μηχάνημα θερμού αέρα.

5^ο Βήμα. Στεγανοποίηση των αγωγών αποστράγγισης πλευρικά της σήραγγας. Η στεγανοποίηση των αγωγών γίνεται αφού έχει τοποθετηθεί ο αποστραγγιστικός αγωγός και σύμφωνα με τα σχέδια και τις απαιτήσεις του έργου.

6^ο Βήμα. Έλεγχος. Ο έλεγχος των διπλών ραφών γίνεται με πίεση αέρα 2–2,5bar στο ενδιάμεσο κανάλι αέρα και για χρονική διάρκεια 10 λεπτών. Απώλεια πίεσης μεγαλύτερη του 20% δεν είναι παραδεκτή. Οι μονές ραφές ελέγχονται με καρφίδα ως

προς την αποκόλληση. Σε περίπτωση που απαιτείται καταστροφικό τεστ, αυτό γίνεται με τον κατάλληλο εξοπλισμό με συμμόρφωση ως προς το γενικό κανόνα ότι αστοχία της μεμβράνης θα συμβεί σε περιοχή εκτός ραφής.

7^ο Βήμα. Συνεργείο εφαρμογής στεγάνωσης. Η εφαρμογή της στεγανοποίησης γίνεται συνήθως με χρήση ειδικής ηλεκτροκίνητης, τηλεχειριζόμενης σκαλωσιάς, μήκους περίπου 6m, η οποία καλύπτει ολόκληρο το ανάπτυγμα της σήραγγας. Το συνεργείο εφαρμογής πρέπει να αποτελείται από εξειδικευμένους τεχνίτες.

5.5 Ιδιότητες Μεμβράνης PVC 35041

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ± ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Πάχος	mm	$\geq 1,7$	$1,9 \leq d \leq 2,2$
Αντοχή εφελκυσμού σε θραύση	N / mm ²	L ≥ 15 T ≥ 15	19,1 ± 0,9 17,5 ± 0,1
Παραμόρφωση στη θραύση	%	L ≥ 200 T ≥ 200	355 ± 16 351 ± 6
Αντοχή στη διάτρηση με πτώση από 300mm	-	αντέχει	αντέχει
Αντοχή στο κρύο	°C	-20 χωρίς ρωγμές	-
Σταθερότητα διαστάσεων 6h / 80°C	%	≤ 2	-1,44 ± - 0,51 ± -
Συντελεστής υδροπερατότητας	-	≤ 30.000	25400 ± -

5.6 Βαφή MASTERSEAL 142A

Το **MASTERSEAL 142A** είναι μία προστατευτική υδατοδιαλυτή βαφή δύο συστατικών, εποξειδικής-ακρυλικής βάσεως, χωρίς οργανικούς διαλύτες, ειδική για τη προστασία σηράγγων και υπόγειων διαβάσεων πεζών. Είναι σύμφωνο με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο για αντίδραση σε φωτιά BS EN 13501-1, Κλάση B-s1, d0.

5.7 Περιγραφή και πεδία εφαρμογής MASTERSEAL 142A

Το **MASTERSEAL 142A** είναι μία προστατευτική υδατοδιαλυτή βαφή εποξειδικής-ακρυλικής βάσεως, διαπερατή από υδρατμούς και με υψηλή αντοχή στη διείσδυση οξειδίων του άνθρακα (καυσαερίων). Είναι πλενόμενη, ειδικά σχεδιασμένη για τη προστασία οδικών και σιδηροδρομικών σηράγγων και υπόγειων διαβάσεων πεζών και σιδηροδρόμων. Εφαρμόζεται σε υπόστρωμα από σκυρόδεμα ή σοβατισμένα τοιχία. Η εφαρμογή της βελτιώνει αισθητικά την εμφάνιση των επιφανειών σκυροδέματος, ενώ είναι κατάλληλη για εφαρμογή σε κλειστούς χώρους καθώς δεν περιέχει διαλύτες.



Εικόνα 18: Παράδειγμα στεγανοποιημένης σήραγγας

5.8 Ιδιότητες βαφής MASTERSEAL 142A

Το **MASTERSEAL 142A** βελτιώνει την ορατότητα και την άνεση της οδήγησης στις σήραγγες, είναι σύμφωνο με τις οδηγίες της E.E 2004/42/EG (σχετικά με τους διαλύτες), ενώ παρουσιάζει χαμηλότερη περιεκτικότητα από το μέγιστο επιτρεπτό όριο για τις οργανικές πτητικές ενώσεις (VOC) (φάση 2, 2010). Σύμφωνα με την οδηγία-κανονισμό της E.E 2004/42, η μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα των VOC, για τη κατηγορία των προϊόντων J BA ισοδυναμεί με 140gr/lit (όριο: φάση 2, 2010). Αποδεικνύεται λοιπόν ότι είναι εφαρμόσιμο είτε σε κλειστούς χώρους είτε σε ελαφρώς αεριζόμενους με ελάχιστη δυσκολία για το τεχνικό συνεργείο. Παρουσιάζει υψηλή αντίσταση στη βρωμιά, αντιστέκεται και αντέχει στην τριβή και στο επαναλαμβανόμενο πλύσιμο, καθώς και στην αρνητική πίεση νερού. Αυτό αποτελεί και το κύριο χαρακτηριστικό που αποδεικνύεται σημαντικό για την πρόληψη των σταλαγματιών του νερού, κάθε φορά που υπάρχει αρνητική πίεση νερού της επένδυσης. Επιπλέον, εμποδίζει την είσοδο του νερού, επιτρέπει την καταπολέμηση πιθανών διαδικασιών διάβρωσης των υποστρωμάτων, σχετικών με την είσοδο, για παράδειγμα, των χλωρικών ιόντων και την καταστροφή του σκυροδέματος λόγω της εναλλαγής φάσεων παγετού (πάγωμα/ξεπάγωμα).

Επίσης, ο ανθρακικός ανυδρίτης με την πάροδο του χρόνου κάνει το σκυρόδεμα να χάνει, με την αντίδραση της ενανθράκωσης, τη φυσική του ικανότητα να καθιστά παθητικά τα υποστρώματα και υποστηρίγματα (δηλ. λιγότερο ευπρόσβλητα σε χημικούς παράγοντες), με συνέπεια τον κίνδυνο της διάβρωσης. Η προστατευτική αυτή επένδυση καθιστά αδιάβατη την είσοδο του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ενώ αντέχει σε κύκλους ψύξης - απόψυξης, ακόμη και με την παρουσία των αλάτων που προκαλούν ξεπάγωμα/λιώσιμο. Αυτή η επίδοση είναι σημαντική στις πολύ ορεινές σήραγγες και ιδιαίτερα για τη ζώνη-περιοχή διαπερατότητας όπου η παρουσία των αλάτων αυτών μπορεί να αποτελέσει ένα σοβαρό επιθετικό παράγοντα είτε για το προστατευτικό, είτε για την επένδυση από σκυρόδεμα.

Η βαφή **MASTERSEAL 142A** ελέγχει την περιεκτικότητα της υγρασίας και αυξάνει την ηλεκτρική αντίσταση του σκυροδέματος. Μία υψηλή διαπερατότητα με υδρατμό είναι βασική για να αποφευχθεί η γέννηση-δημιουργία, με την αλλαγή της

θερμοκρασίας, εντάσεων των υδρατμών (φυσικό φαινόμενο) στο σημείο πρόσφυσης ανάμεσα στη βαφή και στο σκυρόδεμα, οι οποίες είναι ικανές να προκαλέσουν αποκόλληση. Επίσης, η συνεχής απώλεια της εσωτερικής υγρασίας, που είναι δυνατή μέσω της φυσικής «αναπνοής» της επιφάνειας και δεν εμποδίζεται από το προστατευτικό, μαζί με την αδιαπερατότητα και αδιαβροχοποίηση καθαυτής της επένδυσης, καθιστούν το σκυρόδεμα εμφανώς πιο ανθεκτικό σε σχέση με τα φαινόμενα διάβρωσης των υποστρωμάτων και υποστηριγμάτων, χάρη σε μία σταδιακή και σταθερή αύξηση της ηλεκτρικής αντίστασης και της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος.

Επιπλέον, η βαφή αντιστέκεται στην ακτινοβολία UV, χαρακτηριστικό που αποδεικνύεται σημαντικό, κυρίως για τις ζώνες/περιοχές διαπερατότητας και διαβατότητας που εκτίθενται στο ηλιακό φως. Είναι επίσης σύμφωνο με τις αρχές που ορίζονται στην οδηγία της UNI EN 1504-2 (συστήματα προστασίας της επιφάνειας από σκυρόδεμα) για τις επενδύσεις και για τα σχετικά όρια αποδοχής. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί και το γεγονός ότι έχει ελεγχθεί ως προς την αντίδρασή του σε περίπτωση φωτιάς σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο BS EN 13501-1 και έχει ταξινομηθεί στην Κλάση B-s1,d0, που το καθιστά κατάλληλο για εφαρμογή μέσα σε σήραγγες και υπόγειες διαβάσεις πεζών.

Η πραγματική κατανάλωση εξαρτάται από το πορώδες του σκυροδέματος και των περιβαλλοντικών και εφαρμοσμένων συνθηκών. Για ένα ξηρό πάχος 200μm, η θεωρητική κατανάλωση είναι 0,4lt/m².

5.9 Τεχνικά χαρακτηριστικά βαφής MASTERSEAL 142A

Ιδιότητες	Ανεκτά όρια		Οδηγία-κανονισμός	Επιδόσεις*
Ορατότητα του χρωμ.	Κατηγορία	Qd	UNI EN 1436	Qd>280, κατηγορία

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ιδιότητες	Ανεκτά όρια		Οδηγία-κανονισμός	Επιδόσεις*
μετρημένη σύμφωνα με UNI EN 1436 (πάνω σε τσιμεντ. επιφάνεια κατηγ. Q3) σαν συντελεστής φωτομέτρησης λάμπης (luminance) σε συνθήκες διάχυτου φωτός Qd.	Q0 Q3 Q4 Q5	καμία ιδιότητα >130 >160 >200		Q5.
Πρόσληψη βρωμιάς μετρημένη σύμφωνα με UNI 10792, με φωτοηλεκτρικό όργανο, σαν διαφοροποίηση αλλαγή λάμπης ΔL	Κατηγορία	ΛL	UNI 10792	ΔL<2,8, luminance πολύ μικρή
	I II III IV	<3 (πολύ χαμηλή) >3 και <9 (χαμηλή) >9 και <15 (μέτρια) >15(υψηλή)		
Αντοχή στο πλύσιμο 5000 φορές χωρίς ζημιά μετρημ. σαν αριθμός πλυσιμάτων που έγιναν με βούρτσα μέχρι να γίνει ορατή η επιφάνεια UNI 10560	----		UNI 10560	5000 φορές χωρίς ζημιά
Αντοχή στην αρνητική πίεση UNI 8298/8	Από 0,2 έως 2,5 bar		UNI 8298/8	1,5 bar
Πρόσφυση στο σκυρόδεμα UNI EN 1542, πάνω σε υπόστρωμα αναφοράς MC O,40 έχοντας αναλογία a/c O,40, όπως αναφέρεται στο UNI EN 1766.	>1MPa για rigid systems χωρίς κυκλοφορία		UNI EN	>3MPa σπάσιμο τύπου A

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ιδιότητες	Ανεκτά όρια		Οδηγία-κανονισμός	Επιδόσεις*
Διαπερατότητα στον υδρατμό, μετρημ. σαν πάχος αέρα ισοδύναμο Sd, UNI EN ISO 7783/1	Κατηγορία	Sd	1504/2	Sd<1,8m (μ<9000) κατηγορία I διαπερατό στον ατμό
	I	<5		<0,01kg.m ⁻² .h ^{-0.5} (αδιάβροχο στη διάχυση των χλωριούχων)
	II	>5 e <50		
	III	>50 (μη διαπερατό)		
Στεγανότητα στο νερό μετρημ. σαν συντελεστής τριχοειδούς απορρόφησης Sd, UNI EN 1062/3	<0.1kg.m ⁻² .h ^{-0.5} (αν <0.1kg.m ⁻² .h ^{-0.5} θεωρείται το αδιάβροχο υλικό στη διάχυση των χλωριούχων)			
Αντοχή σε ενανθράκωση, μετρημ. σαν πάχος αέρα ισοδύναμο Sd, UNI EN 1062/6	Sd>50m (αδιάβροχο στο CO2)			Sd>120m, (μ>600.000) αδιάβροχο στο CO2
Θερμική «αρμονία», μετρημ. σαν εφαρμογή UNI EN 1542 μετά από 50 φορές παγώματος ξεπαγώματος με άλατα που προκαλούν λιώσιμο UNI EN 13687/1 πάνω σε επιφ. τυπου MC 0,40, έχοντας αναλογία a/c 0,40 σύμφωνα με UNI EN 1766	>1Mpa για rigid systems χωρίς κυκλοφορία			>3MPa (σπάσιμο τύπου A)
Αντοχή-αντίσταση στην έκθεση σε τεχνητούς παράγοντες (ακτινοβ. UV & σχετική υγρασία) UNI EN 1062-11, μετά	κανένα πρήξιμο-φούσκωμα, καμία ρωγμή, κανένα ξεφλούδισμα			κανένα φούσκωμα, καμία ρωγμή, κανένα ξεφλούδισμα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ιδιότητες	Ανεκτά όρια	Οδηγία-κανονισμός	Επιδόσεις*
από 2000 ώρες τεχνητής κακοκαιρίας			
Αντίσταση στην τριβή, UNI EN ISO 5470/1 (βάρος 1000γρ.), τροχός διάβρωσης τράχυνσης H22/1000 στροφές μετρημ. σαν απώλεια βάρους	<3000mg		<100mg

*Οι τιμές αναφέρονται σε πάχος dry film ξηρού στρώματος των 200μm.

5.10 Τρόπος εφαρμογής βαφής MASTERSEAL 142A

1) Αποθήκευση

Το **MASTERSEAL 142A** πρέπει να διατηρείται σε ξηρό και σκιερό μέρος, με κυμαινόμενη θερμοκρασία ανάμεσα στους +5°C +25°C.

2) Προετοιμασία της επιφάνειας

Στη περίπτωση που οι επιφάνειες σκυροδέματος είναι ακέραιες και συνεκτικές, θα χρειαστούν μόνο αγρίεμα με ελαφριά αμμοβολή ή άλλο κατάλληλο μέσο (τέτοια εργασία δεν είναι απαραίτητη για τα σημεία που έχουν αποκατασταθεί με προϊόντα Epasco). Πριν από την εφαρμογή της βαφής, η επιφάνεια πρέπει να καθαριστεί καλά με αέρα υπό πίεση από τυχόν σκόνη που θα προκύψει από την προεργασία.

3) Θερμοκρασία

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η εφαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου είναι ανάμεσα σε +5°C και +35°C. Δεν ενδείκνυται η εφαρμογή σε χαμηλότερη θερμοκρασία γιατί το στέγνωμα του προϊόντος θα καθυστερούσε πολύ.

4) Εφαρμογή

Τα δύο συστατικά-στοιχεία ανακατεύονται ξεχωριστά και έπειτα το συστατικό Β (σκληρυντικό) προστίθεται στο συστατικό Α (βάση), ομογενοποιώντας καλά με ένα μηχανικό δοχείο που ανακατεύει (μίξερ) σε χαμηλή ταχύτητα. Το προϊόν μπορεί να εφαρμοσθεί με ψεκασμό, ρολό ή πινέλο, πάντα δύο φορές. Σε επιφάνειες καταλλήλως και επαρκώς προετοιμασμένες, εφαρμόζεται η πρώτη στρώση της βαφής, διαλυμένης με νερό στο 5-10%.

5.10.1 Προετοιμασία με ψεκασμό Airless

Διάμετρος ισοδύναμη ακροφύσιο	0,016-0,021 in
Γωνία ψεκασμού	50-80°
Πίεση στο ακροφύσιο	150-180 bar

5.10.2 Χαρακτηριστικά για την εφαρμογή

Πυκνότητα	1,30 – 0,05 kg/l
Στερεά σε όγκο	49+1%
Στερεά σε βάρος	65%
Διοξειδίο του τιτανίου	40%
Αναλογίες μίξης	
-όγκος	88% A; 12% B
-βάρος	90% A; 10% B
Διάρκεια ζωής στους 20°C	1 ώρα

Στέγνωμα στην επαφή-αφή	3-4 ώρες
Χρόνος κάλυψης (20C, 65% U.R)	12-72 ώρες
Ολοκληρωτική (ολική) σκλήρυνση 65% U.R	24-48 ώρες
Καθαρισμός εργαλείων	Νερό

5.11 Σύγκριση

Επιχειρώντας μία σύγκριση ανάμεσα στις δύο κατηγορίες στεγανωτικών υλικών που μελετήθηκαν για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας διαπιστώνεται ότι η χρήση των μεμβρανών είναι προτιμότερη από τη χρήση επαλειφόμενων στεγανωτικών υλικών, διότι το πάχος τους είναι ομοιόμορφο, η μάζα τους συμπαγής, οι μηχανικές αντοχές σαφώς μεγαλύτερες, καθώς και οι αντοχές στις καιρικές συνθήκες και τη γήρανση.

Οι ασφαλικές μεμβράνες έχουν συγκεκριμένους τρόπους εφαρμογής και μπορούν να τοποθετηθούν μόνο από εξειδικευμένα συνεργεία που διαθέτουν όχι μόνο τον κατάλληλο εξοπλισμό, αλλά και εμπειρία όσον αφορά την προσοχή στη λεπτομέρεια και την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων.

Μειονεκτήματα των μεμβρανών σε σχέση με τα επαλειφόμενα στεγανωτικά αποτελούν: το υψηλότερο κόστος του υλικού και της εφαρμογής, το γεγονός ότι εμφανίζουν συχνά προβλήματα στις ενώσεις (αλληλεπικαλύψεις φύλλων), αλλά και αποκολλήσεις από το υπόστρωμα. Επιπλέον, φθείρονται αν παραμείνουν εκτεθειμένες σε ηλιακή ακτινοβολία και χάνουν την ελαστικότητά τους σε ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

6.1 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών

A) Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες, ανήκει στα ανόργανα ινώδη υλικά και τα βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου, ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος, η ανθρακική σόδα και αλουμίνα.

Ο υαλοβάμβακας παρασκευάζεται σε κλίβανο μέσω μιας διαδικασίας φυγοκέντρισης, κατά την οποία τα υλικά εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης υπό τη μορφή ινών παγιδεύουν τον αέρα.

Ο υαλοβάμβακας συναντάται στις εξής εμπορικές μορφές:

- σε μορφή παπλώματος είτε σε ρολά χωρίς επένδυση είτε με επένδυση αλουμινίου (επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, υαλοϋφάσματος ή χαρτιού Kraff από τη μία τους πλευρά) είτε με ενισχυμένο μεταλλικό πλέγμα,
- σε μορφή πλακών
- σε μορφή ειδικά μορφοποιημένα κογχυλιών για χρήση ως μόνωση σωληνώσεων.

Ο υαλοβάμβακας αποτελεί μία καλή θερμομονωτική λύση υπό την προϋπόθεση ότι προστατεύεται από τη διείσδυση της υγρασίας. Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών και όσο μεγαλύτερο το μήκος τους τόσο υψηλότερη θερμική προστασία

προσφέρει αλλά και μεγαλύτερο κόστος αποκτά. Η προσβολή 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. Αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της ινώδους μορφής του, ο υαλοβάμβακας σε ελεύθερη κατάσταση δεν απορροφά υγρασία. Επειδή όμως συχνά βρίσκεται κλεισμένος στα άλλα δομικά υλικά, η υγρασία που εγκλωβίζεται στα τελευταία τον προσβάλλει και εξαπλώνεται σε όλη την έκτασή του.

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. Ο υαλοβάμβακας διαθέτει επίσης ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από -100°C έως 500°C . Η αντοχή στον εφελκυσμό ($0,005 \text{ N/mm}^2$) και το όριο θραύσης ($0,005\text{-}0,015 \text{ N/mm}^2$) κρίνονται ικανοποιητικές. Ωστόσο, εμφανίζει μικρή αντοχή σε συμπίεση και ως εκ τούτου δεν προσφέρεται η χρήση του για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις. Η απόδοσή του ως ηχομονωτικό υλικό θεωρείται ιδιαίτερα καλή σε σύγκριση με άλλα ως προς αυτήν την ιδιότητα υλικά. Ο υαλοβάμβακας δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε από χημικές ενώσεις με εξαίρεση το υδροχλωρικό οξύ.

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του υαλοβάμβακα με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές να οφείλονται σε διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται από τεχνολογικής πλευράς κατά την διαδικασία παραγωγής.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1	3/4/5/8/10/12/14/15	18
Πυκνότητα	kg/m ³	13	18/23/60/65/80	100
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		0,005	
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005		0,015
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²		0,1	
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _κ στους 10°C ¹	W/(mK)	0,030	0,0338	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	500
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23°C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2/0,5...1	1
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B1	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,1		0,79
στα 250Hz	-	0,26		0,79
στα 1000Hz	-	0,71		0,97
στα 4000Hz	-	0,96		0,95
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	8/12/18	>35
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	>25	17/13/10	<5
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	90	110	430

¹ Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας στους 10°C ορίζεται 0,041 W/(mK).

B) 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 πετροβάμβακα, 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 φυγοκέντρισης διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή. Η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους επιτυγχάνεται με την προσθήκη συνθετικής φαινολικής ρητίνης και σιλικονέλαιου.

Στο εμπόριο συναντάται σε πάπλωμα χωρίς επένδυση ή με επένδυση μεταλλικού πλέγματος ή σκληρών πλακών, καθώς και σε μορφή κοχυλιών.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα (30 kg/m^3) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως 0,045 W/(mK). Η υψηλή θερμομονωτική ικανότητά του όμως επηρεάζεται σημαντικά στην περίπτωση προσβολής του από την υγρασία, έτσι ώστε να κρίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων προστασίας από την υγρασία είτε με την προσθήκη οργανικών ενώσεων του πυριτίου (σιλάνια) είτε με την τοποθέτηση επικάλυψης φύλλων αλουμινίου ή γύψου. Η θερμομονωτική ικανότητα του πετροβάμβακα επηρεάζεται αρνητικά επίσης και από την αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, χρώματος καφέ ή μαύρου, που δημιουργούνται παράλληλα με τις επιθυμητές ίνες στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Ο πετροβάμβακας 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 ($750 \text{ }^\circ\text{C}$) καθορίζει μέχρι ποια θερμοκρασία διατηρεί το μονωτικό υλικό τις ιδιότητές του. Για αυτό και ο πετροβάμβακας βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στη μόνωση λεβήτων, σε πόρτες πυρασφαλείας, σε κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία, καθώς και στην περιοχή της τεχνολογίας του εξαερισμού (αγωγοί εξαερισμού).

Ο πετροβάμβακας διαθέτει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Αντίθετα, εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό ($0,005 \text{ N/mm}^2$) και χαμηλό όριο θραύσης από $0,00012$ έως $0,0075 \text{ N/mm}^3$. Όσον αφορά στις ακουστικές ιδιότητές του

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες, αλλά στις υψηλές συχνότητες εμφανίζει πολύ καλές. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε και από χημικές ενώσεις.

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του πετροβάμβακα.

Πίνακας 5:Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	kg/m ³	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή στον επελευσμό	N/mm ²	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση				
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C	W/(mK)	0,033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		750
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23°C και 80% σ.χ. υγρασία		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,05	0,14	0,19
στα 250Hz	-	0,34	0,37/0,55	0,88
στα 1000Hz	-	0,92	0,93/0,96	0,99
στα 4000Hz	-	0,92	0,93	1,06
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	11/12/15/30	70
Δυναμική ακαμψία	MN/m ²			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ²	110	250/450/540/600	660

Γ) Διογκωμένη πολυστερίνη

Ο αφρός πολυστερίνης παράγεται από διόγκωση πολυμερισμένου στυρολίου και αποτελείται σύμφωνα με το DIN 18164 από 1,5 έως 2% πολυστερίνη και 98 με 98,5% αέρα, ανάλογα με την πυκνότητα. Ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα σε μεγάλο αριθμό κυψελίδων.

Στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες για εφαρμογές σε τοίχους, τοιχία, πλάκες σκυροδέματος και υπόγεια. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής διογκωμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές στα κτίρια ως θερμομόνωση δωμάτων, τοίχων και πατωμάτων.

Η διογκωμένη πολυστερίνη διαθέτει ικανοποιητική θερμομονωτική ικανότητα (0,029-0,041 W/mK). Ωστόσο απαιτείται προσοχή κατά την παραγωγή της, διότι αν σχηματιστούν κενά που δε διαμορφώνουν κλειστούς πόρους, είναι δυνατόν να εισχωρήσει νερό και να αυξηθεί σημαντικά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ. Γενικότερα πάντως η διογκωμένη πολυστερίνη παρουσιάζει καλή αντοχή στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας. Επιπρόσθετα, διαθέτει καλές ιδιότητες όσον αφορά στην αντοχή στον εφελκυσμό και στη συμπίεση.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι μικρότερο από αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα, καθώς κυμαίνεται από -70°C ως 90°C . Η διογκωμένη πολυστερίνη ανήκει στα εύφλεκτα υλικά και παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται βρωμιούχοι αλειφατικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες (κυρίως Hexabromocyclododecan), σε ποσοστό 5 ως 7%, ως μέσο αύξησης της πυραντοχής κατατάσσεται στις κατηγορίες πυραντοχής B1 και B2. Η διογκωμένη πολυστερίνη προσβάλλεται από έντομα, τρωκτικά και ποικιλία χημικών διαλυτών (κετόνες, βενζόλιο, βενζίνη κ.ά.) και δεν προτείνεται η χρήση ασφαλτόπανων. Είναι ευαίσθητη στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς σε εκτεταμένης διάρκειας έκθεση στον ήλιο, μετά την αλλαγή του χρώματός της σε ελαφρώς κιτρινωπό, σκληραίνεται και θρυμματίζεται.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ιδιαίτερο πλεονέκτημα της διογκωμένης πολυστερίνης αποτελεί η ευκολία τοποθέτησής της.

Σχετικά με τις ηχομονωτικές ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης δεν έχουν καταχωρηθεί στοιχεία στο συγκεντρωτικό πίνακα των ιδιοτήτων της, καθώς δεν παρουσιάζει ηχοαπορροφητικές ιδιότητες και επομένως δεν χρησιμοποιείται για ηχομόνωση.

Ο πίνακας 6 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) της διογκωμένης πολυστερίνης.

Πίνακας 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,4	1,6/2,5/3/3,5	4,0
Πυκνότητα ¹	kg/m ³	8	13/15/20/30	50
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,15		0,52
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,09		0,22
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,07		0,26
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 °C ²	W/(mK)	0,029		0,041
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-70		90
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	25	30/40/50/60/70	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	60		100
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	151	190	269

¹ Ο κανονισμός θερμομόνωσης επιβάλλει τη χρήση του υλικού με πυκνότητα ίση ή μεγαλύτερη των 20 kg/m³.

² Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0.041 W/(mK) στους 10 °C

Δ) Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, συγγενές θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης, έχει όμοια σύσταση με αυτήν, αλλά διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας. Για την παραγωγή αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης 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.

Παράγεται σε μορφή πλακών, διαφορετικής πυκνότητας ανάλογα με την εφαρμογή, με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια, για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος του επιχρίσματος. Ακόμη παράγονται πλάκες με επικάλυψη τσιμεντοκονίας ή ψηφίδας, στη μία τους πλευρά, για χρήση στο αντεστραμμένο δώμα.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,025 έως 0,035 W/(mK). Η τιμή του συντελεστή αυτού οφείλεται κατά κύριο λόγο στην θερμική αγωγιμότητα του μίγματος αέρα και αερίων που κατέχουν περίπου το 95% του όγκου του υλικού. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αποτελούν τις τιμές κατά τη χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης. Στην πραγματικότητα κατά την παραγωγή της ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι μικρότερος αλλά σταδιακά αυξάνεται, γεγονός το οποίο οφείλεται στη διαδικασία εξισορρόπησης του R12 του αέριου μίγματος με τον εξωτερικό αέρα. Έχει υπολογιστεί μάλιστα πως το αέριο σε R12 υποδιπλασιάζεται κάθε 50 έτη, περίπου δηλαδή όσο και η διάρκεια ζωής ενός κτιρίου.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της είναι σχετικά περιορισμένο, καθώς το κατώτερο σε -60⁰C και το ανώτερο όριο ανέρχεται σε 75⁰C. Ο τρόπος παραγωγής της εξηλασμένης πολυστερίνης, δηλαδή η κατεργασία της εξέλασης, αποτελεί τον κύριο υπεύθυνο για τη μεγάλη αντοχή που παρουσιάζει στον εφελκυσμό (0,30

ως $0,35\text{N/mm}^2$) και στη συμπίεση, στην αυξημένη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών (80 ως 200) και στην απορρόφηση νερού. Η μέγιστη απορροφητικότητα φθάνει το 0,1 με 0,2% του όγκου του υλικού.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει όμοια συμπεριφορά με την διογκωμένη πολυστερίνη σε ότι αφορά την προσβολή της από έντομα και τρωκτικά και την ευαισθησία της σε διαλύτες και στην ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αποχρωματίζει την επιφάνειά της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες. Η τεχνική λύση για την αποφυγή της προσβολής από έντομα και τρωκτικά συστήνει τον εγκλωβισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης στο δομικό στοιχείο ή την επικάλυψη με επίχρισμα. Η προστασία της από την ηλιακή ακτινοβολία επιτυγχάνεται επίσης με επικάλυψη με τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών και ψευδομωσαϊκού, γυψοσανίδες ή ξηρή χαλικόστρωση.

Παρά τη χρήση επιβραδυντών καύσης με τον εμπλουτισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης με στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 έως 6% κατά τη διαδικασία παραγωγής της, παραμένει εύφλεκτο υλικό και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής.

Τέλος, δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, καθώς δεν διαθέτει ικανοποιητικές ιδιότητες ηχοαπορρόφησης. Ο πίνακας 7 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) της εξηλασμένης πολυστερίνης.

Πίνακας 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	kg/m ³	20	30/35/40/60	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,30	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,70
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _ε στους 10°C	W/(mK)	0,025	0,032/0,33	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			<1	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης				
στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμγία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	23	28	32

Ε) Αφρός πολυουρεθάνης

Ο αφρός πολυουρεθάνης είναι σκληροποιημένος αφρός, του οποίου οι πόροι σε ποσοστό τουλάχιστον 90% είναι κλειστοί και παρασκευάζεται με την βοήθεια καταλυτών και προωθητικών μέσων, μέσω της χημικής αντίδρασης των πολυϊσοκυανικών ενώσεων με συνδεδετικό μέσο πολυολένιο ή με διάσπαση των πολυϊσοκυανικών ενώσεων. Παλιότερα, ως προωθητικό μέσο, χρησιμοποιούταν το FCKW (R11), αλλά τώρα έχει αντικατασταθεί με υδρογονάνθρακες όπως το πεντάνιο, CO₂ ή HFCKW.

Διατίθεται στο εμπόριο είτε σε μορφή αφρού, που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη των καθαρών από ξένες ουσίες επιφανειών στο εργοτάξιο με επί τόπου ψεκασμό και ιδιαίτερα κυλινδρικών, σφαιρικών και καμπύλων επιφανειών είτε σε μορφή σκληρών πλακών και μορφοποιημένων κομματιών από αφρό, πλακών με επιφανειακή επίστρωση αδιαβροχοποιημένου χαρτιού, πολλαπλών στρωμάτων ή φύλλων αλουμινίου. Οι τελευταίες παράγονται και σχηματοποιούνται από τον αφρό πολουρεθάνης στο εργοστάσιο και οι πλάκες έρχονται έτοιμες για τοποθέτηση στο εργοτάξιο. Μία τρίτη μορφή χρήσης του αφρού πολουρεθάνης είναι και τα ειδικά μορφοποιημένα «κοχύλια» που βρίσκουν εφαρμογή στη μόνωση σωληνώσεων.

Ο αφρός πολουρεθάνης αποτελεί το θερμομονωτικό υλικό με τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,02 \text{ W}/(\text{mK})$. Ωστόσο, με την από το 1995 απαγόρευση της χρήσης FCKW ως προωθητικού μέσου και με την αντικατάστασή του από το πεντάνιο αυξήθηκε η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και ως σήμερα ο αφρός πολουρεθάνης δεν κατάφερε ακόμη να φτάσει στην κατηγορία θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,02 \text{ W}/(\text{mK})$.

Όσον αφορά στην αντοχή σε εφελκυσμό ο αφρός πολουρεθάνης αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις που κυμαίνονται από 20 έως 30 N/cm^2 και συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών από 50 έως και πάνω από 100 και παρουσιάζει εξαιρετικά μικρή απορρόφηση υγρασίας. Ουσιαστικά δηλαδή πρόκειται για ένα αδιάβροχο υλικό, λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι σχετικά περιορισμένο, αν συγκριθεί με αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα με κατώτερο όριο τους $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ και ανώτερο $120 \text{ }^\circ\text{C}$. Ο αφρός πολουρεθάνης δεν παρέχει ικανοποιητική προστασία αν και κατά την παραγωγή του προστίθενται μέσα αύξησης της πυραντοχής και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής. Για την εκπλήρωση των όρων πυρασφαλείας στις εφαρμογές στα κτίρια, ο αφρός μπορεί να περιέχει και άλλα μέσα αύξησης της πυραντοχής. Σημειώνεται ότι κατά την καύση του παράγει σε μικρές ποσότητες τοξικά αέρια.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ο αφρός πολυουρεθάνης επηρεάζεται αν μείνει εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς οι επιφανειακές κυψέλες αδυνατίζουν και το υλικό θρυμματίζεται. Διαθέτει ιδιαίτερα καλές συγκολλητικές ιδιότητες, αφού προσκολλάται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά για αυτό και συχνά παρασκευάζεται επί τόπου στα έργα με εκτόξευση με ψεκάσμο. Τέλος, το υλικό δεν παρέχει προστασία ηχομόνωσης και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό.

Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του αφρού πολυουρεθάνης.

Πίνακας 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρού πολυουρεθάνης

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm		2-20	
Πυκνότητα	kg/m ³	30	31-35	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²			
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Ελαστική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	10		>15
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ ₈ στους 10°C	W/(mK)	0,02		0,027
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-50	-50/-40/100	120
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	50	65	>100
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ²			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30	50	50
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	16	28/33	36

ΣΤ) Λοιπά θερμομονωτικά υλικά

Ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, η διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη και ο αφρός πολυουρεθάνης είναι τα περισσότερο διαδεδομένα θερμομονωτικά υλικά και κυριαρχούν τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στην ελληνική αγορά. Εκτός από τα παραπάνω υλικά διατίθενται και άλλα θερμομονωτικά υλικά των οποίων όμως η χρήση είναι περιορισμένη στην αγορά θερμομονωτικών υλικών. Για το λόγο αυτό στη συνέχεια θα δοθούν συνοπτικά υπό μορφή πινάκων οι κυριότερες ιδιότητες για τα σημαντικότερα από αυτά τα θερμομονωτικά υλικά.

Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι ιδιότητες του φελλού, στον Πίνακα 10 του προβατόμαλλου, στον Πίνακα 11 του βαμβακόμαλλου, στον Πίνακα 12 του αφρώδους γυαλιού, στον Πίνακα 13 του περλίτη και τέλος στον Πίνακα 14 του ξυλόμαλλου.

Ι) Αφρώδης διογκωμένος φελλός

Ο διογκωμένος φελλός ανήκει στα οργανικά αφρώδη θερμομονωτικά υλικά. Η παραγωγή του γίνεται με τη βοήθεια της θερμότητας και του εγκλωβισμένου νερού και ρητίνης, χωρίς την προσθήκη προωθητικού μέσου. Για την κατασκευή των πλακών φελλού από κυψελίδες φελλού χρειάζονται ασφατικά πρόσθετα. Συναντάται στο εμπόριο με τη μορφή πλακών και κογχυλιών.

Παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μεταξύ 0,040 και 0,065 W/(mK), ενώ ενδείκνυται για ηχομόνωση καθώς διαθέτει καλές ηχομονωτικές ιδιότητες. Ο πίνακας 9 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του διογκωμένου φελλού.

Πίνακας 9: Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένου φελλού

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5/6/7	10
Πυκνότητα	kg/m ³	100	110/120	130
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		>0,03	
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²		>0,1	
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _a στους 10°C	W/(mK)	0,040	0,05	0,065
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		120
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	10		30
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σ.χ. υγρασία			10	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-		B2	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος			
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³		16	

II) Προβατόμαλλο

Το προβατόμαλλο ανήκει στα οργανικά ινώδη θερμομονωτικά υλικά. Παράγεται με χρήση μαλλιού προβάτου και διατίθεται σε μορφή πλακών για την μόνωση σωλήνων και ως ηχοαπορροφητικά πετάσματα για λόγους ηχομόνωσης.

Ο πίνακας 10 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του προβατόμαλλου.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά προβατόμαλλου

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3/4/5/6/8/9/10/11/12	20
Πυκνότητα	kg/m ³	20		80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		0,005	0,02
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²			
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C	W/(mK)	0,0337		0,037
Εύρος χρήσεως min/max	°C	100		160
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	1		2
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		14,5	18,6	20
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-		B2	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης				
στα 125Hz	-	0,4		0,56
στα 250Hz	-	0,75		0,81
στα 1000Hz	-	0,5	0,9	1,05
στα 4000Hz	-	0,72	1	1,07
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	4829		5810
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αντιμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		100
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες		όχι		ναι
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³		38 για 25kg/m ³	

III) Βαμβακόμαλλο

Το βαμβακόμαλλο είναι ένα ινώδες μονωτικό υλικό από φυτικές ίνες, οι οποίες είναι βιοδιασπόμενες και χρειάζεται προσθήκη ουσιών για να αυξηθεί η πυραντοχή τους. Έτσι, η σύσταση του μονωτικού υλικού είναι 97% ακατέργαστο βαμβακόμαλλο και 3% βορικό άλας ως μέσο αύξησης της πυραντοχής. Οι μορφές, με τις οποίες διατίθεται, είναι πλάκες διάφορων παχών και «μαλλί» για την μόνωση σωλήνων Το βαμβακόμαλλο είναι κατάλληλο για θερμομόνωση και ηχομόνωση σε οικιακές συσκευές και στην αυτοκινητοβιομηχανία. Ο πίνακας 11 παρουσιάζει συγκεντρωτικά

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του βαμβακόμαλλου.

Πίνακας 11: Τεχνικά χαρακτηριστικά βαμβακόμαλλου

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	0,4-1	6/8/10/12/12,5/14/16	18
Πυκνότητα	kg/m ³	20		60
Αντοχή στον επελκυσμό	N/mm ²		0,031	
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²			
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _s στους 10°C	W/(mK)		0,0355	
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-80		100
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	1		2
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			11,6	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-		B2	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-		0,56	
στα 250Hz	-		0,70	
στα 1000Hz	-		0,75	
στα 4000Hz	-		0,84	
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			8,8
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		>50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³		10	

IV) Αφρώδες γυαλί

Πρόκειται για ένα υλικό ορυκτής προέλευσης με κυψελωτή δομή και υψηλών προδιαγραφών για εξειδικευμένες εφαρμογές. Τα βασικά συστατικά του αφρώδους γυαλιού είναι φυσικά, όπως άμμος, δολομίτης και ανθρακικό νάτριο.

Με θερμική επεξεργασία και με προσθήκη μικρών ποσοτήτων άνθρακα το αφρώδες γυαλί τελικά στερεοποιείται σε μπλοκ. Επίσης συνυπάρχουν μικρές ποσότητες H₂S.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας αφρού το μονωτικό υλικό αποκτάει κλειστή κυψελοειδή μορφή με την σύνθεση των εγκλωβισμένων αερίων (με πίεση 0,25 bar) στις κυψελίδες να είναι 99% CO₂ και 0,5% H₂S.

Η βασική εφαρμογή του αφρώδους γυαλιού είναι η θερμομόνωση, αλλά χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές και τεχνικές εφαρμογές, όπως υψηλής θερμοκρασίας μόνωση και μόνωση σωλήνων. Ο πίνακας 12 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του αφρώδους γυαλιού. Από τον σχετικό πίνακα απουσιάζουν οι ακουστικές ιδιότητες, διότι δεν υπάρχουν σχετικά διαθέσιμα στοιχεία.

Πίνακας 12: Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρώδους γυαλιού

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2,5	3/7/14/15	18
Πυκνότητα	Kg/m ³	100	106/120/165	180
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,24		0,28
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,3		0,5
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²			
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _a στους 10°C	W/(mK)	0,038		0,063
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-260		430
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-		∞	
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			0	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-		A1	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	MJ/kg	25		50

V) Περλίτης

Πρόκειται στην πραγματικότητα για μία ευρύτερη οικογένεια διογκωμένων ανόργανων πορώδων υλικών, γνωστότερο των οποίων είναι ο περλίτης. Τα διογκωμένα πορώδη υλικά αποτελούνται από τον περλίτη, το οξείδιο του πυριτίου και το διογκωμένο φυσικό γυαλί (ηφαιστειακής προέλευσης) ή από διογκωμένο γυαλί, το οποίο προέρχεται από καθαρό, χωρίς άλλες προσθήκες, γυαλί.

Τα διογκωμένα πορώδη υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως στη θερμομόνωση κτιρίων, στη θερμομόνωση δωματίων και στην εξασφάλιση των κλίσεών τους, στην ηχοπροστασία από κτυπογενείς ήχους δαπέδων και σε περιπτώσεις θερμομόνωσης και εξοικονόμησης βάρους στα επιχρίσματα των οικοδομών.

Ο πίνακας 13 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγραπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του περλίτη. Για το πάχος δεν μπορεί να δοθεί μια τυπική τιμή, αφού πρόκειται για χύδην υλικό και αντίστοιχα, η πυκνότητα παρουσιάζει μια διακύμανση από 80 kg/m^3 έως 800 kg/m^3 , η οποία οφείλεται στην διαφορετική σύνθεση του βασικού υλικού γυαλί ή ηφαιστειακό πέτρωμα. Από τον σχετικό πίνακα απουσιάζουν οι ακουστικές ιδιότητες, διότι υπάρχουν σχετικά διαθέσιμα στοιχεία αν και υπάρχουν εφαρμογές στην ηχομόνωση.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 13: Τεχνικά χαρακτηριστικά περλίτη

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά στοιχεία		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm			
Πυκνότητα	kg/m ³	50	80/90/100/170	800
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		-	
Όριο θραύσης	N/mm ²		-	
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²			
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C ¹	W/(mK)	0,040	0,042	0,065
Εύρος χρήσεως Min/Max	°C	-273		750
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	3		4
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία				
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-		A1	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0		0,2
στα 250Hz	-	0,1		0,25
στα 1000Hz	-	0,25		0,6
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	1,5		110
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος			
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			Όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	90		140

¹ Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης ο συντελεστής αγωγιμότητας πρέπει να είναι λ=0,064 W/(mK) στους 10 °C.

VI) Ξυλόμαλλο (απλές και σύνθετες πλάκες)

Το ξυλόμαλλο ανήκει στην κατηγορία των σύνθετων θερμομονωτικών υλικών και αποτελείται από ξυλώδεις ίνες ή ακόμη και καλάμια, φύκια και άλλα λεπτά οργανικά υλικά και συγκολλητική ύλη τσιμέντο ή καυστική μαγνησία. Τρεις ομάδες προϊόντων κυκλοφορούν στο εμπόριο:

- ελαφρές πλάκες από ξυλόμαλλο (HWL): Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται μεγάλες ίνες ξυλόμαλλου από μη επεξεργασμένο ξύλο και τσιμέντο, σύμφωνα με το DIN 1164, μέρος 1, ή αντί του τσιμέντου

καυστικό οξείδιο του μαγνησίου. Όταν χρησιμοποιείται το τσιμέντο ως συνδετικό υλικό, μπορεί να προστεθεί χλώριο μέχρι 0,35%.

- σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη (HS-ML): Οι ελαφρές προκατασκευασμένες πολυστρωματικές πλάκες από πολυστερίνη σύμφωνα με το DIN 1101 αποτελούνται από ένα μονωτικό στρώμα πολυστερίνης Σύμφωνα με το DIN 18164 με επένδυση από τη μια ή και από τις δύο πλευρές με λεπτές πλάκες ξυλόμαλλου.
- σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και πετροβάμβακα (Min-ML): Οι ελαφριές προκατασκευασμένες πολυστρωματικές πλάκες από ορυκτές ίνες, σύμφωνα με το DIN 1101 αποτελούνται από ένα στρώμα μονωτικού ορυκτοβάμβακα, σύμφωνα με το DIN 18165 και δύο επιφάνειες από ορυκτό συνδετικό ξυλλόμαλλο, που περιβάλλουν τον ορυκτοβάμβακα.

Ο πίνακας 14 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) και των 3 κατηγοριών ξυλόμαλλου.

Πίνακας 14: Τεχνικά χαρακτηριστικά πλακών από ξυλόμαλλο

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά στοιχεία		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,5	3/3,5/4/4,5/5	10
Πυκνότητα	kg/m ³	360		570
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²			
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15		0,2
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C ¹	W/(mK)	0,055		0,065
Εύρος χρήσεως Min/Max	°C			250
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		5		10
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			6	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής			B1	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz			0,17	
στα 250Hz			0,22	
στα 1000Hz			0,78	
στα 4000Hz			0,65	
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		>75	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/kg		65	

¹ Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στους 10 °C λ=0,093 W/(mK) για πλάκες πάχους από 25 έως 35 mm και λ=0,081 W/(mK) για πλάκες πάχους μεγαλύτερου των 50 mm

VI) Διαφανή θερμομονωτικά υλικά

Η διαφανής μόνωση μπορεί να περιγραφεί ως ένας «μηχανισμός» που μας επιτρέπει την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με ελεγχόμενη χρήση του φαινομένου του θερμοκηπίου, αλλά ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες, όπως τα συμβατικά αδιαφανή μονωτικά υλικά. Ο διττός αυτός μηχανισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση στα διαφανή μονωτικά υλικά επικαλυπτικών στρωμάτων χαμηλής ακτινοβολίας, που μειώνουν την διαπερατότητα του γυαλιού στην θερμική

ακτινοβολία, ενώ δεν επηρεάζεται η διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι το μεν φως μπορεί να περάσει, η δε θερμότητα εμποδίζεται.

Η συνεχής εξέλιξη των διαφανών μονωτικών υλικών οδήγησε στην εξέλιξη δύο γεωμετρικών κατηγοριών τα απορροφητικά κάθετα στρώματα και τις ημιομογενείς δομές.

Ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών των διαφανών θερμομονωτικών υλικών έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη ενός συντελεστή θερμικής διαπερατότητας χαμηλότερο από $1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, ενώ διατηρείται η ηλιακή διαπερατότητα σε ποσοστό υψηλότερο του 70%.

VII) Ίνες Κάνναβης

Η μόνωση από ίνες κάνναβης έχει εξαιρετικά θερμομονωτικά και ηχομονωτικά χαρακτηριστικά και είναι πιστοποιημένη από εγκεκριμένα εργαστήρια δοκιμών. Στόχος της είναι να αντικρούσει τον κοινωνικό μύθο της χρήσης θερμομονωτικών υλικών από γυαλί, πέτρα ή πολυστερίνη. Είναι ένα είδος θερμομόνωσης με θερμικά χαρακτηριστικά ίδια των συμβατικών υλικών αλλά με καλύτερη συμπεριφορά στην υγρασία. Βασική ιδέα για την δημιουργία αυτών των προϊόντων αποτελεί η χρήση φυσικών υλικών για ένα υγιέστερο περιβάλλον. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνεται από $\lambda=0.039\sim 0.043 \text{ W}/\text{mK}$, συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών(μ): 1-2.

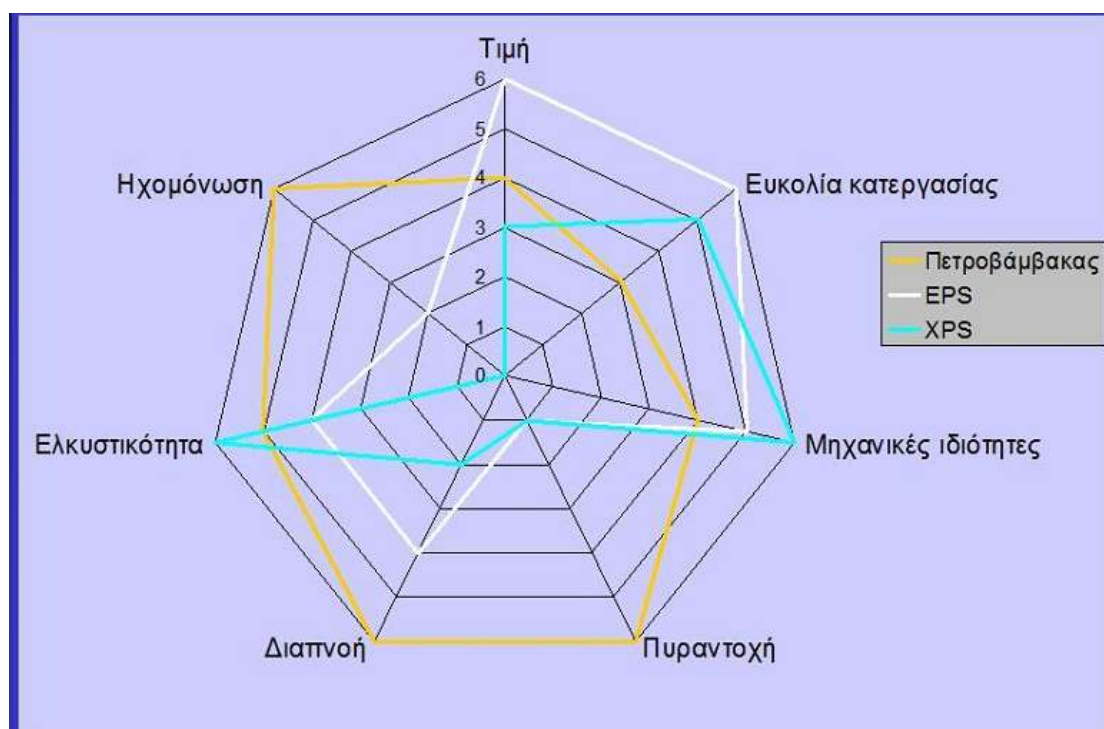
6.2 Σύγκριση θερμομονωτικών υλικών

Καθώς σήμερα ο μελετητής μηχανικός έχει στη διάθεσή του πληθώρα υλικών, γεγονός που του δίνει τη δυνατότητα να επιλέξει το καταλληλότερο για την υπό μελέτη εφαρμογή (είτε κτιριακή, είτε βιομηχανική), πρέπει να λάβει υπ' όψη του μια σειρά παραμέτρων όπως: θερμομονωτικές απαιτήσεις, θερμοκρασίες λειτουργίας, επίπεδα υγρασίας, κόστος και αισθητική. Επομένως, για να χαρακτηριστεί κάποιο

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

υλικό κρίνεται απαραίτητη η πολύπλευρη εξέταση του και όχι η επικέντρωση του ενδιαφέροντος σε ένα μόνο χαρακτηριστικό του. Δηλαδή, είναι εσφαλμένη η αντίληψη, πως ένα θερμομονωτικό υλικό είναι «καλό» επειδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Αρχικά, δινόταν βάση στις φυσικές ιδιότητες καθώς και στις δυνατότητες εφαρμογής. Στη συνέχεια προστέθηκε μία νέα ομάδα χαρακτηριστικών, που σχετίζονται με την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων (τόσο κατά την παραγωγή, όσο και κατά την τοποθέτηση) και των χρηστών της, καθώς και με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο αμίαντος, ο οποίος ενώ είχε άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες και μεγάλο εύρος εφαρμογών, απαγορεύτηκε όταν αποδείχτηκε πως η χρήση του σχετίζεται με καρκινογένεση.



Σχήμα 5: Σύγκριση πετροβάμβακα, εξηλασμένης και διογκωμένης πολυστερίνης

Όσον αφορά στις περιβαλλοντικές ιδιότητες αρχικά το ενδιαφέρον εστιαζόταν στη διαχείριση του υλικού μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του και «οικολογικό»

χαρακτηριζόταν ένα υλικό που ήταν βιο-διασπώμενο ή ανακυκλώσιμο(Angelis et. al., 2002)

Η εκτόξευση της τιμής του πετρελαίου οδήγησε τη σύγχρονη αγορά στην εκμετάλλευση κάθε δυνατού τρόπου εξοικονόμησης ενέργειας με αποτέλεσμα να προωθηθεί η έρευνα των θερμομονωτικών υλικών σε μεγάλο βάθος. Πλέον, δεν λαμβάνεται υπ' όψη μόνο η ενέργεια που εξοικονομείται με τη χρήση του υλικού, αλλά και η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή, τη μεταφορά και την τοποθέτηση του, γνωστή και ως περιεχόμενη ενέργεια. Σε μερικές περιπτώσεις, όπου η διάρκεια ζωής είναι περιορισμένη (όπως στις βιομηχανικές εφαρμογές), εκτιμάται και η ενέργεια για τη διαχείριση του ως απόβλητο ή οι δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας από αυτό. Για την εκτίμηση και την περιβαλλοντική αξιολόγηση των υλικών χρησιμοποιείται η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (A.K.Z.). Η A.K.Z. αποτελεί εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιπτώσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον, και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μία διεργασίας.

Στην Ευρώπη προτιμούνται τα ινώδη θερμομονωτικά υλικά, ενώ στην Ελλάδα τα οργανικά αφρώδη. Επιπλέον, η διογκωμένη πολυστερίνη υπερτερεί σε πωλήσεις έναντι της εξηλασμένης.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην τάση αυτή είναι:

- Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές θερμομονωτικών υλικών είναι οι χώρες της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης. Οι τοπικοί κανονισμοί στις χώρες αυτές απαιτούν μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης και έτσι προτιμάται ο πετροβάμβακας που έχει χαμηλότερο κόστος.
- Στους μεγαλύτερους καταναλωτές – χώρες επιβάλλονται αυστηροί κανονισμοί πυροπροστασίας στον κτιριακό τομέα. Αξιοσημείωτες είναι οι περιπτώσεις της Μεγάλης Βρετανίας και της Γερμανίας. Στην πρώτη, οι περισσότερες κατασκευές είναι ξύλινες, πράγμα που επιβάλλει αυστηρότερα μέτρα

πυρασφάλειας. Στη δεύτερη, οι σχετικοί κανονισμοί έγιναν αυστηρότεροι μετά από σειρά ατυχημάτων από πυρκαγιές, με αποκορύφωμα την μεγάλη πυρκαγιά στο αεροδρόμιο του Ντύσεντολφ, που στοίχισε πολλές ανθρώπινες ζωές. Σε θέματα πυραντοχής, ο πετροβάμβακας υπερτερεί σαφώς έναντι της πολυστερίνης

- Τα οργανικά αφρώδη υλικά έχουν τη μορφή πλάκας και είναι ευκολότερα στην τοποθέτηση. Επιπλέον, δεν απαιτούνται μέτρα προστασίας κατά την εφαρμογή τους, γεγονός που τα έκανε προτιμότερα για τον ανειδίκευτο και ανεπαρκώς ενημερωμένο σε θέματα ασφάλειας Έλληνα εργάτη οικοδομής.

Η διογκωμένη πολυστερίνη προτιμάται έναντι της εξηλασμένης, λόγω του χαμηλού 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 θερμομόνωσης, πυρασφάλειας και οικολογικής δόμησης, οδηγούν σε αύξηση των πωλήσεων του πετροβάμβακα. Επιπλέον, η εξηλασμένη πολυστερίνη αρχίζει και προτιμάται 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. Εκτιμάται, ότι μελλοντικά το μερίδιο του πετροβάμβακα στην ελληνική αγορά θα συγκλίνει με αυτό της ευρωπαϊκής και τα ποσοστά πωλήσεων της εξηλασμένης πολυστερίνης θα αυξηθούν και στις δύο αγορές.

Παρόλο που τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν ένα από τα βασικότερα εργαλεία για την εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς, για τη μείωση των εκπομπών των επικίνδυνων ρύπων, υπάρχουν ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί κατά την παραγωγή τους. Η πολιτική αυτή υιοθετείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία υποχρεώνει τους κατασκευαστές να φέρουν περιβαλλοντική πιστοποίηση στα προϊόντα

Στα θερμομονωτικά υλικά, τα κρισιμότερα μεγέθη που πιστοποιούν την περιβαλλοντική φύση του υλικού είναι:

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

1. Η περιεχόμενη ενέργεια: Είναι η χρησιμοποιούμενη ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μονάδας μάζας του υλικού. Περιλαμβάνει την ενέργεια για κάθε μια από τις διεργασίες από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι και την τελική τοποθέτηση του υλικού στο κτίριο. Εκφράζεται σε kWh/kg υλικού. Εναλλακτικά, πολλές φορές υπολογίζεται η ανηγμένη στο εμβαδόν περιεχόμενη ενέργεια: Είναι η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή και την τοποθέτηση ποσότητας θερμομονωτικού υλικού, ικανής να μονώσει μια μονάδα επιφάνειας, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο κατάλληλος συντελεστής θερμοπερατότητας. Για να βρίσκεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου μέσα στα όρια που ορίζει ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του μονωτικού υλικού να είναι περίπου $0,8W/(m^2K)$.
2. Οι εκπομπές ρύπων στη διάρκεια ζωής του θερμομονωτικού υλικού. Πρόκειται για τους επικίνδυνους ρύπους που εκπέμπονται, κυρίως, κατά την παραγωγή του υλικού. Κυριότεροι θεωρούνται το CO, που είναι τοξικό και το CO₂, που αποτελεί το βασικότερο θερμοκηπικό αέριο.

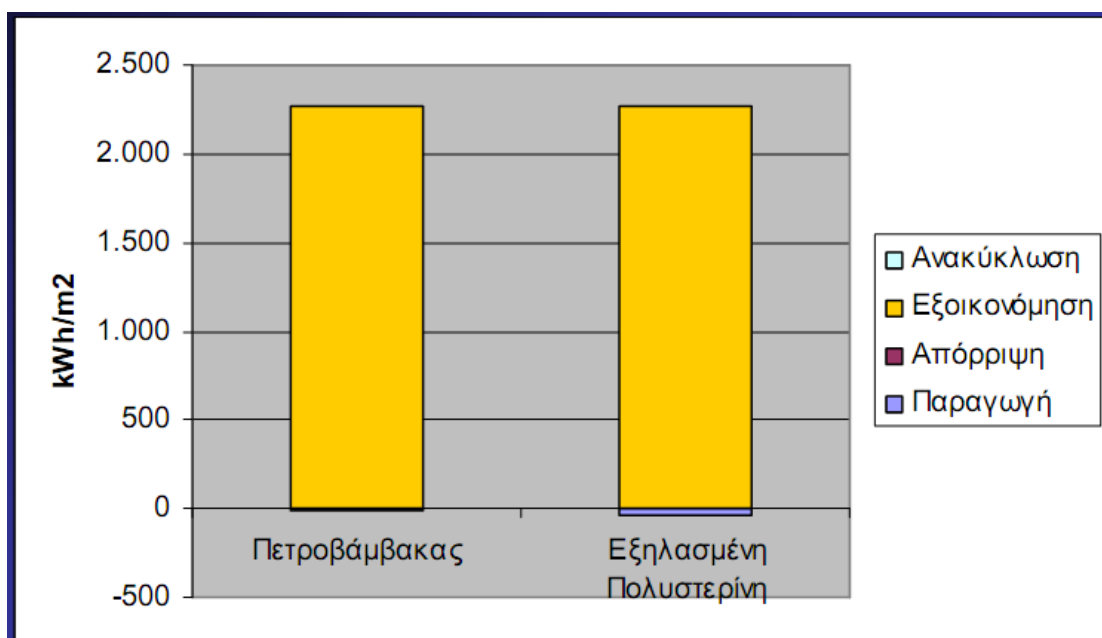
Πίνακας 15: Σύγκριση σε ενεργειακό επίπεδο πετροβάμβακα-εξηλασμένης πολυστερίνης κατά την παραγωγή

Output flows (kg emission/kg material)	Stone wool	Extruded polystyrene
CO ₂	0,800	0,900
CO	0,070	0,080
SO ₂	0,012	0,002
Liquid waste	0,100	0,001
Ash	0,040	0,040
Other solid waste	0,050	0,040

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 16: Σύγκριση ιδίου υλικού (πετροβάμβακα) για παραγωγή σε 2 διαφορετικά εργοστάσια

Σύγκριση αέριων εκπομπών συστημάτων παραγωγής πετροβάμβακα(kg/kg)		
Αέρια εκπομπή	FIBRAN	ROCKWOOL
CO ₂	0,8	1,2
CO	0,07	0,08
SO ₂	0,012	0,005
NO _x	0,003	0,002
N ₂ O	21,6*10 ⁻⁴	2,0*10 ⁻⁴
CH ₄	0,0002	0,0008
HF	0,65*10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Σωματίδια	0,0013	0,001
HCl	3,2*10 ⁻⁴	5,0*10 ⁻⁴
NMVOC	14,0*10 ⁻⁴	5,9*10 ⁻⁴



Σχήμα 6: Σύγκριση πετροβάμβακα-εξηλασμένης πολυστερίνης στο συνολικό κύκλο ζωής

6.3 Συμπεράσματα συγκριτικής μελέτης θερμομονωτικών υλικών

- Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι ενεργειακά πιο δαπανηρή στην παραγωγή από τον πετροβάμβακα.
- Η διαφορά στον κύκλο ζωής, ωστόσο, είναι μικρότερη.

- Ο πετροβάμβακας και η εξηλασμένη πολυστερίνη αποτελούν τα σημαντικότερα μονωτικά υλικά, αφού έχουν καλή θερμομονωτική ικανότητα. Το πρώτο έχει θερμοκρασιακές αντοχές, πυραντοχή, χαμηλό κόστος και ηχοαπορροφητικότητα. Συνεπώς, αναμένεται μεγάλη άνοδος στη ζήτησή του, καθώς εφαρμόζονται ολοένα αυστηρότεροι κανονισμοί πυροπροστασία και θερμομόνωσης. Επιπλέον, είναι από τα λίγα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές εφαρμογές. Δεδομένου ότι έχει αναπτυχθεί νομικό πλαίσιο για τη βιομηχανική θερμομόνωση, καθίσταται σαφές ότι θα παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο και στις βιομηχανικές εφαρμογές. Από την άλλη πλευρά, η εξηλασμένη πολυστερίνη καθίσταται αναντικατάστατη, λόγω της εξαιρετικής της αντίστασης στην υγρασία. Η χρήση της για θερμομόνωση φερόντων στοιχείων σκυροδέματος είναι αποκλειστική. Επιπλέον, λόγω της υψηλής μηχανικής αντοχής της, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έτοιμα προϊόντα συνδυασμένων υλικών (sandwich panels), τα οποία αποτελούν το μέλλον των κατασκευών. Βέβαια, το κόστος της παραμένει υψηλό και κάποιοι νέοι τύποι πετροβάμβακα υψηλής μηχανικής αντοχής (πετροβάμβακας πλεκτής ίνας) απειλούν την κυριαρχία της στο συγκεκριμένο μερίδιο αγοράς. Τέλος, η υποχρέωση οικολογικής σήμανσης στα μονωτικά υλικά, δίνει προβάδισμα στον πετροβάμβακα που έχει περισσότερο οικολογικό χαρακτήρα από την εξηλασμένη πολυστερίνη εμφανίζοντας χαμηλότερη ενέργεια παραγωγής και μικρότερες εκπομπές CO και CO₂, ρύποι που συμβάλλουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

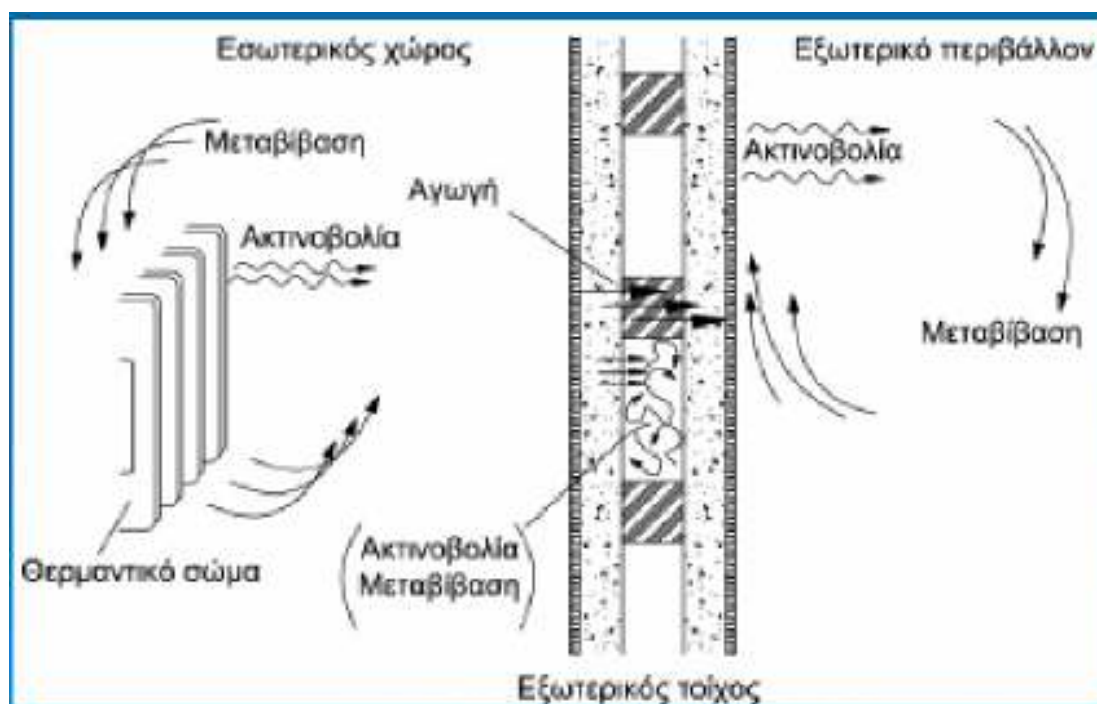
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΜΕΛΕΤΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

7.1 Βασικές Μαθηματικές Αρχές Θερμομόνωσης

7.1.1 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο

Α) Μεταφορά θερμότητας με αγωγή

Η θερμότητα μεταδίδεται δια μέσου της μάζας των σωμάτων. Η δυσκολία της μεταφοράς της θερμότητας δια μέσου των σωμάτων, εξαρτάται από την αγωγιμότητα του σώματος. Παράδειγμα καλών αγωγών είναι τα μέταλλα, ενώ αντίστοιχα παράδειγμα κακών αγωγών είναι τα πλαστικά, το ξύλο και ο αέρας.



Εικόνα 19: Τρόποι μετάδοσης θερμότητας στο χώρο

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η μεταφορά με αγωγή έχει σαν συνέπεια, απώλειες θερμότητας από ένα κτήριο. Οι απώλειες αυτές μπορούν να μειωθούν με την χρήση μονωτικών υλικών. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/m*K] των υλικών είναι δείκτης της ικανότητας μεταφοράς θερμότητας των υλικών διαμέσου της μάζας τους. Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από πέτασμα με συγκεκριμένη επιφάνεια για δεδομένο πάχος διατυπώνεται ως εξής (Σχέση 7.1).

$$Q = (\lambda/d) * F * (t_1 - t_2) * z \quad (7.1)$$

Όπου:

Q Η ποσότητα της θερμότητας η οποία διέρχεται σε μία ώρα από τη μία πλευρά στην άλλη

λ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού

F το εμβαδόν της επιφάνειας

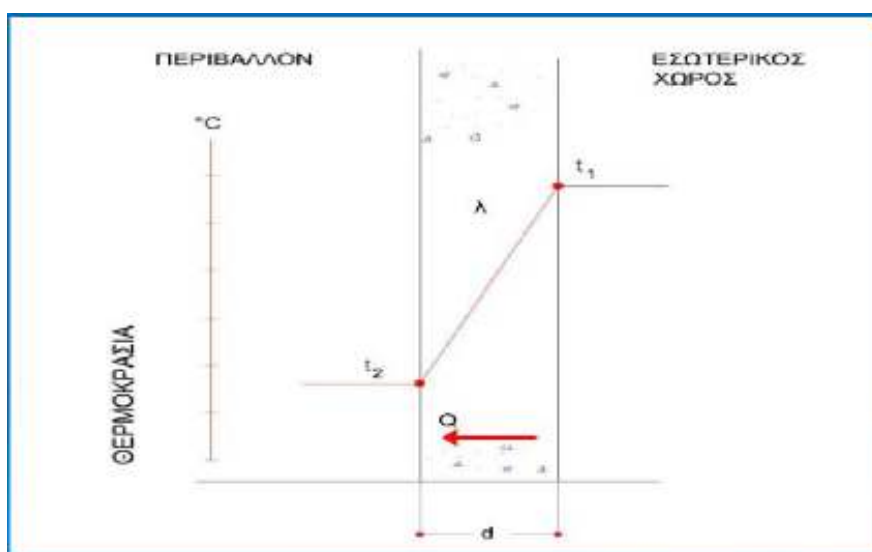
t1 θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

t2 θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

d το πάχος του υλικού

z ο χρόνος ροής του θερμότητας

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος μεταφοράς του Fourier.

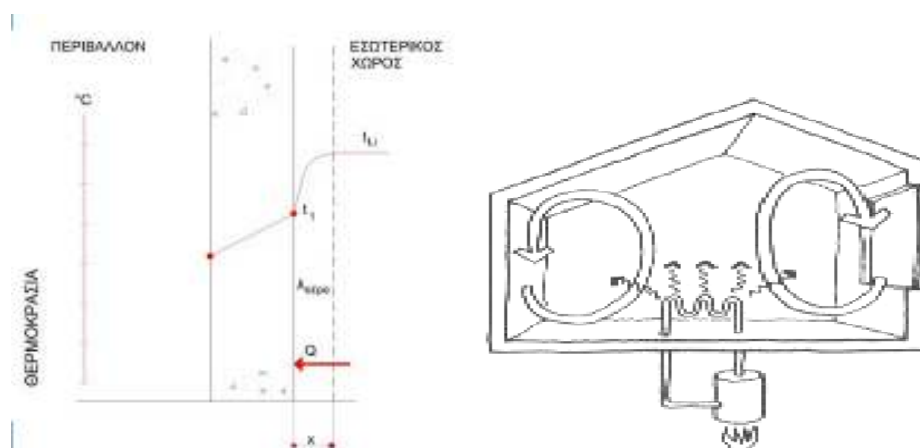


Εικόνα 20: Μεταφορά θερμότητας με αγωγή

B) Μεταφορά θερμότητας με θερμική μεταβίβαση (συναγωγή)

Η θερμότητα σε ένα ρευστό μεταφέρεται και μέσω της μάζας του με την κίνηση του. Αν η κίνηση γίνεται σε φυσικό μέσο όπου υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές (ο κρύος αέρας κινείται προς τα κάτω ενώ ο ζεστός αέρας κινείται προς τα πάνω) την κίνηση αυτή την ονομάζουμε φυσική διάχυση, ενώ αν η κίνηση γίνεται βεβιασμένα (ανεμιστήρες, ανεμοπίεση) την ονομάζουμε βίαιη διάχυση.

Μεταφορά με θερμική μεταβίβαση παρατηρείται και μεταξύ ρευστού με στερεό σώμα. Έτσι παρατηρείται μεταφορά με θερμική μεταβίβαση από ένα αέριο στην τοιχοποιία, όπως φαίνεται στο σχήμα.

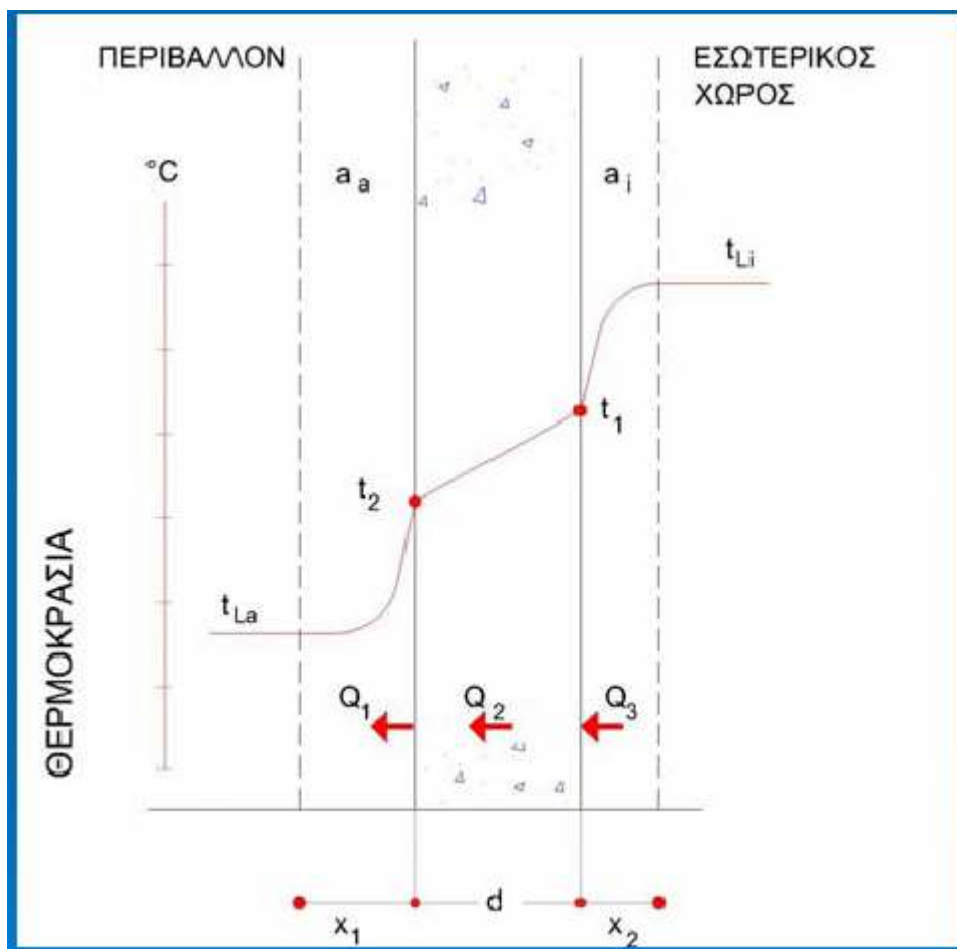


Εικόνα 21: Σχηματική αναπαράσταση μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή

Το ποσό της μεταφερόμενης θερμότητας υπολογίζεται ως εξής (Σχέση 7.2):

$$Q = (\lambda_{\text{αέρα}}/x) * F * (t_{Li} - t_1) \quad (7.2)$$

Επειδή δεν μπορεί να προσδιοριστεί το πάχος του στρώματος στο οποίο γίνεται η διάχυση της θερμότητας, ο παράγοντας λ/x αντικαθίσταται με έναν διορθωτικό συντελεστής α [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] που ονομάζεται συντελεστής θερμικής μεταβίβασης και εξαρτάται από την κινητική κατάσταση του αέρα.



Εικόνα 22: Σχηματική αναπαράσταση φαινομένου μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή

Η μεταφορά της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον διατυπώνεται ως εξής (Σχέση 7.3):

$$Q = K * F * (t_{Li} - t_{La}) * z = a_i * F * (t_{Li} - t_1) * z = (\lambda/d) * F * (t_1 - t_2) * z = >$$

$$Q = a_a * F * (t_2 - t_{La}) * z \quad (7.3)$$

όπου

Q Το ποσόν θερμότητας που διέρχεται σε μία ώρα από τον εσωτερικό χώρο στο περιβάλλον

K ο συντελεστής θερμοπερατότητας του απλού μέλους κατασκευή

λ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού λ

F το εμβαδόν της επιφάνειας

A συντελεστής θερμικής μεταβίβασης (i εσωτερικού χώρου, a εξωτερικού χώρου)

t_{Li} η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου

t_{La} η θερμοκρασία περιβάλλοντος

t₁ θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

t₂ θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

d το πάχος του υλικού

z ο χρόνος ροής του θερμότητας

Γ) Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία

Όλα τα σώματα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία που βρίσκονται, τον συντελεστή εκπομπής τους, και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στην γη αποκλειστικά με αυτό τον τρόπο μεταφοράς. Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν απαιτείται η παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου. Όταν η ακτινοβολία προσπέσει σε ένα άλλο σώμα ή θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί η θα μεταφερθεί. Η θερμότητα που απορροφάται εμφανίζεται ως αύξηση θερμοκρασίας ενός σώματος. Η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα εκφράζεται ως εξής (Σχέση 7.4):

$$q = \epsilon \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (7.4)$$

όπου:

q η εκπεμπόμενη ενέργεια [W/m²]

ε ο συντελεστής εκπομπής υλικού

σ η σταθερά Stefan Boltzmann

T η απόλυτη θερμοκρασία °K

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος των Stefan – Boltzmann.


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

- $W \cdot h$, J, Kcal (χιλιοθερμίδα) $\rightarrow 1 \text{ Kcal} = 4.186,8 \text{ J} = 1,163 \text{ W} \cdot \text{h}$
- 1 Kcal είναι η ποσότητα της θερμότητας (θερμικής ενέργειας) που απαιτείται για να θερμανθεί 1 Kg νερού σε ατμοσφαιρική πίεση κατά μία μονάδα θερμότητας και συγκεκριμένα από τους 14,5 °C στους 15,5 °C.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, λ

- Είναι η ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1 m² 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 γοτικά παραμένει σταθερή με το χρόνο.
- Μονάδα μέτρησης : $W / m \cdot K$.




ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ, Λ

- Είναι η ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1 m² και πάχος d m, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση.
- Μονάδα μέτρησης : $W / m^2 \cdot K$.
- Για ομοιογενή υλικά είναι :

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ, $1/\Lambda$

- Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής.
- Μονάδα μέτρησης : $m^2 \cdot K / W$.
- Για ομοιογενή υλικά είναι :

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2 \cdot K/W]$$


Εικόνα 23: Μεγέθη και στοιχεία μετάδοσης θερμότητας

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ, K

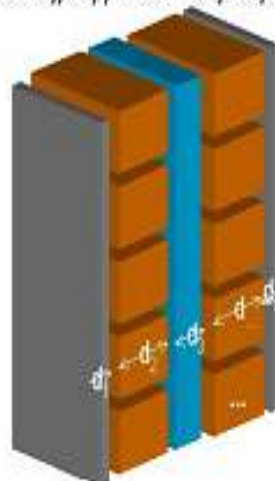
- Είναι η ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια 1 m^2 της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, που βρίσκεται στη μία και στην άλλη πλευρά της κατασκευής, είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση.
- Μονάδα μέτρησης : $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ, $1 / \text{K}$

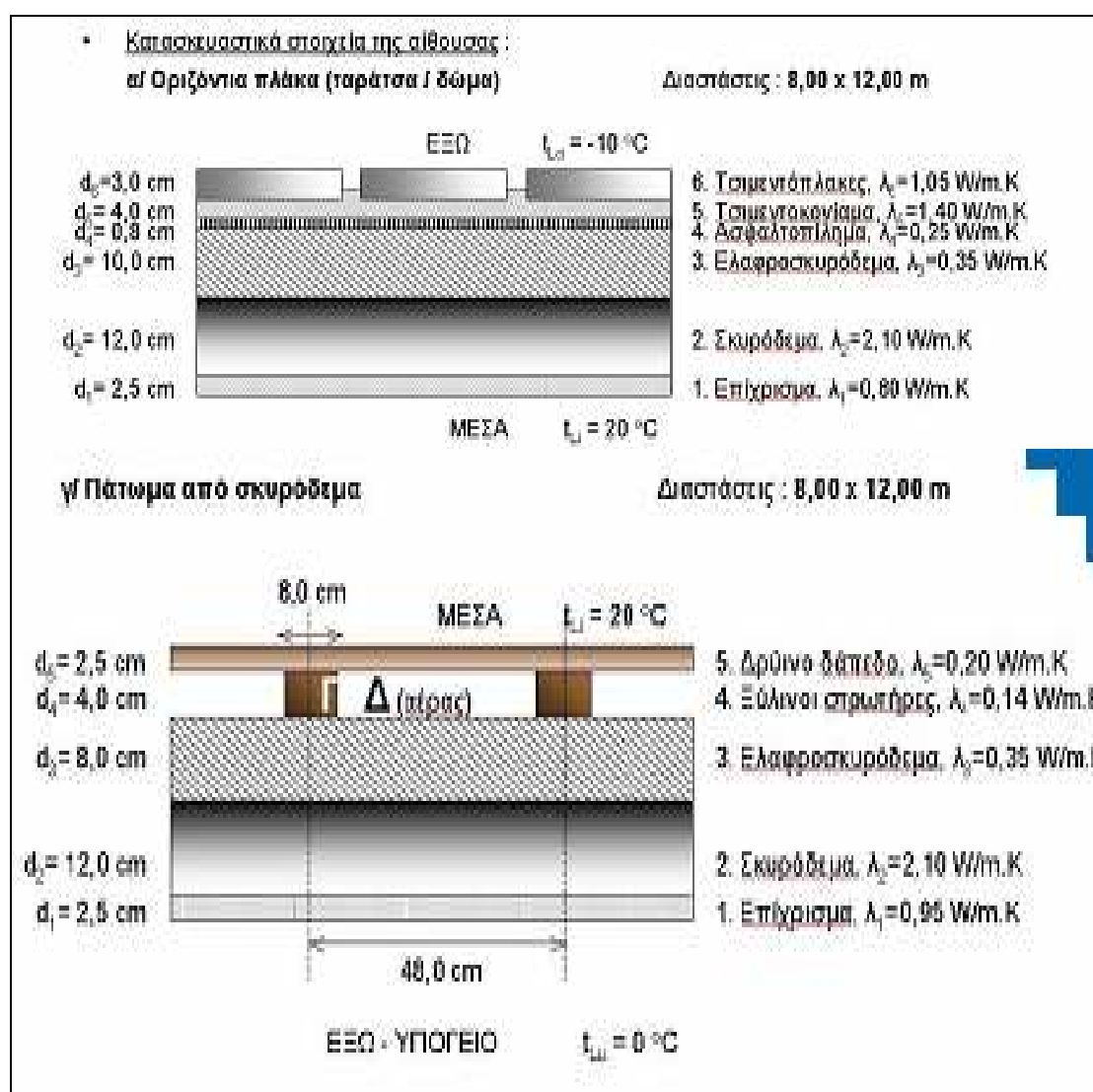
- Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας.
- Μονάδα μέτρησης : $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_o} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_o} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$



Εικόνα 24: Μεγέθη θερμοπερατότητας



Εικόνα 25: Ενδεικτικό παράδειγμα χρήσης μεγεθών μεταφοράς θερμότητας

7.2 Κανονισμός Θερμομόνωσης

7.2.1 Οδηγίες για σύνταξη μελετών θερμομόνωσης

α) Η αντίσταση θερμοδιαφυγής $1/\Lambda$ ενός δομικού στοιχείου προκύπτει από την έκφραση (Σχέση 7.5) :

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

όπου d_1, d_2, \dots, d_n τα πάχη (σε m) των στρώσεων των υλικών και $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ οι αντίστοιχοι συντ/στές θερμ. αγωγιμότητας (σε kcal/m²h°C ή W/mK).

β) Η αντίσταση θερμοπερατότητας $1/k$ ορίζεται σαν άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης προς τον αέρα και της αντίστασης θερμοδιαφυγής (Σχέση 7.6):

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{a_a}$$

όπου a_i και a_a βρίσκονται από Πίνακα του κανονισμού θερμομόνωσης.

Με βάση τον κανονισμό δεν επιτρέπεται εξωτερική τοιχοποιία με συντελεστή k πάνω από 0.6 και για τις οροφές (ή πιλοτές) πάνω από 0.4.

γ) Ορίζεται ως μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας k_m του κτιρίου:

$$k_m = \frac{k_w * F_w + k_f * F_f + k_d * F_d + k_g * F_g + k_{dl} * F_{dl}}{F} \quad (7.7)$$

όπου k_w, k_f, k_d, k_g και k_{DL} είναι οι συντελεστές θερμοπερατότητας που αντιστοιχούν στις επιφάνειες εξωτερικών τοιχωμάτων, παραθύρων, οροφών, δαπέδων και pilotis. Το άθροισμα τους συνιστά τη συνολική επιφάνεια F .

Ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί:

$$k_m(w, f) = \frac{k_w * F_w + k_f * F_f}{F_w + F_f} \leq 1.6 \quad \text{για κάθε όροφο} \quad (7.8)$$

$$k_w = \frac{\sum K_i * F_i}{F_w} \quad (7.9)$$

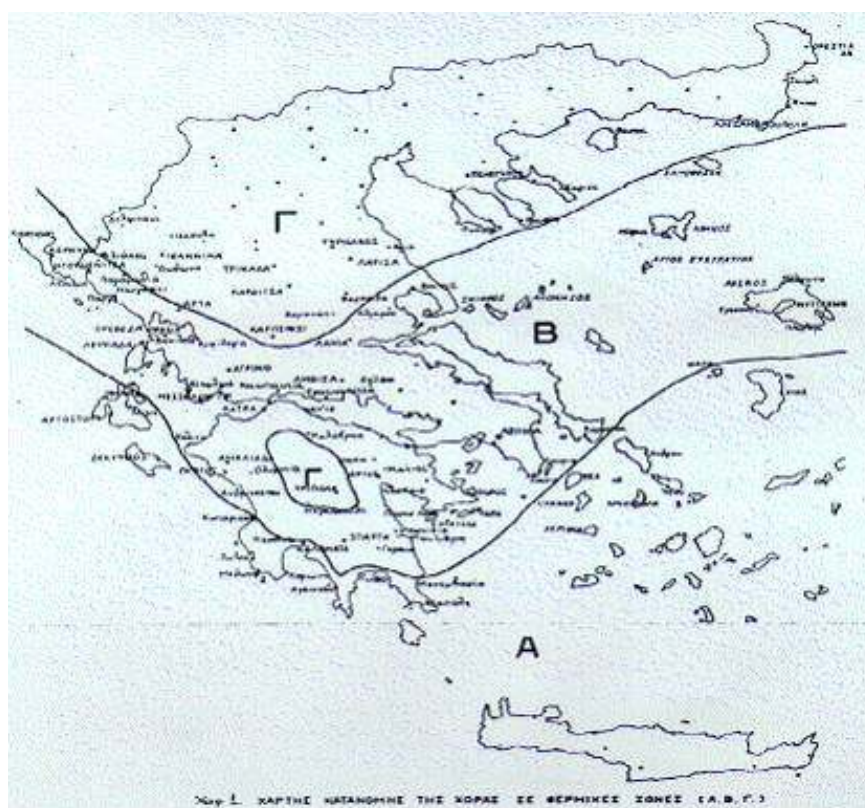
$$k_w = \frac{\sum K_i * F_i}{F_w} < 0.6 \quad \text{για κάθε προσανατολισμό} \quad (7.10)$$

δ) Συντελεστής θερμικής μετάβασης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης α 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. Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης:

1. Στις εσωτερικές πλευρές κλειστών χώρων με φυσική κίνηση αέρα:
 - α) Επιφάνειες τοίχων, εσωτερικά παράθυρα, εξωτερικά παράθυρα,: $\alpha_i = 8,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - β) Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση θερμικής μεταβίβασης, από:
 - I. Κάτω προς τα πάνω $\alpha_i = 8,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - II. Πάνω προς τα κάτω $\alpha_i = 5,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
2. Στις εξωτερικές πλευρές με μέση ταχύτητα ανέμου 2m/s , $\alpha = 23,26 \text{ W/m}^2\text{K}$



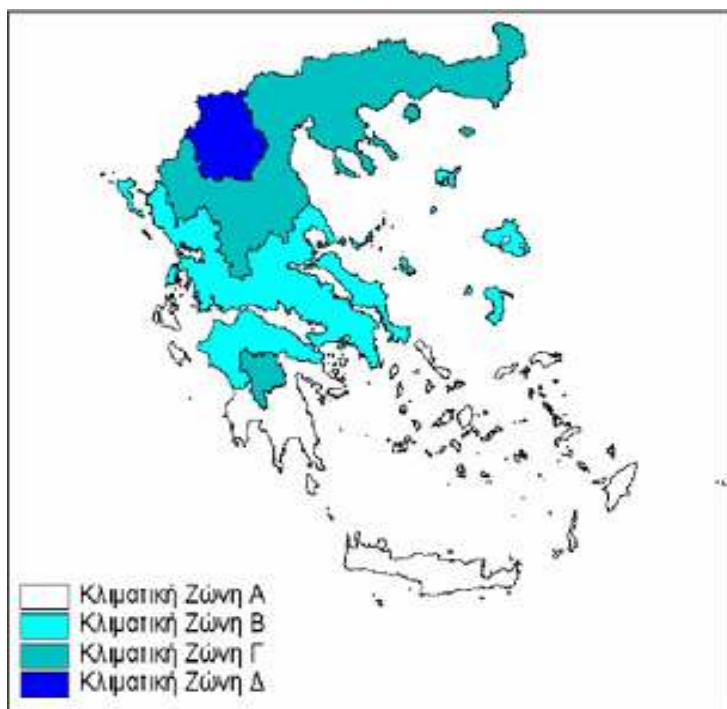
Εικόνα 26: Ισχύουσα θερμική ζωνοποίηση στην Ελλάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Επιτρεπτά όρια μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου k_m :

α) εάν $K_m \leq K_{max}$, η θερμομόνωση είναι αποδεκτή βάσει του κανονισμού θερμομόνωσης.

β) εάν το $K_m > K_{max}$, πρέπει να επαναπροσδιορίσουμε τους συντελεστές θερμοπερατότητας k των διαφόρων δομικών στοιχείων ή να μειώσουμε την επιφάνεια των ανοιγμάτων ή να μειώσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας τους (αυξάνοντας την μόνωση στις τοιχοποιίες-δάπεδα-οροφές ή επιλέγοντας διπλά τζάμια για τα ανοίγματα).



Εικόνα 27: Κλιματικές ζώνες Ελλάδας ανάλογα με θερμομονωτικές απαιτήσεις βάσει ΚΕΝΑΚ

Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου υπό μελέτη νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου πρέπει να πληρούν τις τιμές του παρακάτω πίνακα:

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

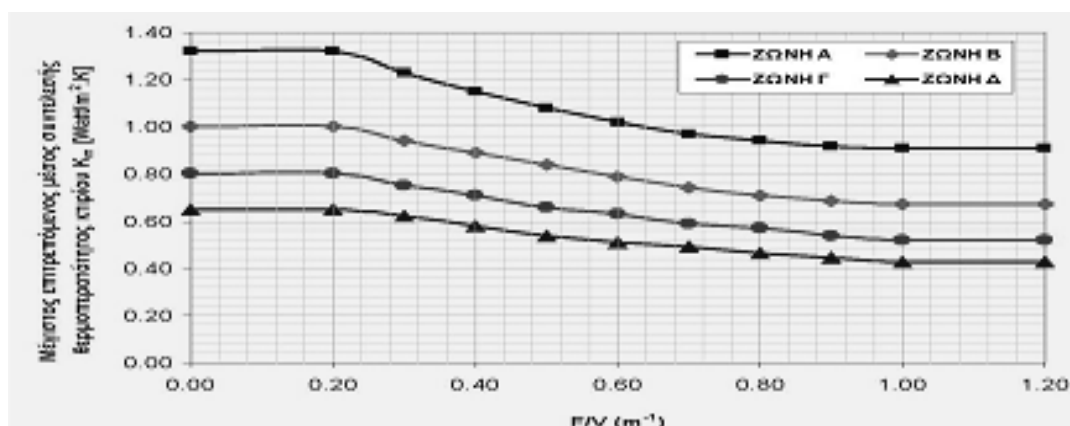
Πίνακας 17: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/m ² .K]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	k _D	0,50	0,40	0,38	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	k _W	0,60	0,50	0,44	0,33
Δάπεδα χώρων διαμονής σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	k _{DL}	0,50	0,40	0,40	0,30
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	k _G	1,50	1,00	0,38	0,35
Διαχωριστικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	k _{WE}	1,50	1,00	0,70	0,50
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ.α)	k _F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	k _{GF}	1,80	1,80	1,80	1,80

Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας k_m του εξεταζόμενου κτιρίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται στον παρακάτω πίνακα και σχήμα:

Πίνακας 18: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη

F/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (k_m) σε [W/m ² .K]			
	Ζώνη A	Ζώνη B	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,32	1,00	0,80	0,65
0,3	1,23	0,94	0,75	0,62
0,4	1,15	0,89	0,71	0,58
0,5	1,08	0,84	0,66	0,55



Σχήμα 1: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη

7.3 Απαραίτητοι υπολογισμοί για μελέτη θερμομόνωσης κτιρίου

Η θερμομόνωση ενός κτιρίου είναι αναγκαία προϋπόθεση για την εξασφάλιση υγιεινής, ευχάριστης και θερμικά άνετης διανομής μέσα σε ένα κτίριο κάτω από σύνθηκες οικονομίας. Ιδιαίτερα στις κατοικίες που λειτουργούν όλο το 24ώρο, η θερμομόνωση είναι βασική ανάγκη.

Με την καλή θερμομόνωση του κτιρίου επιταγχάνεται (Ενεργειακή μελέτη σε διαμέρισμα με θερμομονωτική επάρκεια και χωρίς θερμομονωτική επάρκεια , Παράρτημα):

1. Εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας από τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο.
2. Περιορισμός των φθορών που παρατηρούνται λόγω της έλλειψης θερμομόνωσης, όπως οι θραύσεις σωληνώσεων από τον παγετό, οι αποκολλήσεις επιχρισμάτων και χρωματισμών από συμπύκνωση υδρατμών στις ψυχρές εξωτερικές επιφάνειες.
3. Μείωση των δαπανών κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης, που είναι ανάλογες με την εγκατεστημένη ισχύ του λέβητα.
4. Μείωση των εκλυόμενων ρύπων στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται αφενός από την ποιότητα της θερμομόνωσης, αφετέρου από άλλες παραμέτρους όπως:

1. Η έντονη έκθεση του κτιρίου στους ανέμους, η οποία αυξάνει τις θερμικές απώλειες. Αντίθετα η ύπαρξη γειτονικών κτιρίων, δέντρων ή άλλων εμποδίων τα οποία προφυλάσσουν το κτίριο από την άμεση επίδραση των ανέμων, μειώνουν τις θερμικές απώλειες.
2. Ο αριθμός ελεύθερων πλευρών. Όσο περισσότερες είναι οι ελεύθερες πλευρές ενός κτιρίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι θερμικές απώλειες.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

3. Η ενοποίηση χώρων διαφορετικών ορόφων. Σε διπλοκατοικίες με συνέχεια των χώρων, η θερμότητα του κάτω οροφου συγκεντρώνεται στον πάνω με αποτέλεσμα την αίσθηση ψύχους.
4. Οι καπνοδόχοι, οι σωληνώσεις παροχής θερμού και ψυχρού νερού, καθώς και οι σωλήνες των κεντρικών θερμάνσεων, δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον γιατί συμβάλουν στις θερμικές απώλειες, εκτός αν είναι μονωμένοι. Για τις καπνοδόχους, η σωστή μόνωση εξασφαλίζει τη σώστη κυκλοφορία των καυσαερίων και την αποφυγή δημιουργίας όξινων συμπυκνωμάτων.

Η θερμομονωτική ικανότητα των στοιχείων κατασκευής χαρακτηρίζεται όπως προαναφέρθηκε από το συντελεστή θερμοπερατότητας k του δομικού στοιχείου ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση I. Τα ανώτατα όρια των συντελεστών μεταβάσεως του αέρα για εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες δίνονται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 19: Συντελεστής και αντίσταση θερμικής μεταβάσεως για δομικά στοιχεία(ΤΕΕ, 2010)

	Συντελεστής θερμικής μεταβάσεως (α_i) και (α_e)	Αντίσταση θερμικής μεταβάσεως ($1/\alpha_i$) και ($1/\alpha_e$)
	[W/m ² .K]	[m ² .K/W]
Επιφάνεια τοίχων, εσωτερικά παράθυρα, εξωτερικά παράθυρα	$\alpha_i = 8,14$	$1/\alpha_i = 0,14$
Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση μετάβασης θερμότητας από κάτω προς τα επάνω	$\alpha_i = 8,14$	$1/\alpha_i = 0,14$
Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση μετάβασης θερμότητας από επάνω προς τα κάτω	$\alpha_i = 5,84$	$1/\alpha_i = 0,17$
Στις εξωτερικές πλευρές με μέση ταχύτητα ανέμου περίπου 2 [m/s]	$\alpha_e = 23,26$	$1/\alpha_e = 0,04$

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 20: Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για διάφορα δομικά υλικά

Υλικά	Φαινόμενη πυκνότητα [kg/m ³]	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) [W/m.K]
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος		0,87
Επίχρισμα τσιμεντοκονιάματος		1,39
Συμπαγείς λίθοι, μάρμαρο, γρανίτης, ασβεστόλιθος		3,49
Συμπαγείς πλίνθοι αργίλου ωμοί		0,93
Άμμος φυσικής προέλευσης		1,40
Σκυρόδεμα αδρανών ≤ 160		2,03
Γαρμπίλοσκυρόδεμα	1700	0,81
Περλιτόδεμα με τσιμέντο 1:8		0,128
Πλάκες σκυροδέματος με ανάμικτα αδρανή	1400	0,58
Γυψοσανίδες	1200	0,58
Τσιμεντόλιθοι πλήρεις	1800	0,99
Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι	1400	0,70
Οπτόπλινθοι πλήρεις	1400	0,60
Οπτόπλινθοι διάτρητοι	1200	0,52
Οξύς		0,17
Κωνοφόρα		0,14
Κόντρα πλακέ		0,14
Μορισσανίδες	900	0,17
Γυαλί		0,81
Αλουμίνιο		203,52
Χυτοσίδηρος και χάλυβας		53,15
Ασφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0,70
Ασφαλτόχαρτο	1100	0,19
Θερμομονωτικά υλικά		
Υαλοβάμβακας	50	0,041
Πετροβάμβακας	230-250	0,056
Πλάκες διογκωμένου φελλού	160	0,046
Αφρώδης πολυουρεθάνη		0,033
Διογκωμένη πολυστερίνη	10-30	0,041
Αφρώδης πολυστυρώλη Roofmate	32-35	0,027
Αφρώδης πολυστυρώλη Styrofoam	28	0,033
Διογκωμένοι αφροί με βάση ρητίνη ουρίας φορμαλδεύδης		0,031
Πλάκες πεπιεσμένου άχυρου	220-250	0,049
Πλάκες από ίνες ζαχαροκάλαμου	260	0,046
Φόκια θαλάσσης	150	0,041

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας k των δομικών στοιχείων του κτιρίου θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη οι θερμικές απώλειες από τις θερμογέφυρες, όπως υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683. Σε διαφορετική περίπτωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας k των δομικών στοιχείων για κατακόρυφη απόσταση ως 1.5μ. εκατέρωθεν του στοιχείου θερμογέφυρας προσαυξάνεται κατά 10% έναντι της τιμής που προκύπτει από την εφαρμογή της σχέσης I.

Σε όλες τις κλιματικές ζώνες συνίσταται η χρήση διπλών υαλοπινάκων κυρίως στις πλευρές του κτιρίου που είναι εκτεθειμένες σε ψυχρούς ανέμους. Αντίστοιχα στα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

κτίρια που βρίσκονται στην κλιματική ζώνη Γ και Δ συνίσταται η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε όλες τις πλευρές του κτιρίου.

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας k_f διαφόρων τύπων υαλοπινάκων σε συνάρτηση του υλικού κατασκευής του πλαισίου, του ποσοστού του πλαισίου κ.α.

Πίνακας 21: Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας ανοιγμάτων για συνήθεις τύπους πλαισίου* (ποσοστό πλαισίου: 20% συνολικού ανοίγματος)

Τύπος υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπίνακα [$Wm^{-2}K^{-1}$]	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [$Wm^{-2}K^{-1}$] πλαισίου (ποσοστό πλαισίου ως προς το συνολικό άνοιγμα: 20%)								
		1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
Μονός	5.7	4.8	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.9
Διπλός	3.3	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	4.0
	3.1	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.9
	2.9	2.6	2.7	2.8	2.8	3.0	3.0	3.1	3.2	3.7
	2.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.6
	2.5	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.4
	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	3.3
	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	3.0
	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.8
	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6
	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3
Τριπλός	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	3.2
	2.1	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
	1.9	1.8	1.9	2.0	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.9
	1.7	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.8
	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6
	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3
	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	2.2
	0.7	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.0
	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.8

* κπλαισίου =7.0 για μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή, 2.2< κπλαισίου<3.8 για μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή, κπλαισίου <2.0 για ξύλινο πλαίσιο ή PVC πλαίσιο

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι αντιστάσεις θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) στρωμάτων αέρα τα οποία έχουν μηδενική ταχύτητα (τ_{ch} το στρώμα αέρα ανάμεσα σε διπλή πλινθοδομή).

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 22: Αντίσταση θερμοδιαφυγής στρωμάτων αέρα

Σχετική θέση του στρώματος του αέρα και κατεύθυνσης της ροής της θερμότητας	Πάχος d στρώματος αέρα [mm]	Αντίσταση θερμοδιαφυγής $1/\Lambda = d/\lambda$
		[m ² K/Watt]
Κατακόρυφο στρώμα αέρα	10	0,14
	20	0,16
	50	0,18
	100	0,17
	150	0,18
Οριζόντιο στρώμα αέρα, ροή θερμότητας εκ των κάτω προς τα άνω	10	0,14
	20	0,15
	≥ 50	0,16
Οριζόντιο Στρώμα αέρα, ροή θερμότητας εκ των άνω προς τα κάτω	10	0,15
	20	0,18
	≥ 50	0,21

7.4 Μεθοδολογία Υπολογισμού μελέτης θερμομόνωσης και ενδεικτική μελέτη εφαρμογής θερμομόνωσης σε χώρο γραφείων (δικαστικό μέγαρο Λευκάδος)

7.4.1 Μεθοδολογία υπολογισμών

Κατά τον έλεγχο του πρώτου σταδίου θα πρέπει να εξετασθούν ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια όλα τα επιμέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου κτιρίου, διαφανή και αδιαφανή. Ειδικότερα οφείλουν να είναι θερμομονωμένα όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή του κτιρίου (ΤΕΕ, 2010).

Είναι σκόπιμο χωρίς αυτό να αποτελεί υποχρέωση να είναι θερμομονωμένα και όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν μεταξύ τους 2 διαφορετικά διαμερίσματα του ίδιου κτιρίου ή χώρους με διαφορετική χρήση. Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας βασίζεται στον θεσμοθετημένο Κανονισμό Θερμομόνωσης των Κτιρίων. Δίνονται οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και οι πυκνότητες των πιο συνηθισμένων στον ελληνικό χώρο υλικών καθώς και ο τρόπος υπολογισμού της θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων που προκύπτουν από τον συνδυασμό των υλικών αυτών.

7.4.2 Ενδεικτική φύλλο υπολογισμού μελέτης θερμομόνωσης

Παρακάτω παρατίθεται ένα εδεικτικό φύλλο υπολογισμού μίας πραγματικής μελέτης εφαρμογής θερμομόνωσης σε ένα χώρο γραφείων, και πιο συγκεκριμένα στο δικαστικό μέγαρο Λευκάδος και η ολοκληρωμένη μελέτη επισυνάπτεται στο Παράρτημα.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

	ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	Ν.Α.	ΕΡΓΟ	ΕΡΓΟ 1	ΑΠΟ 28
	ΕΚΔΕΙΞΗ	Α.Α	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΤΑΡΟ	
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/88		ΔΕΥΚΑΛΟΣ	

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

A. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1. Προοριζόμενος κτίριος: **ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ**
 2. Ύψος κτιρίου: **ΥΠ. ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ**
 3. Πύλος: **ΔΕΥΚΑΛΟΣ**
 4. Όδος - Αριθμός: **ΣΤΑΘΜΗ ΕΦΑΛΕΙΣΗΣ**
 5. Υψόμετρο: **Β**
 6. Ζώνη: **Β**

B. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1. Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων $F_{\text{e}} = 1086,44 \text{ m}^2$
 2. Επιφάνεια θύλων/θύλων (εσοδήρια-θύλα) $F_{\text{d}} = 362,43 \text{ m}^2$
 3. Επιφάνεια άνω/κάτω οροφής/οροφής κάτωθεν μη θερμόκομο-όροφής ορόφης $F_{\text{a}} = 1103,25 \text{ m}^2$
 4. Επιφάνεια διαίμα $F_{\text{d}} = 1667,60 \text{ m}^2$
 5. Επιφάνεια άνω/κάτω ΠΛΟΤΗΣ $F_{\text{pl}} = \dots$
 6. Όλικη εξωτερική επιφάνεια οικοπέδου $F = F_{\text{e}} + F_{\text{d}} + F_{\text{a}} + F_{\text{pl}} + F_{\text{m}} = 3021,72 \text{ m}^2$
 7. Όγκος οικοπέδου $V = 7009,64 \text{ m}^3$
 8. Λόγος $\frac{F}{V} = 0,71 \text{ m}^{-1}$

Γ. ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ k_{eq}

Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας που επιτρέπει το δόγμα περιβαλλόμενης λειτουργίας κτιρίων από τον όγκον κτιρίου (F/V) Κατ. 7.3.4., πίνακας 6.

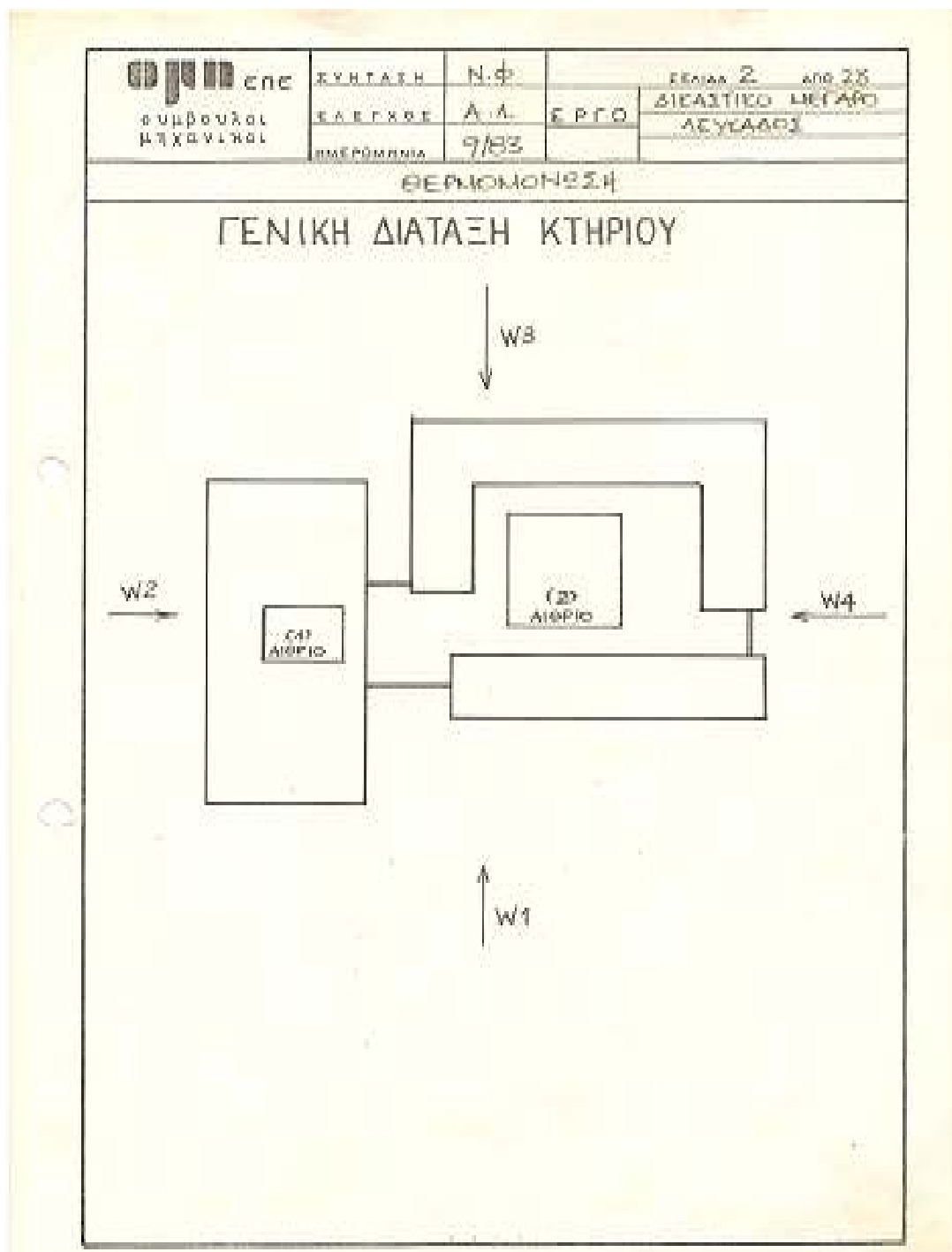
F/V m ⁻¹	k _{eq} εως kcal/m ² h°C			k _{eq} εως w/m ² k		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
≤0,2	1,333	1,015	0,607	1,553	1,180	0,698
0,3	1,345	0,955	0,760	1,648	1,111	0,864
0,4	1,160	0,897	0,715	1,340	1,043	0,891
0,5	1,092	0,845	0,675	1,270	0,983	0,787
0,6	1,030	0,795	0,638	1,198	0,924	0,758
0,7	0,985	0,750	0,600	1,143	0,872	0,698
0,8	0,947	0,717	0,573	1,101	0,834	0,669
0,9	0,917	0,688	0,550	1,076	0,808	0,640
≥1,0	0,910	0,680	0,540	1,070	0,791	0,610

Για 4η Ζώνη και για $\frac{F}{V} = 0,71$ επιτρέπεται μέγιστη τιμή του k_{eq}, max ≤ 0,75 kcal/m²h°C
 ή k_{eq} max ≤ 0,735 w/m²k

0,86

NEO OPIO KENAK=0,735 W/m² k


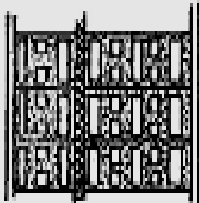
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ




ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΘΡΥΠΕ ΕΠΕ	ΕΠΙΤΑΞΗ	Ν.Φ	ΣΕΛΙΔΑ 3 ΑΠΟ 28			
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	Ε.Ρ.Γ.Ο	ΔΙΚΑΙΩΤΙΚΟ ΜΕΤΑΦΟ		
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		ΛΕΥΚΑΔΟΣ		
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ						
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΟΤΗΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΑΞΕΩΣ	ΜΟΝΩΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	Στοιχείο	1/α ₁		1/α ₂	
			$\frac{m^2 \cdot h^{\circ}C}{kcal}$	$\frac{m^2 \cdot h}{\omega}$	$\frac{m^2 \cdot h^{\circ}C}{kcal}$	$\frac{m^2 \cdot h}{\omega}$
		Ύψωματικοί τοίχοι				
		Όροφος	0,14	0,12	0,05	0,04
		Πλάι				
		Ύψωματικός τοίχος με κενό αέρα ή κενό από στήλη	0,14	0,12	0,05	0,04
		Καυλωμένος στέγος				
		Όροφος κάτω από στέγος όταν στον χώρο μεταξύ της άροφης και της καυλωμένης στέγης δεν κεντρικεύει αέρας	0,14	0,12	0,14	0,12
		Όροφος άροφιών				
		Όροφος μη θερμαινόμενων χώρων	0,20	0,17	0,20	0,17
Εσωτερικές σιμώ άνωκιά	0,20	0,17	0,05	0,04		
Δάπεδα από σκυρόδεμα με τό έλαφος	0,20	0,17	0	0		
Τοίχοι από σκυρόδεμα με τό έλαφος	0,14	0,12	0	0		
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΤΑΙ Κ _F ΓΙΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΚΑΙ ΠΥΛΩΣ	ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΟΡΟΦΟ	Υδατοστάσιμα	Υλικό πλαστικό			
			Πόλυ. Στερετικό έλαφο	Χάλοφος *Άλλο μόνωλο Σκυρόδεμα		
			Συντελεστής θερμοπερατότητα k _F			
			$kcal/m^2 \cdot h^{\circ}C$	$\omega/m^2 \cdot K$	$kcal/m^2 \cdot h^{\circ}C$	$\omega/m^2 \cdot K$
		Άλλοι έδαλοστάσιμα	4,5	3,23	3,0	3,81
		έδαλοφος μονωτικό έδαλοστάσιμα με έδαλοφος 6 mm	2,8	3,26	3,2	3,73
		έδαλοφος μονωτικό έδαλοστάσιμα με έδαλοφος 12 mm	2,0	3,02	3,0	3,49
		έδαλοφος έδαλοστάσιμα με έδαλοφος 2 cm < 5 < 4 cm	2,2	2,80	2,4	3,02
		έδαλοφος έδαλοστάσιμα με έδαλοφος 4 cm < 5 < 7 cm	2,0	2,33	2,4	2,79
		έδαλοφος έδαλοστάσιμα με έδαλοφος 4 cm < 5 < 7 cm	2,2	2,80	—	—
Τοίχος από έδαλοστάσιμα, πάχος 80 mm	—	—	3,0	3,49		
Χωρίς έδαλοστάσιμα	3,0	3,49	3,0	3,81		
Τό k _F ισχύει για παράθυρα:						
ε < 3,0 m ²	ε	ε	ε	ε		
ε < 5,0 m ²	ε	ε	ε	ε		
ε < 2,0 m ²	ε	ε	ε	ε		

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΕΠΕ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΦ	ΣΕΛΙΔΑ 4 ΑΠΟ 28	
	ΚΑΤΕΓΧΟΣ	Α.Α.	Ε.Ρ.ΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/88		
ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ				
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Τοίχος ΠΑΡΗΣΙΕΩΣ			ΦΥΛΛΟ 1.Δ
ΕΤ-1				
1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΚΑΘΩΣ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ kg/m^3	ΠΑΧΟΣ m	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ $\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	ΑΘΡΟΣ $\frac{1}{\lambda}$ $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C}}{\text{Kcal}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0,02	0,75	0,027
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΥΦΛΟ	770	0,10	0,16	0,025
ΥΛΟΒΑΝΘΑΚΑΣ	20	0,02	0,025	0,071
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΥΦΛΟ	800	0,10	0,169	1,025
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0,02	0,75	0,027
Σ				2,315
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΒΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (ΘΑΒΗ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ) $\frac{1}{\lambda} = 2,315$				$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C} / \text{Kcal} \quad \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$
$1/a_1$	0,14	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C} / \text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}}$		
$1/a_2$	0,05	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C} / \text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}}$		
$K = \frac{1}{\frac{1}{k}} = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{a_2}} = \frac{1}{2,305} = \boxed{0,4} \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C} \quad \text{ή} \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$				
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΑ				
				

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΕΠΙΜΕΛΕΤΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΗΓΧΟΥΝΤΟΙ	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ 1	ΑΝΤ. ΖΕΒ
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΤΑΡΟ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/88		ΔΕΥΕΡΑΔΟΣ

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

A. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1. Προοριζόμενη χρήση: **ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ**
 2. Ίδιοκτησία: **ΥΠ. ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ**
 3. Πόλη: **ΛΕΥΚΑΔΑ**
 4. Όδός - Αριθμός:
 5. Υψόμετρο: **ΣΤΑΘΜΗ ΘΑΛΑΣΣΗΣ**
 6. Ζώνη: **B**

B. ΠΙΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1. Επιφάνεια άνοιγματων τοίχων $F_w = 1086,44 \text{ m}^2$
 2. Επιφάνεια άνοιγματων (παράθυρα - θύρες) $F_r = 362,43 \text{ m}^2$
 3. Επιφάνεια άνοιγμα στέγης, άνοιγμα κάλυψης μη θερμωμένης οροφής στέγης $F_{ro} = 1108,25 \text{ m}^2$
 4. Επιφάνεια θεμελίων $F_b = 1669,60 \text{ m}^2$
 5. Επιφάνεια άνοιγμα ΠΙΛΟΤΗΣ $F_{pl} = \text{ m}^2$
 6. Όλκιμη εξωτερική επιφάνεια οικοδομής: $F = F_w + F_r + F_{ro} + F_b + F_{pl} = 5021,72 \text{ m}^2$
 7. Όγκος οικοδομής $V = 7069,44 \text{ m}^3$
 8. Λόγος $\frac{F}{V} = 0,71 \text{ m}^{-1}$

Γ. ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΤΡΕΠΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ km

Μέγιστος ανεπιθύμητος μέσος συντελεστής θερμοαπορρόφησης που επιτρέπει το κτίριο περιβαλλόμενη επιφανεία κυρίως προς τον άρτυν αέρα (F/V) Κορ. 7.34, πίνακας 6.

F/V m ⁻¹	km ως kcal/m ² °C			km ως m ³ /m ³		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
≤0,2	1,333	1,018	0,807	1,553	1,110	0,838
0,3	1,245	0,955	0,760	1,448	1,111	0,864
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,821
0,5	1,082	0,845	0,675	1,270	0,989	0,787
0,6	1,010	0,793	0,638	1,198	0,924	0,738
0,7	0,941	0,750	0,600	1,145	0,872	0,698
0,8	0,877	0,717	0,573	1,101	0,834	0,669
0,9	0,827	0,693	0,550	1,070	0,808	0,640
≥1,0	0,790	0,680	0,530	1,070	0,791	0,616

Για κή Ζώνη και για $\frac{F}{V} = 0,71$ επιτρέπεται μέγιστη τιμή του km, που $\leq 0,71$ kcal/m²°C
 ή km, που $\leq 0,88$ /m³

Km κτιρίου=0,8135 W/m² k

NEO OPIO KENAK=0,735 W/m² k

7.4.3 Συμπεράσματα - Συστάσεις

- Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας ενός κτιρίου είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της εξωτερικής περιβάλλουσας επιφάνειας των θερμαινόμενων τμημάτων του κτιρίου προς τον όγκο τους για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου.
- Με βάση τις ελάχιστες απαιτήσεις των μελετών θερμομόνωσης του 1979 το κτίριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο. Σύμφωνα με τα νέα όρια θερμομόνωσης βάσει ΚΕΝΑΚ είναι ανεπαρκώς θερμομονωμένο.
- Για να επιτευχθούν τα όρια θερμομόνωσης βάσει ΚΕΝΑΚ προτείνονται τα εξής:
 - Αεροστεγάνωση των κουφωμάτων με ειδικές ταινίες.
 - Αντικατάσταση συστημάτων υαλοστασίων με νέα θερμομονωτικά πιστοποιημένα συστήματα.
 - Εντοπισμός και ελαχιστοποίηση φαινομένου θερμογεφυρών.
 - Εξέταση δυνατότητας προσθήκης, αντικατάστασης ή βελτίωσης μόνωσης οροφής.
 - Ενίσχυση θερμομόνωσης τοιχοποιίας εξωτερικά.
 - Αντικατάσταση παλαιών θυρών προς τους εξωτερικούς χώρους με νέες χαμηλότερης θερμοπερατότητας.
 - Βελτίωση θερμικής προστασίας ανοιγμάτων με παντζούρια και εξέταση δυνατότητας τοποθέτησης θερμομονωτικών ρολών.
 - Επισκευή τυχόν υφιστάμενων ρωγμών για τη βελτίωση της αεροστεγανότητας του κελύφους.

7.5 Βασικές εφαρμογές θερμομόνωσης

7.5.1 Τοιχοποιίες

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι θερμομόνωσης: η εσωτερική, η εξωτερική, η θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων, αλλά και η θερμομόνωση του πυρήνα

μεταξύ δύο τοίχων. Τα πλεονεκτήματα από την εσωτερική θερμομόνωση είναι το γεγονός ότι είναι οικονομικότερη μέθοδος σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση, η κατασκευή της γίνεται σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, είναι απλή η κατασκευή, ο χώρος θερμαίνεται σύντομα, δε χρειάζεται ιδιαίτερη προστασία της μόνωσης από τις εξωτερικές επιδράσεις και η κατασκευή γίνεται ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν (<http://www.rizakos.gr/gr/symvatiko.asp>)

Όμως αυτή η μέθοδος εμφανίζει και κάποια μειονεκτήματα, αυτά είναι ο περιορισμός του εσωτερικού χώρου, διότι ο χώρος παρά το γεγονός ότι θερμαίνεται γρήγορα, ψύχεται αντίστοιχα γρήγορα, και μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου. Επίσης αυτή η μέθοδος δεν λύνει το πρόβλημα των θερμογέφυρων, τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από τις συστολές και τις διαστολές που προκαλούν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις με άμεση επίπτωση, την πρόκληση ρηγματώσεων και την εισροή βρόχινου νερού. Τέλος, η εσωτερική μόνωση δημιουργεί άλλο ένα πρόβλημα σχετικά με την τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά στην εξωτερική θερμομόνωση, το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου μόνωσης είναι το γεγονός ότι ο χώρος έχει την ικανότητα διατήρησης της θέρμανσης αφότου διακοπεί η λειτουργία της θέρμανσης κι αυτό οφείλεται στη θερμοχωρητικότητα των τοίχων. Οι νότιοι χώροι των κτιρίων διατηρούν τη θερμότητα του ηλιακού κέρδους που αποθηκεύεται στους μεγάλου βάρους εσωτερικούς τοίχους. Επίσης, δεν μειώνεται ο ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος, οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και τις διαστολές, εξασφαλίζεται η κάλυψη των θερμογέφυρων στα δοκάρια, στις κολόνες και στις πλάκες σκυροδέματος. Τέλος, δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία των εσωτερικών χώρων κατά τη διάρκεια κατασκευής της εσωτερικής θερμομόνωσης.

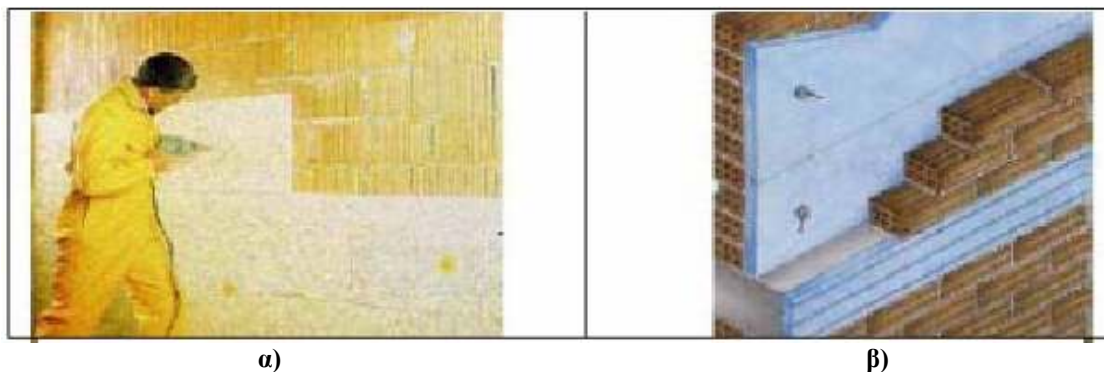


Εικόνα 28: Ολική εξωτερική θερμομόνωση

Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι είναι ακριβή σε σχέση με την θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου, η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης δεν είναι εύκολη στην περίπτωση που οι τοίχοι διαθέτουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές αλλά κι όταν οι εξωτερικές όψεις των κτιρίων εμφανίζουν έντονη μορφολογία. Επιπλέον, απαιτείται ειδική προστασία των υλικών και των στρώσεων από τις καιρικές συνθήκες.

Στη θερμομόνωση με τη χρήση ειδικών τούβλων, ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με το σχήμα, τις διαστάσεις, τον τρόπο κατασκευής τους κλπ. θα πρέπει να εξασφαλίζουν τιμές για τον συντελεστή θερμοπερατότητας στα πλαίσια που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν χρειαστεί να αυξηθεί αυτός ο συντελεστής, προστίθεται μονωτικό υλικό που μπορεί να είναι ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Παρά το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος τρόπος θερμομόνωσης παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αυτό θα γίνει εφόσον εξασφαλιστεί η σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων με την κατάλληλη στενότητα, ώστε στη μάζα των θερμομονωτικών τούβλων, να μην εισέρχεται υγρασία.

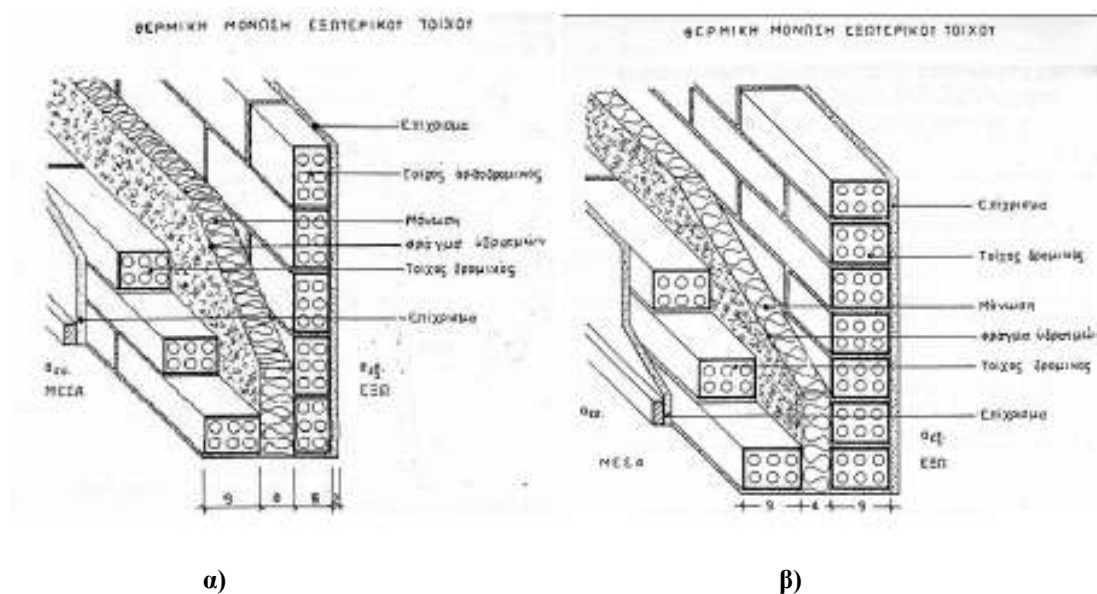
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Εικόνα 29: Πραγματική (α) και σχηματική (β) παρουσίαση θερμομόνωσης σε κατακόρυφο τοίχο

Στη θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων, το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε δύο δρομικούς τοίχους, έτσι επιτυγχάνεται θερμομόνωση αλλά είναι άγνωστο κατά πόσο υπάρχει προστασία από τη στατική αντοχή του συστήματος στον αντισεισμικό κανονισμό. Αυτή η τεχνική μπορεί να βελτιωθεί ακόμη κι αν σχηματισθούν θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζ (λωρίδα οπλισμένου σκυροδέματος που τοποθετείται στο μέσο περίπου της τοιχοποιίας, για ενίσχυση).

Ακολουθούν κάποιες φωτογραφίες με τύπους μονώσεων σε τοιχοποιίες:



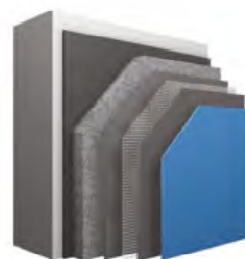
Εικόνα 30: Θερμική μόνωση εξωτερικού (α) και εσωτερικού (β) τοίχου

Δ) Κατασκευές εξωτερικής θερμομόνωσης

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης είναι μια σχετικά καινούρια φιλοσοφία κατασκευής για την ελληνική πραγματικότητα. Η κύρια πηγή εμπειρίας προέρχεται από το εξωτερικό, όπου ιδιαίτερα στα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης με λεπτού πάχους οργανικά ή ανόργανα επιχρίσματα υπάρχει πολυετής εμπειρία, όπου διέπεται από ευρωπαϊκούς και διεθνείς κανονισμούς. Ενδεικτικές επιλογές ενός συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης είναι αυτές της εταιρείας Sto και είναι τρεις: **StoTherm Classic**, **StoTherm Vario** και **StoTherm Mineral**.

1) StoTherm Classic

Είναι το κορυφαίο οργανικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης.



Το StoTherm Classic χρησιμοποιείται για πάνω από 30 χρόνια και αναγνωρίζεται ως το κορυφαίο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης και το σημείο αναφοράς της αγοράς. Η παγκόσμια επιτυχία του προσφέρει την μέγιστη αξιοπιστία και αντοχή, όπως επιβεβαιώνεται μέσα από τα πάνω από 100 εκατομμύρια εγκατεστημένα τετραγωνικά μέτρα συστήματος σε όλο τον κόσμο και σε κάθε κλιματική ζώνη. Αντοχή σε κρούση 10 φορές μεγαλύτερη αυτής των ανόργανων συστημάτων, μέγιστη προστασία από ρηγματώσεις, αξεπέραστη αντοχή σε άλγη και μύκητες και ατελείωτες αισθητικές επιλογές κάνουν το StoTherm Classic το υπέρτατο τεχνικά σύστημα θερμομόνωσης προσώπων.

StoTherm Classic: Επισκόπηση

1. Υπόστρωμα: τούβλο, σκυρόδεμα, σοβάς, τσιμεντοσανίδες, ξύλο, μέταλλο.
2. Τροποποιημένο τσιμεντοειδές συγκολλητικό stoaDh-B, για ανόργανα υποστρώματα ή StoTurbofix ή StoDispersion adhesive ανάλογα με το υπόστρωμα.

3. Θερμομονωτική πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης ειδικών προδι-αγραφών για χρήση σε Etics βάση πιστοποίησης cE : sto-Eps Board K80 cE ($\lambda = 0,036$ W/mK) ή sto-Eps Board K80 top32 cE ($\lambda=0,032$ W/mK).

4. Οργανικός, ελαστομερής, έτοιμος προς χρήση, σοβάς οπλισμού stoarmat classic.

5. Υαλόπλεγμα: Sto Glassfibre Mesh f 110 cm. Ενισχυτικό υαλόπλεγμα υψηλών αντοχών, ανθεκτικό στα αλκάλια.

6. Τελική επικάλυψη: Έτοιμα προς χρήση έγχρωμα οργανικά επιχρίσματα. Επιλογή ανάμεσα σε ακρυλικά stolit K/r/Mp - σιλικονούχα Sto Silco K/r/Mp και Sto Lotusan K (lotus Effect®) ή υδρυάλου - Stosil.

2) StoTherm Vario

Είναι σύστημα με διογκωμένη πολυστερίνη και συνδυασμό ανόργανων και οργανικών επιχρισμάτων.



Το StoTherm Vario χρησιμοποιείται επιτυχημένα για πάνω από 40 χρόνια και η συνεχής εξέλιξη του προσφέρει μια οικονομική, ευέλικτη και ασφαλή λύση για τη θερμομόνωση των κτιρίων. Η χρήση του StoLevel Duo Plus στην στρώση οπλισμού και του ειδικά επιλεγμένου υαλοπλέγματος Sto Glassfiber Mesh προσφέρουν ασφάλεια και αντοχή στην χρήση. Η κορυφαία ποιότητα των τελικών σοβάδων της Sto εξασφαλίζουν την άριστη αισθητική και την προστασία από τις καιρικές συνθήκες. Οι ατελείωτες επιλογές σε απόχρωσή και υφή, προσφέρουν μοναδική εμφάνιση για κάθε απαίτηση.

StoTherm Vario Επισκόπηση

1. Υπόστρωμα: τούβλο, σκυρόδεμα, σοβάς, τσιμεντοσανίδες.

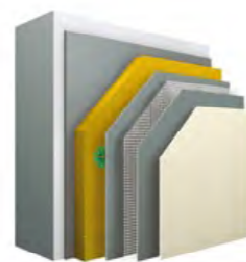
2. Τροποποιημένο τσιμεντοειδές συγκολλητικό stoAD H-B, για ανόργανα υποστρώματα ή άλλο συγκολλητικό μέσο π.χ: StoTurboFix ή StoDispersio η ανάλογα με το υπόστρωμα.

3. Θερμομονωτική πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης ειδικών προδιαγραφών βάση πιστοποίησης CE : sto-Eps Board K80 CE ($\lambda = 0,036$ W/mK) ή Sto-Eps Board K80 top32 CE ($\lambda=0,032$ W/mK).

4. Τροποποιημένο τσιμεντοειδές ενισχυτικό επίχρισμα οπλισμού και εμποτισμού υαλοπλεγματούς Sto Levell Duo Plus.
5. Υαλόπλεγμα: Sto Glassfibre Mesh f 110 cm. Ενισχυτικό υαλόπλεγμα υψηλών αντοχών, ανθεκτικό στα αλκάλια.
6. Αστάρι ανάλογα με το τελικό επίχρισμα
7. Τελική επικάλυψη: Ανόργανο (Sto Miral K/R/MP και Sto Miral L) ή οργανικό επίχρισμα (Sto Lit K/R/MP, Sto Silco K/R/MP, Sto Lotusan) με αυξημένες αντοχές σε θερμοκρασιακές μεταβολές, μηχανικές καταπονήσεις, άλγη και μύκητες.
8. Συνήθως απαιτείται ενδιάμεση στρώση (αστάρι) για βελτιώση της πρόσφυσης ανάμεσα στην ενισχυτική και τελική στρώση. Στα ανόργανα τελικά επιχρίσματα απαιτείται συνήθως και τελική στρώση βαφής για τέλεια χρωματική ομοιομορφία της πρόσοψης.

3) StoTherm Mineral

Είναι σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με πλάκες πετροβάμβακα και ανόργανα ή οργανικά επιχρίσματα.



Το StoTherm Mineral χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις πυρασφάλειας για την πρόσοψη του κτιρίου. Μπορεί να εφαρμοστεί τόσο με ανόργανο (StoLevel Duo Plus) όσο και με οργανικό (StoArmat Classic) σοβά οπλισμού. Η χρήση πιστοποιημένων με CE, για χρήση σε συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, πλακών πετροβάμβακα (υψηλής πυκνότητας) είναι απόλυτα απαραίτητη για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη πρόσφυση και η αντοχή του συστήματος. Ως τελικό επίχρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε από τους οργανικούς ή ανόργανους τελικούς σοβάδες της Sto.

StoTherm Mineral Επισκόπηση

1. Υπόστρωμα: τούβλο, σκυρόδεμα, σοβάς, ξήρη δόμηση κ.λπ.
2. Τροποποιημένο τσιμεντοειδές συγκολλητικό StoADH-B, για ανόργανα υποστρώματα ή άλλα συγκολλητικά μέσα ανάλογα με το υπόστρωμα.

3. Θερμομονωτική πλάκα πετροβάμβακα ειδικών προδιαγραφών με πλεγμένες ίνες για χρήση σε εξωτερική θερμοκμόνωση με πιστοποίηση CE κατά EN 13162: STO MINERAL FIBRE Board O40 ($\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$) και Sto Mineral fibre Board O36 ($\lambda=0,036 \text{ W/mK}$).

4. Μηχανική στήριξη με ειδικά βύσματα ανάλογα με τα υπόστρωμα

5. Τροποποιημένο τσιμεντοειδές επίχρισμα οπλισμού και εμποτισμού υαλοπλεγματος Sto Levell Duo Plus+αστάρι ή StoArmat Classic.

6. Υαλόπλεγμα: Sto Glassfibre Mesh f 110 cm. Ενισχυτικό υαλόπλεγμα υψηλών αντοχών, ανθεκτικό στα αλκάλια.

7. Τελική επικάλυψη: Ανόργανο (Sto Miral K/R/MP) ή οργανικό επίχρισμα (Sto Lit K/R/MP, Sto Silco K/R/MP, Sto Lotusan K) τελικής στρώσης με αυξημένες αντοχές σε θερμοκρασιακές μεταβολές και μηχανικές καταπονήσεις.

Περιγραφή τρόπου κατασκευής

Ο σωστός σχεδιασμός και η σωστή τοποθέτηση είναι τα θεμέλια για την ποιότητα και την αντοχή στον χρόνο.

1. Υπόστρωμα

Το υπόστρωμα πρέπει να είναι ικανό να φέρει φορτία, καθαρό και σχετικά ομαλό. Σε περίπτωση που αμφισβητείται η φέρουσα ικανότητα ή σε γωνιακά τμήματα πολυώροφων κτιρίων (εξαιτίας τάσεων αποκόλλησης που ασκούνται από στροβιλισμούς του ανέμου), ενδέχεται να απαιτηθεί πλήρης ή κατά τόπους μηχανική στερέωση.

- Σε οπτοπλινθοδομή συνίσταται το κλείσιμο των πιθανών οπών στα τούβλα (π.χ. μπατική), ενώ πρέπει να έχει παρέλθει ο απαιτούμενος χρόνος στεγνώματος των επιφανειών σκυροδέματος και των επιχρισμάτων.
- Επίσης σε κάθε περίπτωση (νέα κατασκευή ή υπάρχουσα) προτείνεται να ελέγχεται η επιπεδότητα των υποστρωμάτων καθώς από τον παράγοντα αυτό εξαρτάται η τελειότητα του τελικού αποτελέσματος, καθώς επίσης και οι “περασιές” με τα υπόλοιπα στοιχεία το κτιρίου όπως κουφώματα, μάρμαρα, ποδιές παραθύρων κλπ (Δηλ. μπαίνουν “ράμματα” και

αλφαδιάζεται η όψη του κτιρίου κατά την έναρξη των εργασιών εξωτερικής θερμομόνωσης).

2. Τοποθέτηση πλακών πολυστερίνης ή πετροβάμβακα

Οι πλάκες τοποθετούνται ΠΑΝΤΑ «σταυρωτά», όπως στην οπτοπλινθοδομή (ακόμα και στις γωνίες του κτιρίου κλπ.), φροντίζοντας να μην μένουν ανοικτοί αρμοί ή μεγάλες ανεπιπεδότητες. Το συγκολλητικό κονίαμα τοποθετείται επάνω στις πλάκες, συνήθως περιμετρικά και σημειακά στο κέντρο της πλάκας ώστε να μπορεί να απορροφήσει ανωμαλίες του υποστρώματος (κατανάλωση ~3-4 kg/m²). Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στους χρόνους εργασιμότητας των μιγμάτων, ώστε να διασφαλίζεται η άριστη πρόσφυση των πλακών.

Τυχόν κενά και αρμοί πρέπει να γεμίζονται είτε με κομμάτια του μονωτικού είτε με ειδικό αφρό πολυουρεθάνης που πρέπει να είναι μη αναφλέξιμος (Euroclass E – “αυτοσβενήμενο”).

Μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των πλακών διογκωμένης πολυστερίνης, ακολουθεί εξομάλυνση της επιφάνειας με ειδικά “τριβεία”, ώστε τελικά να παραδοθεί απόλυτα ομαλή και επίπεδη.

Επισημαίνεται ότι έχει ιδιαίτερη σημασία η ποιότητα του μονωτικού υλικού, εξαιτίας των επιθυμητών ιδιοτήτων του (σκληρή, διογκωμένη πολυστερίνη, χαμηλής πυκνότητας), για τη σταθερότητα των διαστάσεων των πλακών (ύψος, πλάτος, πάχος, επιπεδότητα) και για την αξιοπιστία του συντελεστή θερμομόνωσης λ (βάση πιστοποιητικού CE).

3. Μηχανική στερέωση μονωτικών πλακών

Στα συστήματα με διογκωμένη πολυστερίνη, εξαιτίας του ιδιαίτερα χαμηλού βάρους του συστήματος (από 6-10 kg/m²), η συγκολλητική ικανότητα της κόλλας είναι επαρκής. Εάν απαιτείται, από την κατάσταση του υποστρώματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά μέσο όρο 4-6 βύσματα/m² επιφάνειας ανάλογα με το υπόστρωμα και το ύψος του κτιρίου.

4. Ενδιάμεση στρώση και τοποθέτηση πλέγματος ενίσχυσης

- Ο ενδιάμεσος ενισχυτικός σοβάς μπορεί να εφαρμοστεί είτε με μηχανές ψεκασμού, είτε με ειδικές σπάτουλες.
- Η χρήση των έτοιμων οργανικών επιχρισμάτων διευκολύνει γενικά το στάδιο αυτό εξαιτίας της εργασιμότητας και της σταθερής ποιότητας του υλικού (δεν παρασκευάζεται μίγμα). Τα υλικά δε στεγνώνουν μέσα στις μηχανές ψεκασμού, με αποτέλεσμα να βοηθούν στην ταχύτερη εργασία χωρίς ανάγκη καθαρισμού της μηχανής καθημερινά.
- Η κατανάλωση του σοβά οπλισμού κυμαίνεται από 2,5 έως και 3,5 kg/m² (πάχος στρώσης 2-3 mm) ανάλογα με την επιπεδότητα του υποστρώματος και τις ιδιότητες του υλικού (στην περίπτωση του πετροβάμβακα αναμένονται γενικά μεγαλύτερες καταναλώσεις σε σχέση με τη διογκωμένη πολυστερίνη εξαιτίας της αδυναμίας επεξεργασίας των πλακών μετά την τοποθέτηση για εξασφάλιση επιπεδότητας (~4,5 kg/m²).
- Αμέσως μετά την εφαρμογή του σοβά οπλισμού, το υαλόπλεγμα εμβαπτίζεται στον υγρό ακόμα σοβά, έτσι ώστε να καλυφθεί πλήρως. Οι στρώσεις του υαλοπλέγματος πρέπει να επικαλύπτονται πάντα κατά περίπου 10cm στις πλευρές και στις άκρες ώστε να διασφαλίζεται η κατανομή των τάσεων των θερμομονωτικών πλακών και η συνέχεια της θωράκισης του συστήματος.

5. Τελική στρώση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η τελική στρώση μπορεί να είναι οργανικής ή ανόργανης βάσης. Θα εξετάσουμε τις δύο περιπτώσεις ξεχωριστά.

α) Οργανικά επιχρίσματα.

Είναι έτοιμες πάστες σε δοχεία και μπορούν να τοποθετηθούν με μηχανή ψεκασμού ή με σπάτουλες.

- Είναι έτοιμα στην επιθυμητή απόχρωση και επί οργανικού υποστρώματος δεν απαιτείται συνήθως ενδιάμεση στρώση. Προσφέρουν την μέγιστη αντίσταση στις συνθήκες του περιβάλλοντος καθώς και ιδιαίτερα αυξημένη ελαστικότητα σε σχέση με τα αντίστοιχα ανόργανα επιχρίσματα. Εξαιτίας της σύνθεσης τους δε δίνουν μεγάλο πάχος στρώσης, ενώ αναλογική με το

μέγεθος κόκκου των αδρανών που περιέχουν είναι η ικανότητα να "γεμίζουν" ανωμαλίες του υποστρώματος.

- Συνήθως η κοκκομετρία κυμαίνεται από 1 έως 3 mm και αντίστοιχη είναι η κατανάλωση (περίπου 2 - 4,5 kg/m²), καθώς και το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα (πιο ομαλό – λείο ή πιο άγριο – χοντρόκοκκο).
- Τα οργανικά επιχρίσματα διακρίνονται ανάλογα με τη σύστασή τους σε ακρυλικής βάσης επιχρίσματα, σε σιλικονούχα επιχρίσματα και σε υδρούλου.
- Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στον σιλικονούχο αυτοκαθαριζόμενο σοβά που συνδυάζει την τεχνολογία των σιλικονούχων επιχρισμάτων με την μοναδική τεχνολογία Lotusan (Lotus Effect®) για πραγματικά καθαρές προσόψεις για πολλά χρόνια.
- Επίσης σοβαρό ρόλο στην αντοχή και την αισθητική των τελικών επιχρισμάτων οργανικής βάσης, παίζει η αντοχή σε άλγη και μύκητες. Οι υψηλής ποιότητας οργανικοί σοβάδες πρέπει να εμπεριέχουν αντιμυκητικά πρόσθετα για αξεπέραστη αντοχή ακόμα και σε συνθήκες πολύ υψηλής υγρασίας.

β) Ανόργανα επιχρίσματα

Είναι ανόργανοι σοβάδες σε μορφή σκόνης. Μπορούν επίσης να εφαρμοστούν με μηχανικά μέσα, ενώ μπορούν να είναι και χρωματισμένα στην επιθυμητή απόχρωση.

- Πρόκειται στην ουσία για ασβεστο-τσιμεντοειδή επιχρίσματα σε μορφή σκόνης (κονίαμα), τα οποία παραλαμβάνονται σε σακί και απαιτείται η κατάλληλη προετοιμασία του μίγματος. Ως εκ τούτου κατά την εφαρμογή πρέπει να προφυλάσσονται από απότομο στέγνωμα της εξωτερικής τους επιφάνειας, και για το λόγο αυτό σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών συνίσταται η επιφάνεια τους να διαβρέχεται μετά την εφαρμογή.
- Παρέχονται σε κοκκομετρίες 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 mm και ελεύθερης διαμόρφωσης ~ 0,7 ή σε λεία υφή.

- Η ομοιομορφία των αποχρώσεων υστερεί σημαντικά σε σχέση με τα οργανικά επιχρίσματα καθώς επίσης και η αντοχή της απόχρωσης στον χρόνο. Συνίσταται πάντοτε και βαφή των επιφανειών για καλύτερη αδιαβροχοποίηση τους καθώς και για την ομοιομορφία του τελικού αισθητικού αποτελέσματος.
- Η κοκκομετρία των αδρανών στα ανόργανα κονιάματα είναι αντίστοιχη αυτής των οργανικών, με γενικά δυνατότητα χρήσης σε μεγαλύτερο πάχος στρώσης καθώς και δυνατότητα χρήσης κονιαμάτων με ιδιαίτερα χαμηλή κοκκομετρία.

Επισημαίνεται ότι το μέγεθος κόκκου των αδρανών που περιέχονται στα τελικά επιχρίσματα είναι σημαντική παράμετρος για την επίτευξη ενός "τέλειου" αποτελέσματος.

Γενικά είναι σαφώς δυσκολότερη η επίτευξη μιας απόλυτα ομαλής τελικής επιφάνειας με λεπτόκοκκα επιχρίσματα (αυξημένη πιθανότητα ύπαρξης ανωμαλιών και "σκιών"). Για τον λόγο αυτό και προτείνονται συνήθως τελικά επιχρίσματα με αδρανή μεγαλύτερα του 1 mm ή ακόμα καλύτερα του 1,5 mm.

Κρίσιμα σημεία

- **ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ:** Πάντα "χτίζονται" σταυρωτά και πάντα από κάτω προς τα επάνω.
- **ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ:** Οι ενώσεις πρέπει πάντα να έχουν επικάλυψη περίπου 10 cm. Αυτό ισχύει για οποιουδήποτε είδους πλέγμα ή ειδικό τεμάχιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή του συστήματος
- **ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ:** Τα έτοιμα ή βιομηχανικά παραγόμενα επιχρίσματα προσφέρουν την μέγιστη ασφάλεια, καθώς είναι σχεδιασμένα με βάση τις ανάγκες των συστημάτων.
- **ΣΥΣΤΟΛΟΔΙΑΣΤΟΛΕΣ:** Η εξωτερικά μονωμένη όψη δέχεται σαφώς μεγαλύτερες θερμικές καταπονήσεις, λόγω μειωμένης θερμοδιαπερατότητας, ενώ ταυτόχρονα το μονωτικό υλικό στις ενώσεις των πλακών εμφανίζει τάσεις παραμόρφωσης με τις μεταβολές τις

θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό αυξάνει σημαντικά τις απαιτήσεις μηχανικών αντοχών στα τελικά επιχρίσματα, και πρέπει να αποτελεί κριτήριο για την επιλογή των κατάλληλων υλικών.

- **ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΡΕΩΣΗ:** Στην περίπτωση χρήσης των ειδικών βυσμάτων για στερέωση των μονωτικών πλακών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το πάχος του συστήματος, το υπόστρωμα και το είδος του βύσματος που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα αστοχίας στην αγκύρωση των βυσμάτων.
- **ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ:** Ιδιαίτερα στα καινούρια κτίρια οι πιθανές ανωμαλίες και ατέλειες του υποστρώματος είναι αρκετές, ενώ επίσης οι διαστάσεις και οι “αλφαδιές” των στοιχείων του κτιρίου δεν είναι πάντοτε αυτές που θα έπρεπε. Για το λόγο αυτό είναι χρήσιμος ο έλεγχος των επιφανειών πριν την εκκίνηση των εργασιών και η συνεργασία των συνεργείων κατασκευής.
- **ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ:** Μιας και είναι το βασικό υλικό επένδυσης του κτιρίου, χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Ποιότητα, πυκνότητα, υδρατμοδιαπερατότητα, μηχανικές ιδιότητες και αντίδραση στη φωτιά είναι μερικά μόνο από τα στοιχεία που πρέπει να ελεγχθούν πριν την επιλογή του υλικού. Η πιστοποίηση του προμηθευτή-παραγωγού πρέπει να συμβαδίζει με τους διεθνείς κανονισμούς για συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, και να αναφέρει το πιστοποιητικό CE πως το υλικό είναι κατάλληλο για χρήση σε ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems).
- **ΔΙΑΠΝΟΗ:** Όσο και αν μπορεί να φαίνεται δύσκολη η διάχυση των υδρατμών μέσα από μια σειρά επάλληλων στρώσεων τεσσάρων τουλάχιστον υλικών, ο σχεδιασμός των υλικών και των συστημάτων πρέπει να είναι τέτοιος που να την κάνει εφικτή. Για τον λόγο αυτό και η χρήση διογκωμένης πολυστερίνης χαμηλού ειδικού βάρους και χαμηλής αντίστασης στην διάχυση των υδρατμών περιγράφεται σε όλα τα τεχνικά εγχειρίδια των συστημάτων εξωτερική θερμομόνωσης.

- **ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ:** Η στερέωση οποιουδήποτε σχεδόν ειδικού τεμαχίου, αντικειμένου ή πρόσθετου στοιχείου του κτιρίου επάνω σε ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης μπορεί να γίνει, αρκεί να ληφθούν μέτρα για την στεγάνωση στα σημεία επαφής.
- **ΚΟΡΝΙΖΕΣ – ΣΚΟΤΙΕΣ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ:** Ειδικά όταν πρέπει να κατασκευαστεί ένα σύνθετο αρχιτεκτονικό σχέδιο στην όψη, η χρήση διογκωμένης πολυστερίνης εμφανίζει σαφή πλεονεκτήματα. Κορνίζες, σκοτίες κλπ. μπορούν να δημιουργηθούν με ευκολία επάνω στην θερμομόνωση, πριν την εφαρμογή της ενδιάμεσης στρώσης επιχρίσματος και του πλέγματος, και να ενταχθούν αρμονικά στην όψη χωρίς αδύνατα σημεία σε ενώσεις υλικών και τεμαχίων (Πάντοτε βέβαια μέσα στα πλαίσια του εφικτού, μιας και πολυσύνθετα σχέδια είναι δύσκολο να ενισχυθούν με υαλόπλεγμα). Αυτό προϋποθέτει τον κατάλληλο σχεδιασμό των στοιχείων πριν από την μηχανική στερέωση και τον οπλισμό του συστήματος, ώστε να υπάρχει μια ομαλή ροή των εργασιών.
- **ΖΩΝΗ ΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ - ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ:** Η βροχή μπορεί να δείχνει σχετικά «ακίνδυνη» για ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης. Οι υψηλές ανεμοπιέσεις όμως (ανεμοβρόχι) μπορεί να οδηγήσουν το νερό μέσα στα συστήματα από ελλιπώς σχεδιασμένες ή ανύπαρκτες λεπτομέρειες στεγάνωσης, σε σημεία που το σύστημα ξεκινάει ή σταματάει σε κάποιο άλλο δομικό στοιχείο.



Εικόνα 31: Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης

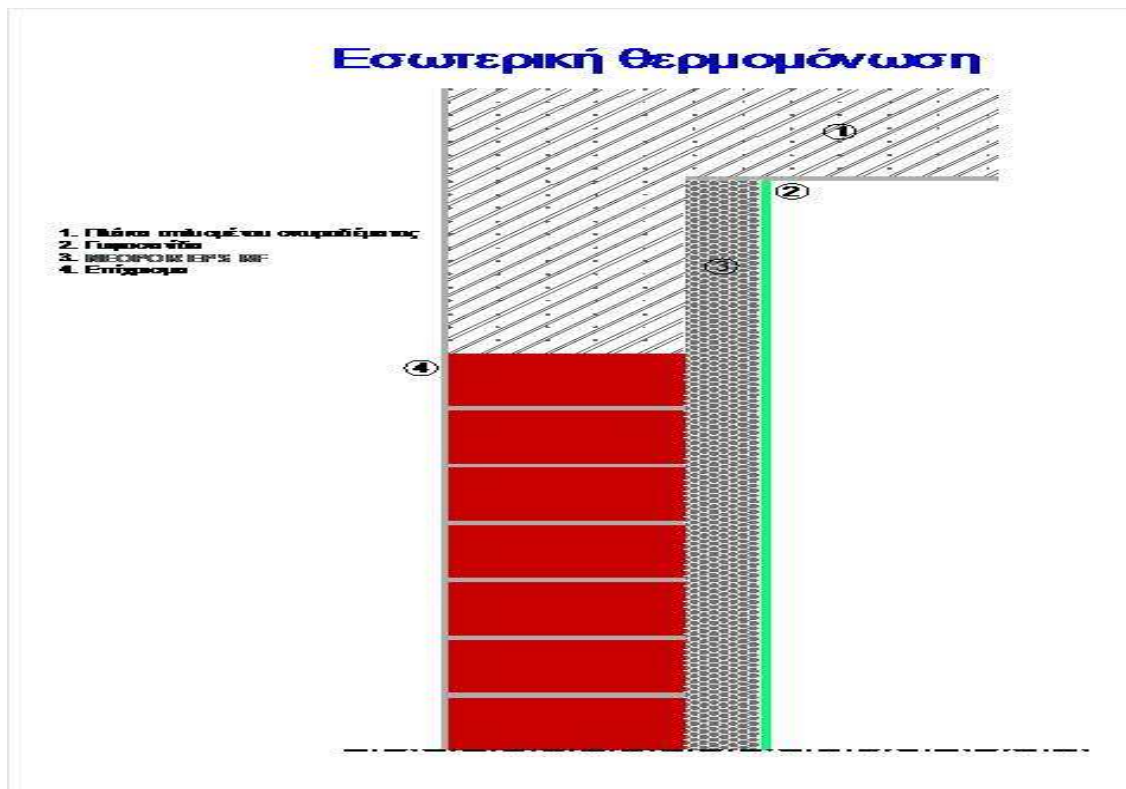
II) Κατασκευές εσωτερικής θερμομόνωσης

Προτιμάται σε κτίρια διακοπτόμενης χρήσης, στα οποία ζητείται η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης και δεν ενδιαφέρει η θερμοκρασιακή διακύμανση μετά τη διακοπή της λειτουργίας του (δημόσιες υπηρεσίες, σχολεία, αίθουσες εκδηλώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι κ.λπ.). 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.

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης το θερμομονωτικό υλικό πρέπει να στερεωθεί καλά επάνω στην τοιχοποιία. Η καλύτερη λύση εσωτερικής θερμομόνωσης από τεχνικοοικονομικής πλευράς είναι η χρήση του σύνθετου πανέλου γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου **NEOPOR** και άνθυγρης γυψοσανίδας, το γνωστό **BETOBORD**, διότι επιτυγχάνει ιδιαίτερα χαμηλές τιμές του k (πλέον U value) με μικρό πάχος εξαιτίας του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ του NEOPOR οπότε δε χάνονται πολύτιμα τετραγωνικά μέτρα στο εσωτερικό και εξαιτίας της

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

γυψοσανίδας δεν χρειάζεται σοβάτισμα παρά μόνο στοκάρισμα και βάνιμο οπότε λερώνει λιγότερο. Το κατάλληλο πάχος προκύπτει σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.



Εικόνα 32: Διαγραμματική απεικόνιση εφαρμογής εσωτερικής θερμομόνωσης



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ





Εικόνα 33: Απεικόνιση σταδίων διαδικασίας εφαρμογής εσωτερικής θερμομόνωσης

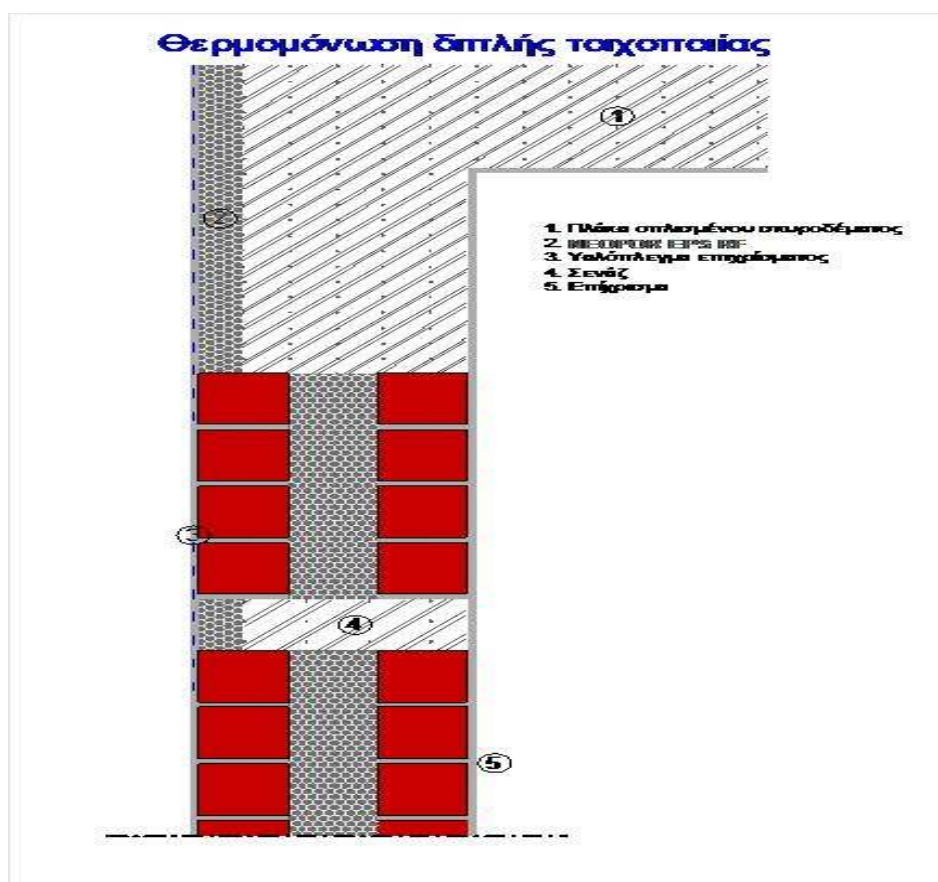
III) Κατασκευές θερμομόνωσης στον πυρήνα διπλής τοιχοποιίας

Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα κτίρια κατά τη διάρκεια κατασκευής και στα υπάρχοντα στην περίπτωση αντικατάστασης συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ή επάλληλα οπότε γίνεται πλήρωση του κενού με θερμομονωτικές πλάκες. Στους τυφλούς τοίχους με διάκενο υπάρχοντων κτιρίων αν η εξωτερική θερμομόνωση δεν είναι εφικτή μπορούν να ανοιχτούν προσωρινές τρύπες και να γεμίσει με συγκεκριμένη μεθοδολογία το διάκενο με κόκκους **NEOPOR**. Στην διπλή τοιχοποιία κατά την κατασκευή πρέπει τα δύο κελύφη της τοιχοποιίας να συνδέονται μεταξύ τους με περιδέσμους ενίσχυσης (σενάζ) ανά ένα μέτρο ύψους τουλάχιστον. Και αυτοί οφείλουν ομοίως να είναι θερμομονωμένοι για την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφυρών, όπως βέβαια και οι κολώνες και τα δοκάρια καθώς είναι όλα από σκυρόδεμα το οποίο 4 φορές μεγαλύτερες απώλειες από το τούβλο.

Προτείνεται το διάκενο ανάμεσα στις 2 τοιχοποιίες να γεμίζει με το θερμομονωτικό υλικό διότι κατασκευαστικά στα στοιχεία από σκυρόδεμα (κολώνες, δοκάρια, σενάζ) δεν μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν πάνω από 5cm θερμομονωτικού τα οποία με τον νέο κανονισμό θερμομόνωσης τον **KENAK** (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) δεν επαρκούν οπότε πρέπει να ισοσταθμιστεί το χειρότερο (μεγαλύτερο) κ των στοιχείων από σκυρόδεμα με σημαντικά καλύτερο (μικρότερο) στη διπλή τοιχοποιία με τούβλα. Αν παρόλα αυτά παραμείνει διάκενο αέρα αυτό θα πρέπει να είναι από την πλευρά το εξωτερικού τούβλου και τα θερμομονωτικό να εφάπτεται στο εσωτερικό τούβλο. Ακόμη και αν θερμομονωθούν όλα τα στοιχεία από σκυρόδεμα

αλλά και η τοιχοποιία οι θερμογέφυρες δεν εξαλείφονται όπως στην εξωτερική θερμομόνωση, απλά γίνονται γραμμικές από επιφανειακές.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί γραφιτούχο Διογκωμένο Πολυστυρένιο **NEOPOR** ειδικά στην περίπτωση που τοποθετηθούν συρόμενα κουφώματα (προτιμείστε τα ανοιγόμενα ή τα επάλληλα) οπότε το διαθέσιμο πάχος για θερμομόνωση είναι μικρότερο στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ. Κατά την τοποθέτησή τους θα πρέπει να στερεώνονται καλά επάνω στην τοιχοποιία και να εφάπτονται στα δύο κελύφη της.



Εικόνα 34: Διαγραμματική απεικόνιση εφαρμογής θερμομόνωσης σε πυρήνα διπλής τοιχοποιίας

IV) Κατασκευές θερμομόνωσης στοιχείων από σκυρόδεμα

Η θερμομόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα όπως κολώνες, δοκάρια και σενάζ εφαρμόζεται και με τις 3 μεθόδους θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, εσωτερική, εξωτερική και στο διάκενο, είναι όμως σημαντικό να αναφερθούμε μόνο στην περίπτωση που συνδυάζεται με αυτή της θερμομόνωσης της διπλής τοιχοποιίας με

διάκενο. Οι κολώνες, τα δοκάρια και τα σενάζ οφείλουν να είναι θερμομονωμένα για την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφυρών, επειδή είναι όλα από οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο έχει 4 φορές μεγαλύτερες θερμικές απώλειες από το τούβλο. Στις ημέρες μας δε που η πυκνότητα του οπλισμού αυξάνεται συνεχώς και οι επιφάνειες σκυροδέματος ως ποσοστό του συνόλου της επιφάνειας της τοιχοποιίας επίσης αυξάνονται είναι ακόμη σημαντικότερο. Επειδή ο χάλυβας οπλισμού ως σίδηρο έχει 25 φορές περισσότερες απώλειες από το σκυρόδεμα και κατά συνέπεια 100 φορές περισσότερες από το τούβλο πρέπει το πάχος της θερμομόνωσης στα στοιχεία από σκυρόδεμα να είναι μεγαλύτερο από αυτό του διακένου ανάμεσα στα τούβλα.

Κατασκευαστικά σύμφωνα με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται η θερμομόνωση στα στοιχεία από σκυρόδεμα μπαίνει στον ξυλότυπο της κατασκευής πριν πέσει το σκυρόδεμα και στην πράξη λόγω δυσκολιών σπάνια μπαίνει πάχος μεγαλύτερο από 5cm με το σύνηθες να είναι τα 3cm παρόλο που δεν καλύπτει τον ΚΕΝΑΚ που ισχύει από 1/10/10, αλλά ούτε και τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979. Ακόμη και αν η θερμομόνωση στα στοιχεία από σκυρόδεμα τοποθετηθεί μετά τη σκυροδέτηση και πριν τα επιχρίσματα με κόλλα και βύσματα για μηχανική στερέωση το πρόβλημα παραμένει. Το πρόβλημα είναι ότι για να είναι από την εξωτερική πλευρά τα τούβλα στην ίδια επιφάνεια με τη θερμομόνωση των στοιχείων από σκυρόδεμα, αν το πάχος της θερμομόνωσης είναι μεγαλύτερο από 5cm, το τούβλο της εξωτερικής τοιχοποιίας αναγκαστικά εδράζεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό πάνω στο μονωτικό το οποίο δημιουργεί προβλήματα στατικότητας της εξωτερικής στρώσης της διπλής τοιχοποιίας. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται βέβαια με την κατασκευή μονής τοιχοποιίας με τουβλίνα 18 και πάνω cm εφόσον δεν τοποθετηθούν συρόμενα κουφώματα.

Παράλληλα, η τοποθέτηση του μονωτικού στον ξυλότυπο δυσκολεύει τη δόνηση, αλλά και δεν επιτρέπει τον έλεγχο μετά τη σκυροδέτηση για «φωλιές» από την εξωτερική πλευρά, σημεία δηλαδή στα οποία ο οπλισμός δεν καλύφθηκε από το τσιμέντο και τα αδρανή. Οι φωλιές είναι αστοχίες στη σκυροδέτηση οι οποίες πρέπει να επιδιορθώνονται για να μην διαβρωθεί ο οπλισμός και διακινδυνεύσει η στατική επάρκεια του κτιρίου. Στη θερμομόνωση των στοιχείων από σκυρόδεμα προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου.

7.5.2 Δάπεδα

Η θερμομόνωση δαπέδου μπορεί επίσης να πάρει πολλές μορφές ανάλογα με τη δομή και τη χρήση του κτιρίου. Είναι πολύ σημαντική όταν το δάπεδο συνορεύει από κάτω με τον εξωτερικό αέρα ή με μη θερμαινόμενο χώρο. Όταν συνορεύει με θερμαινόμενο χώρο σημαντική γίνεται και η ηχομόνωση του ώστε να μην ενοχλούνται οι κάτοικοι του κάτω χώρου αλλά και η θερμομόνωση είναι σημαντική για λόγους οικονομίας αν πρόκειται για την ίδια κατοικία, αλλά και δικαιοσύνης στην κατανομή των κοινοχρήστων δαπανών της ενέργειας θέρμανσης και δροσισμού αν πρόκειται για διαφορετικά διαμερίσματα. Ανάλογα με την επένδυση του δαπέδου, αλλά και τον τύπο θέρμανσης και δροσισμού αλλάζουν και οι επιλογές θερμοηχομονωτικών υλικών.

Η θερμομόνωση ενός δαπέδου διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο και έχει τους παρακάτω τύπους:

- Δάπεδο pilotis
- Δάπεδο επάνω από το έδαφος
- Δάπεδο επάνω από υπόγειο χώρο
- Δάπεδο ενδιάμεσης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος διαφόρων τύπων

I) Κατασκευή θερμομόνωσης σε δάπεδο Pilotis

Η θερμομονωτική στρώση προτείνεται να τοποθετηθεί κάτω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος στην pilotis, είτε πρόκειται για νέα είτε για υφιστάμενη κατασκευή. Σε νέα κατασκευή η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται εξαρχής στον ξυλότυπο και με την έγχυση και τη σκλήρυνση του σκυροδέματος γίνεται ένα σώμα με αυτό. Στην υφιστάμενη κατασκευή η θερμομόνωση κάτω από τη φέρουσα πλάκα αποτελεί και την πιο εύκολη λύση αφού επιτρέπει την εκτέλεση οικοδομικών εργασιών χωρίς τη διακοπή χρήσης της κατοικίας. Σε αυτή την περίπτωση τα θερμομονωτικά υλικά επικολλούνται στην πλάκα με ειδικά συνδετικά κονιάματα και εκ των υστέρων εφαρμόζεται και μηχανική στερέωση με βύσματα. Η τοποθέτηση της

θερμομονωτικής στρώσης κάτω από την πλάκα επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υπερκείμενων συμπαγών στρώσεων (φέρουσας πλάκας, γεμίματος δαπέδου και επενδύσεων του πατώματος).

Η θερμομόνωση της pilotis είναι όσο σημαντική όσο και αυτή του δώματος ή της στέγης και τα πάχη που απαιτούνται από τον **KENAK** είναι τα ίδια. Η ελλιπής θερμομόνωση της pilotis εξαιτίας της χαμηλής εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την χειμερινή περίοδο 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. Αυτό αποφεύγεται με τη χρήση ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Τα δοκάρια του υπόστυλου χώρου, αν δεν θερμομονωθούν περιμετρικά, θα αποτελέσουν θερμογέφυρες με όλες τις γνωστές συνέπειες. Για αυτό το λόγο προτείνεται η τοποθέτηση εξαρχής στον ξυλότυπο του θερμομονωτικού υλικού όχι μόνο στις επιφάνειες των πλακών, αλλά και σε όλες τις επιφάνειες των δοκαριών ακόμη και των υποστυλωμάτων του ισογείου.

Στη θερμομόνωση της pilotis προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστερενίου στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει χρήση του σύνθετου πανέλου γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστερενίου αι άνθυγρης γυψοσανίδας.

II) Κατασκευή θερμομόνωσης σε ενδιάμεσες πλάκες

Στις ενδιάμεσες πλάκες κάθε κατασκευής είτε πολυκατοικίας είτε μονοκατοικίας υπάρχουν εκατέρωθεν θερμαινόμενοι χώροι οπότε οι απαιτήσεις θερμομόνωσης είναι μικρότερες και η θερμομόνωση χρησιμοποιείται για να καλύψει απώλειες από ετεροχρονισμένη θέρμανση ή δροσισμό του κάθε χώρου αν πρόκειται για μονοκατοικία ή του κάθε διαμερίσματος αν πρόκειται για μονοκατοικία. Αυτό που όμως έχει μεγαλύτερη σημασία σε αυτούς τους χώρους είναι η ηχομόνωση που απαιτείται για τον περιορισμό της «ρύπανσης» από τον βηματισμό, την μετακίνηση αντικειμένων και τη χρήση γενικότερα του κάθε χώρου.

Υπάρχουν 3 περιπτώσεις δαπέδων:

- **Δάπεδο με ξύλινο καρφωτό παρκέτο**

Για τη θερμοηχομόνωση σε καρφωτά ξύλινα πατώματα είναι σημαντικό να γεμίσουν τα κενά ανάμεσα στα καδρόνια για την εξάλειψη του θορύβου που προέρχεται από τον τυμπανισμό που δημιουργεί το πάτωμα με τον βηματισμό ή την πτώση αντικειμένων) και να τοποθετηθούν ελαστικά παρεμβύσματα που να απομονώνουν το παρκέτο από τα καδρόνια ή τα καδρόνια από την πλάκα, δηλαδή να γίνει το δάπεδο πλωτό.

Προτείνεται η χρήση του γεμίσματος από ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης (EPS) να για να έχουμε ικανοποιητική απόδοση στην θερμοηχομόνωση χωρίς προβλήματα από την παρουσία υγρασίας στην απόδοση του μονωτικού.

- **Δάπεδο με πλακίδια ή κολλητό παρκέτο**

Και σε αυτή την περίπτωση η καλύτερη λύση θερμοηχομόνωσης είναι η κατασκευή πλωτού δαπέδου. Κατ' αρχήν σωλήνες θέρμανσης, ύδρευσης, ηλεκτρολογικές κλπ. που υπάρχουν στην πλάκα πρέπει να καλυφθούν με μία στρώση κάλυψης και επιπέδωσης του πατώματος με ελαφροσκυροδέμα για να επιτρέψουν τη σωστή εφαρμογή της επόμενης στρώσης και να απαλείψουν τις γέφυρες θερμότητας και ήχου.

Προτείνεται η χρήση ελαφροσκυροδέματος παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των 300kg/m³ για την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση.

Προ της κατασκευής του πατώματος θα πρέπει να μουν ηχομονώσεις στα σοβατεπιά από ταινίες αφρώδους πολυαιθυλενίου που να επιτρέπουν την κίνηση του πλωτού πατώματος για 5 mm το ελάχιστο. Θα πρέπει επίσης να αποκόπτεται η επαφή του πατώματος με το σοβατεπί με μια σφραγιστική

μαστίχη. Ακολουθεί η τοποθέτηση του θερμοηχομονωτικού από ελαστικοποιημένο Διογκωμένο Πολυστυρένιο ειδικών προδιαγραφών το οποίο λειτουργεί σαν αποσβεστήρας των ταλαντώσεων του δαπέδου που προκαλούνται από τους κρουστικούς θορύβους. Πριν πέσει το πάτωμα από τσιμεντοκονία θα πρέπει να καλυφθεί η θερμοηχομονωτική στρώση με ένα λεπτό προστατευτικό στρώμα π.χ. φύλλο πολυαιθυλενίου 0.1mm. Η τσιμεντοκονία ή το ελαφρομετό που θα καλύψει την ηχομονωτική πλάκα θα πρέπει να είναι πάχους 4cm και οπλισμένη με πλέγμα. Πάνω σε αυτή εφαρμόζεται η κόλλα πλακιδίων εάν πρόκειται για κεραμικά ή μαρμάρια πλακίδια ή επικολλάται το παρκέτο.

- **Δάπεδο με ενδοδαπέδια θέρμανση**

Και σε αυτή την περίπτωση το δάπεδο γίνεται πλωτό όπως και στην περίπτωση πλακιδίων ή κολλητού παρκέτου, αλλά προστίθεται και ο στρωτήρας δαπεδοθέρμανσης με ειδικούς κόμβους και φράγμα υδρατμών πάνω στους οποίους στρώνονται οι σωληνώσεις της θέρμανσης πριν γίνει η έγχυση της οπλισμένης τσιμεντοκονίας η οποία στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να έχει αυξημένη θερμοπερατότητα, συνήθως με την προσθήκη μεταλλικών ινών, για αυτό και ονομάζεται θερμομετόν.

Για την εφαρμογή της ενδοδαπέδιας θέρμανσης προτείνονται για θερμομονωτικοί στρωτήρες των σωληνών οι ειδικές σκληρές πρεσσαριστές πλάκες αυτοσβενύμενου Διογκωμένου Πολυστυρενίου, υψηλής πυκνότητας, διαμορφωμένες με κόμβους από καλούπι.

Και στις 3 περιπτώσεις δαπέδων ενδιάμεσων πλακών αν εφαρμόζονται σε δάπεδα πάνω από μη θερμαινόμενους ή εξωτερικούς χώρους στους οποίους δεν έχει γίνει θερμομόνωση από την κάτω πλευρά της φέρουσας πλάκας, μπορεί να βελτιωθεί η θερμομόνωση του δαπέδου με την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού υψηλής πυκνότητας και αντοχής σε θλίψη κάτω από την θερμοηχομονωτική στρώση. Στην περίπτωση αυτή βέβαια δεν γίνεται εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της φέρουσας πλάκας παρά μόνο του

δαπέδου. Για την θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστερενίου στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

II) Κατασκευή θερμομόνωσης δαπέδου επάνω σε έδαφος

Σε περίπτωση ενός ισογείου, που πατά επάνω στο έδαφος, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την προστασία των υλικών έναντι της υγρασίας εδάφους με την κατάλληλη τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης. Επάνω στο έδαφος διαστρώνεται αμμοχάλικο και λιθορριπή πάχους περίπου 20cm, που διακόπτει τη συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος. Στην περίπτωση διάστρωσης λιθορριπής, ένα φύλλο πολυαιθυλενίου, θα αποτρέψει τη διείσδυση του σκυροδέματος στα διάκενα της λιθορριπής. Κατόπιν διαστρώνεται πλάκα σκυροδέματος καθαριότητας. Επάνω στην εξομαλυντική στρώση τοποθετείται υγρομόνωση αποτελούμενη από δύο ή περισσότερες στρώσεις ασφαλικών μεμβρανών. Μια στρώση γεωυφάσματος προστατεύει τη στεγανοποιητική στρώση από τις υπερκείμενές της.

Στη συνέχεια τοποθετείται η θερμομονωτική στρώση και επάνω σε αυτήν η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Επάνω στην πλάκα προστίθεται εξισωτική στρώση γεμίσματος που επικαλύπτει δίκτυα ύδρευσης αποχέτευσης κ.α. με ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των 800kg/m³ για την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση. Τέλος, εφαρμόζεται η τελική επικάλυψη (π.χ. πλακίδια με συγκόλληση πατητής τσιμεντοκονίας ή κόλλας).

Για την θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστερενίου στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

III) Κατασκευή θερμομόνωσης δαπέδου επάνω από υπόγειο

Η θερμομόνωση δαπέδου επάνω από υπόγειο μη θερμαινόμενο χώρο γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και στην pilotis. Τοποθετείται κάτω από την φέρουσα πλάκα

για την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του χώρου και σε νέα και σε υπάρχοντα κτίρια.

Προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει χρήση του σύνθετου πανέλου γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου και άνθυγρης γυψοσανίδας.

7.5.2 Δώματα

Τα δώματα είναι τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, που δέχονται εντονότερα από όλα τα άλλα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος που καταπονούν συνεχώς της επιφάνειά τους και είναι πρόξενοι των περισσοτέρων φθορών. Αποκολλήσεις υλικών, φουσκώματα στις στρώσεις, πρόωρη γήρανση των στεγανοποιητικών και θερμομονωτικών υλικών, θραύσεις και ρηγματώσεις, σχηματισμός εξανθημάτων και κηλίδων στην εσωτερική επιφάνεια είναι μερικές μόνο φθορές που υφίστανται τα δώματα και που κατά κανόνα οφείλονται στην ελλιπή, κακή ή πλημμελή προστασία τους.

Προϋπόθεση για την αποφυγή όλων αυτών των προβλημάτων και για τη σωστή λειτουργία τους αποτελεί η τήρηση ορισμένων κανόνων της τεχνικής και εφαρμογή των αρχών της φυσικής των κατασκευών και επιπροσθέτως η συνεχής συντήρηση και προστασία του έργου καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Η θερμομόνωση ενός δώματος μπορεί να επιτευχθεί με 4 εναλλακτικούς τρόπους:

- Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με το συμβατικό τρόπο
- Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με τον αντεστραμμένο τρόπο
- Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια με προσθήκη πρασίνου (φυτεμένο)
- Εσωτερικά σε όλη την επιφάνεια

Ι) Κατασκευή θερμομόνωσης σε συμβατικό δώμα

Είναι ο πλέον συνήθης τύπος στη χώρα μας. Πρόκειται για μονοκέλυφη κατασκευή, με κύριο χαρακτηριστικό την τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης σε

υπερκείμενη θέση της θερμομονωτικής, ώστε να την προστατεύει από τα νερά της βροχής παραμένει όμως εκτεθειμένη η ίδια στα καιρικά φαινόμενα και στον καυτό Ελληνικό ήλιο. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται συνήθως επάνω από την φέρουσα πλάκα ή επάνω από τη στρώση των κλίσεων. Στο δώμα είναι προτιμότερο η θερμομονωτική στρώση να τοποθετείται επάνω από τη φέρουσα πλάκα, και όχι κάτω από αυτή, καθώς έτσι επιτυγχάνεται η εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της. Η θερμική καταπόνηση της πλάκας είναι πλέον σαφώς περιορισμένη και επιτρέπει το καλοκαίρι τη διαμόρφωση πιο άνετου εσωκλίματος.

Στο συμβατικό δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν γραφιτούχο Διογκωμένο Πολυστερένιο στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**. Οι κλίσεις που απαιτούνται για την απορροή των υδάτων στις υδροροές προτείνεται να γίνουν με ελαφρομετόν παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των 300kg/m³ για την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση.

Ως τελική στρώση οι επιλογές υλικών εξαρτώνται από την χρήση που θα έχει το δώμα. Αυτό μπορεί να είναι μη βατό ή βατό και η βατότητα που απαιτείται εξαρτάται από τη συχνότητα της χρήσης.

II) Κατασκευή θερμομόνωσης σε ανεστραμμένο δώμα

Νεότερη μεθοδολογία κατασκευής, αλλά με αρκετές εφαρμογές. Η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται σε υπερκείμενη θέση της στεγανοποίησης και την προστατεύει από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις. Πάνω από την θερμομονωτική στρώση στρώνεται γεωφύλασμα το οποίο φιλτράρει το νερό της βροχής από χώματα, σκόνες και σκουπίδια διατηρώντας ανοιχτά τα περάσματα προς τις απολήξεις των υδροροών, αλλά και προστατεύοντας από την θερμομονωτική στρώση από τον ήλιο. Αν το δώμα δεν χρησιμοποιείται συχνά οπότε η βατότητα δεν απαιτείται μπορούν να χρησιμοποιηθούν κροκάλες (μή βατό). Αν όμως χρησιμοποιείται συχνά τότε η προσθήκη ταρατσοπλακών πάνω από τη θερμομονωτική στρώση κάνει το δώμα βατό και με τη χρήση σταυρού αποστάτη στον αρμό των πλακών επιτρέπει το αερισμό και δημιουργεί μια λεπτή στρώση αερισμού ανάμεσα στο θερμομονωτικό και την

ταρατσόπλακα. Ο αερισμός στο δώμα είναι απαραίτητος και ιδιαίτερα ευεργετικός στη χώρα μας εξαιτίας της έντονης και συχνής ηλιοφάνειας. Διευκολύνει την λειτουργία του θερμομονωτικού και αποτρέπει την υπερθέρμανση.

Οι κλίσεις που απαιτούνται για την απορροή των υδάτων στις υδρορροές κατασκευάζονται επάνω από την φέρουσα πλάκα και προτείνεται να γίνουν με ελαφρομετόν παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των 300kg/m^3 για τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση.

Στο αντεστραμμένο δώμα προτείνεται η χρήση του πρεσσαριστού Διογκωμένου Πολυστερενίου πολύ χαμηλής υδαταπορροφητικότητας στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

III) Κατασκευή θερμομόνωσης σε φυτεμένο δώμα

Για την θερμομόνωση ενός φυτεμένου δώματος ακολουθείται η μεθοδολογία του συμβατικού δώματος. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται επάνω από την φέρουσα πλάκα και η στεγανοποιητική στρώση σε υπερκείμενη θέση της θερμομονωτικής, ώστε να την προστατεύει από τα νερά της βροχής. Για την διαμόρφωση φυτεμένου δώματος απαιτείται επιπλέον της στεγανοποιητικής στρώσης αποστραγγιστική μεμβράνη (αυγουλιέρα), μία στρώση κροκάλας, γεώφασμα και η στρώση του χώματος φύτευσης.

Στο φυτεμένο δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν γραφιτούχο Διογκωμένο Πολυστερένιο στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**. Οι κλίσεις που απαιτούνται για την απορροή των υδάτων στις υδρορροές προτείνεται να γίνουν με ελαφρομετόν παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των 300kg/m^3 για την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση.

IV) Κατασκευή θερμομόνωσης σε υφιστάμενο δώμα

Για τη θερμομόνωση ενός υφιστάμενου δώματος εφαρμόζεται η μέθοδος της αντεστραμμένης θερμομόνωσης δώματος. Συνήθως σε παλαιά κτίρια το δώμα με κλίσεις ή χωρίς έχει μωσαϊκό σαν τελική στρώση. Αν οι κλίσεις ελεγχθούν και δεν είναι σωστές ή χρειάζεται βελτίωσή τους θα πρέπει να γίνουν εκ νέου με τη χρήση ελαφρομετόν παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των 300kg/m^3 για τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση. Στη συνέχεια εφαρμόζεται η στεγανοποιητική στρώση και άνωθεν αυτής η θερμομονωτική στρώση. Πάνω από τη θερμομονωτική στρώση στρώνεται γεώφασμα το οποίο φιλτράρει το νερό της βροχής από χώματα, σκόνες και σκουπίδια διατηρώντας ανοικτά τα περάσματα προς τις απολήξεις των υδρορροών, αλλά προστατεύοντας και τη θερμομονωτική στρώση από τον ήλιο. Αν το δώμα δεν χρησιμοποιείται συχνά οπότε η βατότητα δεν απαιτείται μπορούν να χρησιμοποιηθούν κροκάλες (μή βατό). Αν όμως χρησιμοποιείται συχνά απαιτείται η προσθήκη ταρατσοπλακών πάνω από τη θερμομονωτική στρώση ενδείκνυται πάντα με τη χρήση σταυρού αποστάτη στον αρμό των πλακών για τη δημιουργία στρώσης αερισμού. Ο αερισμός στο δώμα είναι απαραίτητος και ιδιαίτερα ευεργετικός στη χώρα μας εξαιτίας της έντονης και συχνής ηλιοφάνειας. Διευκολύνει την λειτουργία του θερμομονωτικού και αποτρέπει την υπερθέρμανση.

Στο υφιστάμενο δώμα προτείνεται η χρήση του πρεσσαριστής Διογκωμένης Πολυστερίνης πολύ χαμηλής υδαταπορροφητικότητας στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

7.5.4 Στέγη

Ανάλογα με τον τύπο της στέγης, θα πρέπει να επιλεγεί και ο τρόπος θερμομονωτικής προστασίας. Από αυτή την άποψη και με βάση τα ελληνικά δεδομένα θα μπορούσε κανείς να διακρίνει δύο βασικές κατηγορίες:

- **Τη στέγη που διαμορφώνει και την οροφή του εσωτερικού χώρου.** Μεταξύ εσωτερικού λειτουργικού χώρου και στέγης δεν μεσολαβεί άλλο επίπεδο και η στέγη είναι ορατή από τον εσωτερικό χώρο. Στις δύο εναλλαγές του ο

εσωτερικός χώρος μπορεί να είναι ο τελευταίος όροφος του κτιρίου ή μια σοφίτα επάνω από αυτόν. Η θερμική προστασία αναπτύσσεται τότε στο κεκλιμένο επίπεδο της στέγης.

- **Τη στέγη που δεν λειτουργεί ως οροφή εσωτερικού χώρου.** Πρόκειται συνήθως για χαμηλές στέγες που πατούν επάνω σε οριζόντια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και παρέχουν προστασία στην κατασκευή έναντι των καιρικών συνθηκών, η θερμική προστασία όμως αναπτύσσεται στο επίπεδο της οριζόντιας πλάκας σκυροδέματος. Μπορεί επίσης να μην υπάρχει πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και στη θέση της να αναπτύσσεται μια ψευδοροφή.

Και στις δύο περιπτώσεις η στέγη μπορεί να είναι ξύλινη ή να αποτελείται από υπό κλίση πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Ωστόσο, όταν κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυροδέμα, ο χώρος της στέγης είναι κατά κανόνα ενιαίος με του ορόφου και δεν διακόπτεται από άλλη οριζόντια πλάκα.

I) Κατασκευή θερμομόνωσης σε ξύλινη στέγη

Στην περίπτωση υπάρχουσας ξύλινης στέγης εμφανούς εσωτερικά μπορεί να δοθεί λύση με την ανάρτηση μη αεριζόμενης ψευδοροφής, επί της οποίας θα πατήσουν οι θερμομονωτικές πλάκες. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μειωθεί σημαντικά ο όγκος του χώρου που θερμαίνεται και να αποφευχθεί η μετακίνηση του θερμού αέρα λόγω της λειτουργίας της θέρμανσης το χειμώνα στο υψηλότερο σημείο του χώρου κάτω από τον κορφιά της στέγης. Στην λύση της ψευδοροφής απαιτείται καλή στερέωση των αγκίστρων ανάρτησής της. Για την κατασκευή της χρησιμοποιείται μεταλλικός σκελετός, επί του οποίου στηρίζονται προκατασκευασμένες πλάκες από οργανικά ή ανόργανα υλικά (γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών, βέργες από πλαστικό, μέταλλο κ.λπ.).

Ως θερμομονωτική στρώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί γραφιτούχο Διογκωμένο Πολυστερενίο στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

Θερμομόνωση οροφής σκυροδέματος κάτω από μη θερμομονωμένη ξύλινη στέγη

Στην περίπτωση αυτή θερμομονώνεται η οριζόντια πλάκα σκυροδέματος, που βρίσκεται κάτω από τη στέγη. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μειωθεί σημαντικά ο όγκος του χώρου που θερμαίνεται. Είναι απλούστατη κατασκευή και αν γίνει προσεκτικά δεν απαιτείται εξειδικευμένο συνεργείο. Η θερμομονωτική στρώση απλώς τοποθετείται επάνω στην πλάκα του σκυροδέματος, που προηγουμένως έχει εξομαλυνθεί και καθαριστεί. Ως βαρίδια τοποθετούνται επάνω στη θερμομονωτική στρώση και σε σταθερές αποστάσεις κάποια τούβλα ή άλλα βαριά υλικά. Η θερμομονωτική στρώση πρέπει να παραμείνει ελεύθερη και να μην επικαλυφθεί με φύλλα πολυαιθυλενίου (νάιλον) ή άλλα αδιαπέραστα από τους υδρατμούς υλικά, διότι μπορεί να προκληθεί συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών από τον εσωτερικό χώρο.

Στη θερμομόνωση της οροφής σκυροδέματος προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστερενίου στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

Εξωτερική θερμομόνωση ξύλινης στέγης

Η εξωτερική θερμομόνωση στέγης χωρίζεται σε συμβατικού και αντεστραμμένου τύπου ανάλογα με τη θέση της θερμομονωτικής σε σχέση με τη στεγανωτική στρώση όπως και στη θερμομόνωση δώματος:

A) Συμβατικού τύπου εξωτερική θερμομόνωση στέγης

Στην ξύλινη στέγη τα ζευκτά καλύπτονται με ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα), που καρφώνεται επάνω στους αμείβοντες. Επάνω στο πέτσωμα συγκολλείται ή καρφώνεται μια μεμβράνη που θα χρησιμεύσει ως φράγμα υδρατμών. Με ξύλινα καδρόνια διαμορφώνεται ένας κάρναβος, στα ενδιάμεσα κενά του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Από επάνω τοποθετείται η στεγανοποιητική μεμβράνη, η οποία καρφώνεται με πλατυκέφαλα καρφιά επάνω στα ξύλινα καδρόνια. Στη θέση του κάθε καρφιού παρεμβάλλεται ροδέλα συνθετικού καουτσούκ ή άλλου ελαστικού υλικού, προκειμένου να παρεμποδίζεται η διείσδυση νερού από τις θέσεις των οπών που ανοίγονται στη μεμβράνη. Εναλλακτικά, μπορεί να διαμορφωθεί και δεύτερο ξύλινο υπόστρωμα επάνω από τη θερμομονωτική στρώση και σε αυτό να καρφωθεί ή να κολληθεί η στεγανοποιητική μεμβράνη.

Επάνω από τη μεμβράνη σε τακτά διαστήματα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών ανάμεσα στους οποίους τοποθετείται δεύτερη στρώση θερμομονωτικού υλικού για να μειωθούν οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται από τα ξύλινα καδρόνια της πρώτης στρώσης. Αν πριν από την τοποθέτηση των οριζόντιων πηχών παρεμβληθεί άλλη μια στρώση με ξύλινες τεγίδες, τότε η στέγη γίνεται **αεριζόμενη** με τη χρήση κατάλληλων οπών αερισμού για την είσοδο του αέρα από την άκρη των κεραμιδιών και την έξοδό του θερμού πλέον αέρα από τον κορφιά της στέγης. Σε αυτή την περίπτωση αν χρησιμοποιηθεί δεύτερη θερμομονωτική στρώση για να παραμείνει διάκενο αερισμού θα πρέπει το πάχος του θερμομονωτικού να είναι μικρότερο από το πάχος των τεγίδων.

Για την πρώτη θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου σε συνολικό πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

B) Αντεστραμμένου τύπου εξωτερική θερμομόνωση στέγης

Στην ξύλινη στέγη τα ζευκτά καλύπτονται με ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα), που καρφώνεται επάνω στους αμείβοντες. Επάνω στο πέτσωμα συγκολλείται ή καρφώνεται μια μεμβράνη. Στην περίπτωση όμως του αντεστραμμένου τύπου η μεμβράνη αυτή λειτουργεί ταυτόχρονα ως φράγμα υδρατμών και στεγανοποιητική στρώση. Με ξύλινα καδρόνια διαμορφώνεται ένας κάρναβος, στα ενδιάμεσα κενά του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Εναλλακτικά μπορεί να καλυφθεί με ξύλινο υπόστρωμα ή να μείνει ελεύθερη. Επάνω από τη θερμομονωτική στρώση σε τακτά διαστήματα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών ανάμεσα στους οποίους τοποθετείται δεύτερη στρώση θερμομονωτικού υλικού για να μειωθούν οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται από τα ξύλινα καδρόνια της πρώτης στρώσης. Αν πριν από την τοποθέτηση των οριζόντιων πηχών παρεμβληθεί άλλη μια στρώση με ξύλινες τεγίδες, τότε η στέγη γίνεται αεριζόμενη με τη χρήση κατάλληλων οπών αερισμού για την είσοδο του αέρα από την άκρη των κεραμιδιών και την έξοδό του θερμού πλέον αέρα από τον κορφιά της στέγης. Σε αυτή την περίπτωση αν χρησιμοποιηθεί δεύτερη θερμομονωτική στρώση για να παραμείνει διάκενο αερισμού θα πρέπει το πάχος του θερμομονωτικού να είναι μικρότερο από το πάχος των τεγίδων.

Για την πρώτη θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου σε συνολικό πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

Εναλλακτικά, αντί των παραπάνω θερμομονωτικών υλικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρεσσαριστή Διογκωμένη Πολυστερίνη διαμορφωμένη σε καλούπι το οποίο διαθέτει κανάλια αερισμού και κανάλια/οδηγούς για την τοποθέτηση των οριζόντιων πήξεων στο βήμα που ταιριάζει στο ρωμαϊκό και ολλανδικό (τσιμέντινο) κεραμίδι με βήμα 35,7cm και εξαλείφει τις θερμογέφυρες αποτρέποντας δεύτερη θερμομονωτική στρώση και στρώση αερισμού. Τοποθετείται στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**. Προσφέρει μεγάλη ευκολία και ταχύτητα στην κατασκευή συγκεντρώνοντας σε μια στρώση όλες τις υπόλοιπες.

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 στρώση κατάλληλα υπολογισμένης στρώσης 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 την διώχνουν 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 κορφιά και δίνοντας τη θέση του σε φρέσκο δροσερό αέρα δημιουργεί ένα ρεύμα αερισμού που βοηθά τη λειτουργία της στέγης και της θερμομονωτικής της στρώσης.

Εσωτερική θερμομόνωση στέγης

Αν πρόκειται για ξύλινη στέγη τότε στην εσωτερική πλευρά της πλάκας αναπτύσσεται ένας ξύλινος ή μεταλλικός κάρναβος από λεπτούς πήξεις, που στερεώνεται σε αυτήν με ισχυρά βύσματα ή προτοποθετημένα άγκιστρα. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού στερεώνονται στα ενδιάμεσα κενά του καννάβου με βύσματα ή επικολλώνται με κόλλα, που δεν προσβάλλει τα αφρώδη υλικά (π.χ.

τσιμεντόκολλα). Αναλόγως του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος η όλη κατασκευή επενδύεται με γυψοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολητές πλάκες ξύλου ή με άλλα πετάσματα, που στερεώνονται επάνω στους πήχεις του καννάβου. Για την θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **ΚΕΝΑΚ**.

Π) Κατασκευή θερμομόνωσης σε στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα

Εξωτερική θερμομόνωση στέγης

Η εξωτερική θερμομόνωση στέγης χωρίζεται σε συμβατικού και αντεστραμμένου τύπου ανάλογα με τη θέση της θερμομονωτικής σε σχέση με τη στεγανωτική στρώση όπως και στη θερμομόνωση δώματος:

Α) Συμβατικού τύπου εξωτερική θερμομόνωση στέγης

Στη στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα απαιτείται με επιπεδοτική στρώση εξομάλυνσης από ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένης Πολυστερίνης στην πυκνότητα των **300kg/m³** για τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση. Επάνω στο ελαφροσκυρόδεμα συγκολλάται ή καρφώνεται μια μεμβράνη που θα χρησιμεύσει ως φράγμα υδρατμών. Με ξύλινα καδρόνια διαμορφώνεται ένας κάνναβος, στα ενδιάμεσα κενά του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Από επάνω τοποθετείται η στεγανοποιητική μεμβράνη, η οποία καρφώνεται με πλατυκέφαλα καρφιά επάνω στα ξύλινα καδρόνια. Στη θέση του κάθε καρφιού παρεμβάλλεται ροδέλα συνθετικού καουτσούκ ή άλλου ελαστικού υλικού, προκειμένου να παρεμποδίζεται η διείσδυση νερού από τις θέσεις των οπών που ανοίγονται στη μεμβράνη. Εναλλακτικά, μπορεί να διαμορφωθεί και δεύτερο ξύλινο υπόστρωμα επάνω από τη θερμομονωτική στρώση και σε αυτό να καρφωθεί ή να κολληθεί η στεγανοποιητική μεμβράνη.

Επάνω από τη μεμβράνη σε τακτά διαστήματα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών ανάμεσα στους οποίους τοποθετείται δεύτερη στρώση

θερμομονωτικού υλικού για να μειωθούν οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται από τα ξύλινα καδρόνια της πρώτης στρώσης. Αν πριν από την τοποθέτηση των οριζόντιων πηχών παρεμβληθεί άλλη μια στρώση με ξύλινες τεγίδες, τότε η στέγη γίνεται **αεριζόμενη** με τη χρήση κατάλληλων οπών αερισμού για την είσοδο του αέρα από την άκρη των κεραμιδιών και την έξοδό του θερμού πλέον αέρα από τον κορφιά της στέγης. Σε αυτή την περίπτωση αν χρησιμοποιηθεί δεύτερη θερμομονωτική στρώση για να παραμείνει διάκενο αερισμού θα πρέπει το πάχος του θερμομονωτικού να είναι μικρότερο από το πάχος των τεγίδων.

Για την πρώτη θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστευρενίου σε συνολικό πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

B) Αντεστραμμένου τύπου εξωτερική θερμομόνωση στέγης

Στη στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα απαιτείται με επιπεδοτική στρώση εξομάλυνσης από ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο με ειδικούς κόκκους Διογκωμένου Πολυστευρενίου στην πυκνότητα των **300kg/m³** για τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της κατασκευής, αλλά και για πρόσθετη θερμοηχομόνωση. Επάνω στο ελαφροσκυρόδεμα συγκολλάται ή καρφώνεται μια μεμβράνη. Στην περίπτωση όμως του αντεστραμμένου τύπου η μεμβράνη αυτή λειτουργεί ταυτόχρονα ως φράγμα υδρατμών και στεγανοποιητική στρώση. Με ξύλινα καδρόνια διαμορφώνεται ένας κάναβος, στα ενδιάμεσα κενά του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Εναλλακτικά μπορεί να καλυφθεί με ξύλινο υπόστρωμα ή να μείνει ελεύθερη. Επάνω από τη θερμομονωτική στρώση σε τακτά διαστήματα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών ανάμεσα στους οποίους τοποθετείται δεύτερη στρώση θερμομονωτικού υλικού για να μειωθούν οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται από τα ξύλινα καδρόνια της πρώτης στρώσης. Αν πριν από την τοποθέτηση των οριζόντιων πηχών παρεμβληθεί άλλη μια στρώση με ξύλινες τεγίδες, τότε η στέγη γίνεται **αεριζόμενη** με τη χρήση κατάλληλων οπών αερισμού για την είσοδο του αέρα από την άκρη των κεραμιδιών και την έξοδό του θερμού πλέον αέρα από τον κορφιά της στέγης. Σε αυτή την περίπτωση αν χρησιμοποιηθεί δεύτερη θερμομονωτική στρώση για να παραμείνει διάκενο αερισμού θα πρέπει το πάχος του θερμομονωτικού να είναι μικρότερο από το πάχος των τεγίδων.

Για την πρώτη θερμομονωτική στρώση προτείνεται η χρήση γραφιτούχου Διογκωμένου Πολυστυρενίου σε συνολικό πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

Εναλλακτικά, αντί των παραπάνω θερμομονωτικών υλικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα μόνωσης κεραμοσκεπών το οποίο είναι πρεσσαριστό Διογκωμένο Πολυστυρένιο διαμορφωμένο σε καλούπι το οποίο διαθέτει κανάλια αερισμού και κανάλια/οδηγούς για την τοποθέτηση των οριζόντιων πήξεων στο βήμα που ταιριάζει στο ρωμαϊκό και ολλανδικό (τσιμέντινο) κεραμίδι με βήμα 35,7cm και εξαλείφει τις θερμογέφυρες αποτρέποντας δεύτερη θερμομονωτική στρώση και στρώση αερισμού. Τοποθετείται στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**. Προσφέρει μεγάλη ευκολία και ταχύτητα στην κατασκευή συγκεντρώνοντας σε μια στρώση όλες τις υπόλοιπες.

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 στρώση κατάλληλα υπολογισμένης στρώσης 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 την διώχνουν 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 δημιουργεί ένα ρεύμα αερισμού που βοηθά τη λειτουργία της στέγης και της θερμομονωτικής της στρώσης.

7.5.5 Υπόγεια τοιχία

Στην περίπτωση ενός τοιχίου σκυροδέματος το οποίο ξεκινά από τα θεμέλια και φτάνει μέχρι 50cm πάνω από το φυσικό έδαφος, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την προστασία των υλικών έναντι της υγρασίας εδάφους με την κατάλληλη τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης. Η στρώση αυτή ακολουθεί μετά από την κατάλληλη

προετοιμασία του τοιχείου (κοπή των φουρκέτων και σφράγιση τους, εξομάλυνση της επιφάνειας) και πρέπει να είναι αποτελούμενη από δύο ή περισσότερες στρώσεις ασφαλικών μεμβρανών ή στεγανωτικών τσιμεντοειδούς ή ασφαλικής βάσης. Επάνω σε αυτή τοποθετείται η θερμομονωτική στρώση η οποία επικολλάται πάνω στη στεγανωτική με ειδικό συγκολλητικό αφρό πολυουρεθανικής βάσης. Ακολουθεί μια στρώση γεωφάσματος μήκους ικανού να εγκλωβίσει την επόμενη στρώση.

Στη βάση των θεμελίων, εκεί που σταματά η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται σωλήνα αποστράγγισης που συγκεντρώνει τα απορρέοντα ύδατα σε ένα φρεάτιο εξοπλισμένο με αντλία εξαγωγής τους που τα διοχετεύει στην αποχέτευση. Επάνω από τον σωλήνα ακολουθεί λιθορριπή η οποία καλύπτεται με τη συνέχεια του γεωφάσματος του οποίου το τέλος συναντά την αρχή. Το γεωφάσμα διακόπτει τη συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος και προστατεύει τον σωλήνα αποστράγγισης από φράξιμο. Επάνω από το γεωφάσμα γεμίζουμε με χώμα μέχρι την επιθυμητή στάθμη του εδάφους.

Στα περιμετρικά υπόγεια τοιχεία προτείνεται η χρήση του πρεσσαριστού Διογκωμένου Πολυστυρενίου πολύ χαμηλής υδαταπορροφητικότητας στο κατάλληλο πάχος σύμφωνα με τον **KENAK**.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας ESHA (<http://esha.gr/home>)
2. Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας ISOMAT (<http://www.isomat.gr/index.php>)
3. Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας Bioclima (<http://www.bioclima.com.gr/>)
4. Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρίας Εργομόνωση (<http://www.ergomonosi.gr/monosis-steganopoiyisis-thermomonosis-asfaltopana.html>)
5. Ευαγγελίου Χρήστος, **Τα Φυτεμένα Δώματα Ως Οικολογική Αναγκαιότητα. Νέα Υλικά Και Τεχνικές Για Την Εφαρμογή Τους Και Την Εξέλιξη Τους Σε Σύγχρονους Αστικούς Πνεύμονες**, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 2008
6. Ματσουκάς Θεόφιλος, **Η Τεχνολογία Και Τα Πλεονεκτήματα Των Φυτεμένων Δωμάτων**, Diadem Greece - Landco Group (<http://www.greenroofs.com.gr>)
7. Παπαδόπουλος (2004), **Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών**, Πανεπιστήμιο Τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη.
8. Μ. Παπαδόπουλος (1998), **Θερμομόνωση κτιρίων**, Αδελφοί Κυριακίδη ΑΕ.
9. Δ. Αραβατινός (2000), σημειώσεις για το μάθημα Οικοδομικής ΙΙ, **Η Θερμομόνωση των κτιρίων και τα θερμομονωτικά υλικά**, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη.
10. Πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό από τον επίσημο ιστότοπο της εταιρείας Ριζάκος (<http://www.rizakos.gr/gr/symvatiko.asp>)
11. ICAP: Κλαδική μελέτη 'Μονωτικά Υλικά', 2000

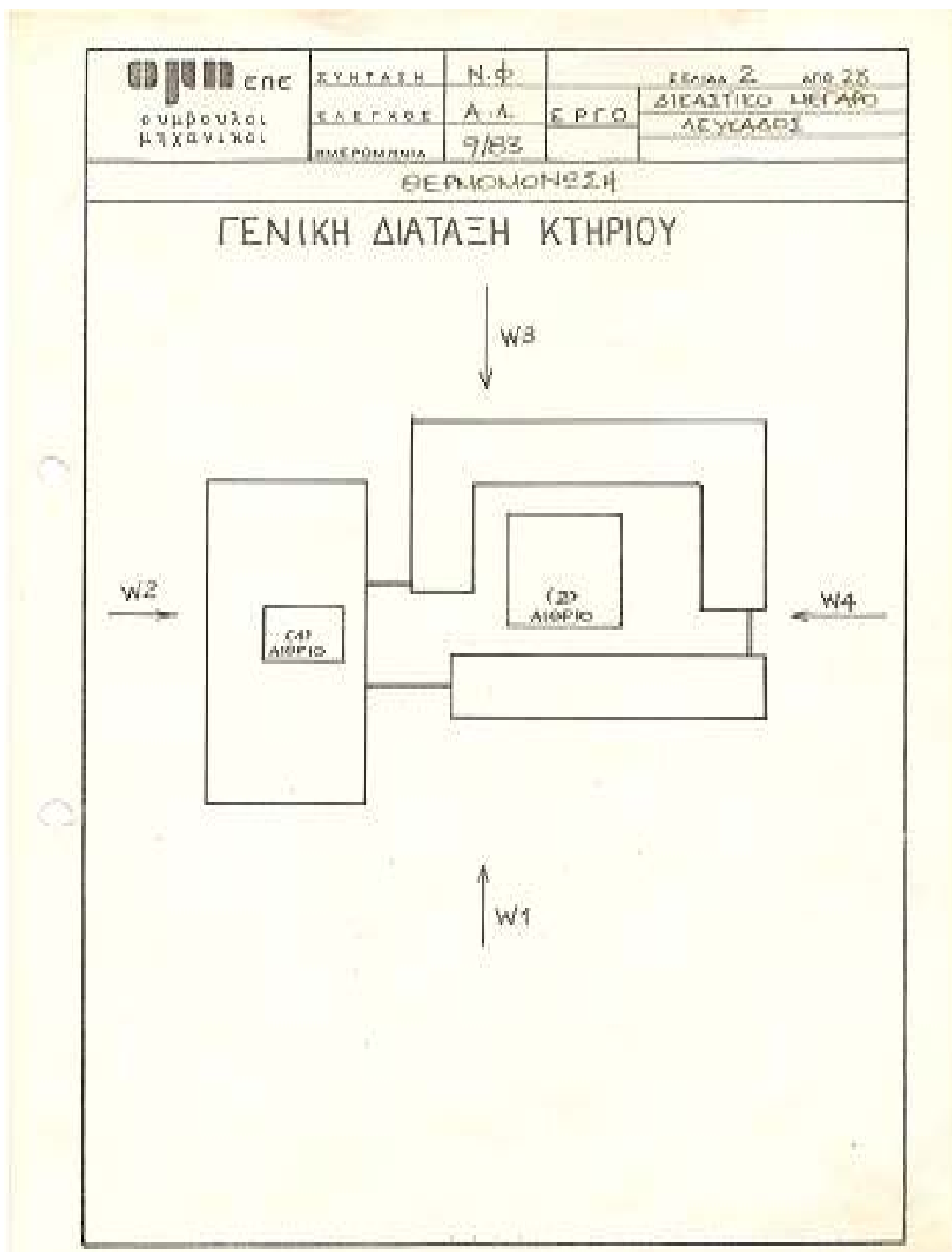
12. Angelis A., Karamanos A., Papadopoulos M. (2002), **Environmental impact of insulating materials at the end of their useful lifetime**, Proceedings of the conference Protection and restoration of the environment IV, Skiathos, Greece, 1-5 July, Vol III, 1625-1632.
13. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2010), **Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης**, Αθήνα, Τόμος Ι, 20701-1/2010

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ


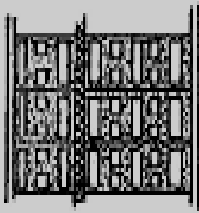
I. Μελέτη εφαρμογής θερμομόνωσης σε χώρο γραφείων
(δικαστικό μέγαρο Λευκάδος)

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ		ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΕΡΓΟ	ΦΑΣΗ 1	ΑΠΟ 2B
ΟΜΙΛΟΦΟΡΟΙ ΜΕΤΑΧΥΛΙΚΟΙ		ΕΡΓΟ	Α.Α	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ	ΛΕΥΚΑΔΟΣ
		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/88			
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ						
A. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ						
1.	Πρόσβαση κτίριου:	ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ				
2.	Πόλη:	Ν.Π. ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ				
3.	Πόλις:	ΛΕΥΚΑΔΑ				
4.	Όδος - Αριθμός:	ΣΤΑΘΜΗ ΕΡΑΛΙΣΣΗΣ				
5.	Υψόμετρο:	15				
6.	Ζώνη:					
B. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ						
1.	Επιφάνεια Δομημένων τοίχων	$F_w = 1086,44$	m^2			
2.	Επιφάνεια ανοικτών (συνόρια - όροφος)	$F_r = 362,43$	m^2			
3.	Επιφάνεια όροφου, στέγης, όροφου κάτωθεν μη θερμαινόμενου χώρου στέγης	$F_d = 1703,25$	m^2			
4.	Επιφάνεια δαπέδου	$F_b = 1669,60$	m^2			
5.	Επιφάνεια όροφου ΠΙΛΟΤΙΚ	$F_{p1} =$	m^2			
6.	Όγκια εξωτερική επιφάνεια οικόδομη	$F = F_w + F_r + F_d + F_b + F_{p1} + F_{p2}$	m^2			
7.	Όγκος οικόδομη	$V = 7067,64$	m^3			
8.	Αέρας	$F_v = 0,74$	m^3			
Γ. ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ κ_{eff}						
Μάγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοαγωγιμότητας που επιβάλλεται καθ' ύλην περιβολόσης εξωτερικής κτίριου από τον όρονον άρθρο (P/V) Κορ. 7.3.4. Πίνακας 6.						
P/V m^{-2}	κ_{eff} ως W/m^2K			κ_{eff} ως m^2/K		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
$\leq 0,2$	1,333	1,015	0,607	1,333	1,180	0,898
0,3	1,345	0,955	0,760	1,448	1,111	0,864
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,831
0,5	1,093	0,845	0,675	1,270	0,983	0,788
0,6	1,030	0,793	0,638	1,198	0,924	0,756
0,7	0,988	0,750	0,600	1,145	0,872	0,693
0,8	0,949	0,717	0,572	1,101	0,834	0,660
0,9	0,922	0,698	0,550	1,070	0,809	0,640
$\geq 1,0$	0,920	0,690	0,550	1,070	0,791	0,616
Για τη Ζώνη καθ' ύλην για $\frac{F}{V} = 0,74$ επιτρέπεται μέγιστη τιμή καθ' ύλην, $\kappa_{\text{eff}} \leq 0,735 W/m^2 K$						
$0,86$						
NEO OPIO KENAK=0,735 W/m2 k						


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΟΜΒΡΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΦ	ΣΚΑΛΙΑ 4 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	Ε.Ρ.Γ.Ο.	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		ΛΕΥΚΑΔΟΣ
ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ				
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Τοίχος ΠΑΡΗΣΙΕΩΣ			ΦΥΛΛΟ 1.Δ
ΕΤ-1				
1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΚΑΘΩΣ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΧΟΣ d	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ	ΑΘΡΟΣ $\frac{1}{\lambda}$
	kg/m ³	m	$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C}}{\text{Kcal}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0,02	0,75	0,027
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ	770	0,10	0,16	0,025
ΥΛΟΒΕΒΛΗΜΑΤΙ	20	0,02	0,085	0,071
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ	800	0,18	0,169	1,085
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0,02	0,75	0,027
Σ				2,315
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΜΑΘΟΥΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (ΘΑΔΗ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ) $\frac{1}{\lambda} = 2,315$ m² K²/Kcal (m² K/W)				
1/n ₁	0,14	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}^2/\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$		
1/n ₂	0,05	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}^2/\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}}$		
$K = \frac{1}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{n_2}} = \frac{1}{2,505} = \boxed{0,4} \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C} \text{ ή } \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$				
ΣΚΑΡΙΣΜΑ 				

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΕΠΕ συμβούλιο Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 5 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	Ε.Ρ.Γ.Ο.	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/03		

ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΤΕΙΧΙΣ Η ΔΟΚΟΣ ΑΠΟ			ΦΥΛΛΟ 1.2
ΕΤ-2	ΣΥΚΥΡΩΜΕΝΑ			

1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΧΟΣ d	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ	ΛΟΓΟΣ $\frac{d}{\lambda}$
	kg/m^3	m	$\frac{Kcal}{m^2 \cdot C} \left(\frac{m}{K} \right)$	$\frac{m^2 \cdot C}{Kcal} \left(\frac{m^3 \cdot K}{m} \right)$
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΕΠΙΧΡΩΜΑ	200	0,02	0,075	0,246
ΣΥΚΥΡΩΜΕΝΑ	2400	0,30	1,75	0,171
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΜΙΚΡΩΜΑ	250	0,02	0,075	0,266
Σ				0,703

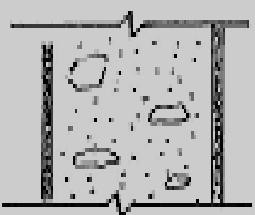
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΒΥΘΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

ΚΟΙΤΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ $\frac{1}{\lambda} = 0,703 \quad m^2 \cdot C / kcal \quad (m^2 \cdot K / w)$


$1/a_1$	0,14	$\frac{m^2 \cdot C / kcal}{m^2 \cdot K / w}$
$1/a_2$	0,05	$\frac{m^2 \cdot C / kcal}{m^2 \cdot K / w}$

$k = \frac{1}{\frac{1}{k} = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{a_2}}} = \frac{1}{0,893} = \boxed{1,12} \quad kcal/m^2 \cdot C \cdot h \quad w/m^2 \cdot K$

ΕΞΑΡΧΙΣΜΑ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑΣ ΠΑΤΡΑΣ	ΣΤΗΥΑΣΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 7 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΤΡΟΥ ΛΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		

ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

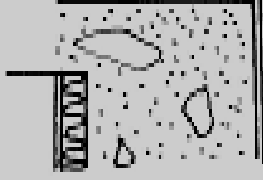
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ					ΦΥΛΛΟ 1.4
ΕΤ-4					
1	2	3	4	5	
ΣΤΡΩΣΗ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΕΡΩΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ kg/m ³	ΠΑΧΟΣ m	ΕΜΠΕΔΩΣΗ ΘΕΡΜΩΣΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ $\frac{k \text{ kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$	ΛΟΓΟΣ $\frac{d}{\lambda}$ $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C}}{\text{Kcal}} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right)$	
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0,02	0,75	0,027	
ΣΚΥΡΩΜΑΤΑ	2400	0,30	1,75	0,171	
ΥΛΟΒΑΝΘΑΚΑΣ	20	0,04	0,035	1,143	
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0,02	0,75	0,027	
Σ					1,368

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΩΜΑΔΟΥΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ
 (ΘΑΔΗ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ $\frac{1}{\lambda} = 1,368$ m² K²/kcal (m² K/W))


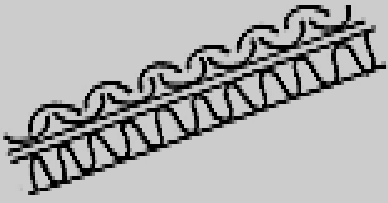
1/a ₁	0,14	m ² K ² /kcal m ² K/W
1/a ₂	0,05	m ² K ² /kcal m ² K/W

$R = \frac{1}{\frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{a_2}} = \frac{1}{1,558} = 0,642$ kcal/m² K² ή W/m² K


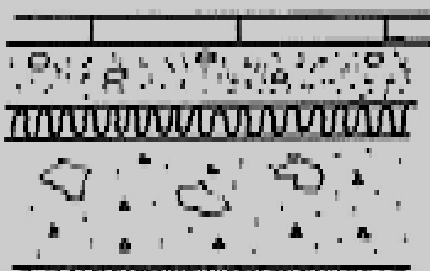
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ




ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 <p>ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΝ</p>	ΣΥΝΤΑΞΗ	N.φ.	ΣΕΛΙΔΑ 8 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	ΕΡΓΟ	ΑΠΕΛΑΣΤΙΚΟ ΜΕΤΑΦΩ ΔΕΥΣΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		
ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ				
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΟΡΟΦΗ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ (ΣΤΕΓΗ)			ΦΥΛΛΟ 1.5
0-1				
1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΙΣ ΨΑΧΗ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ kg/m^3	ΠΑΧΟΣ δ m	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ $\frac{kcal}{m^2 \cdot C} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	ΛΟΓΟΣ $\frac{\delta}{\lambda}$ $\frac{m^2 \cdot C}{kcal} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$
ΥΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	42	0,02	0,025	2,285
ΔΟΚΑΡΙ	550	0,02	0,12	0,16
ΚΕΡΑΜΙΔΑ				
			Σ	2,445
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΜΑΘΥΤΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (ΘΑΝΗ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ $\frac{1}{\lambda} =$ $m^2 \cdot C / kcal$ $(m^2 \cdot K / W)$				
$\frac{1}{\lambda_1}$	0,14	$\frac{m^2 \cdot C / kcal}{m^2 \cdot K / W}$		
$\frac{1}{\lambda_2}$	0,05	$\frac{m^2 \cdot C / kcal}{m^2 \cdot K / W}$		
$k = \frac{1}{\frac{1}{k}} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}} = \frac{1}{2,635} =$ 0,38 $kcal/m^2 \cdot C \cdot K$ $\& w/m^2 \cdot K$				
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΑ				
				

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 <p>ΕΠΙΧΡΗΣΗ</p> <p>ΕΛΕΓΧΟΣ</p> <p>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</p>	Α.Φ.	ΚΕΛΙΑ 9 από 28		
	Α.Α.	ΕΡΓΟ		
	9/83	ΔΙΑΒΙΒΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΟΛΕΥΚΑΔΟΣ		
ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ				
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΘΡΟΦΗ ΣΤΙΠΕΔΗ (ΤΑΡΑΤΣΑ)			ΦΥΛΛΟ 1.Φ
O-2				
1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΧΟΣ δ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ	Α Ο Ρ Θ Σ $\frac{\delta}{\lambda}$
	kg/m^3	m	$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{C}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m K}} \right)$	$\frac{\text{m}^2 \text{K} \text{C}}{\text{Kcal}} \left(\frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right)$
ΕΠΙΧΡΙΣΗ	1900	0,02	0,15	0,027
ΠΛΑΚΑ ΑΠΟ ΣΥΝΚΡΩΜ	2400	0,20	1,75	0,114
ΥΛΟΒΑΝΘΑΚΑΣ	110	0,05	0,055	1,428
ΠΕΤΡΟΣΕΛ	400	0,10	0,12	0,833
ΠΛΑΚΟΣ		0,04	0,90	0,044
Σ				2,446
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΣΙΔΟΥΡΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΙΣΟΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ $\frac{1}{\lambda} = 2,446 \quad \text{m}^2 \text{K} \text{C/kcal} \quad (\text{m}^2 \text{K/W})$				
$1/\alpha_1$	0,14	$\frac{\text{m}^2 \text{K} \text{C/kcal}}{\text{m}^2 \text{K/W}}$		
$1/\alpha_2$	0,05	$\frac{\text{m}^2 \text{K} \text{C/kcal}}{\text{m}^2 \text{K/W}}$		
$k = \frac{1}{\frac{1}{k}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{2,636} = \boxed{0,38} \quad \text{kcal/m}^2 \text{K} \text{C} \quad \text{ή} \quad \text{W/m}^2 \text{K}$				
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ 				

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 <p>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</p>	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 9 ΑΠΟ 28	
	ΚΑΤΕΓΧΟΡ	Α.Α.	ΕΡΓΟ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΜΕΤΑΡΣ ΔΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		

ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΟΡΟΦΗ ΕΠΙΠΕΔΗ (ΤΑΡΑΤΕΛ)			ΦΥΛΛΟ 1.Φ
O-2				

1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΔΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ λ_{eff}/m^3	ΠΑΧΟΣ d m	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ $\frac{kcal}{m^2 \cdot C} \left(\frac{w}{m \cdot K} \right)$	ΑΔΡΟΣ $\frac{d}{\lambda}$ $\frac{m^2 \cdot C}{kcal} \left(\frac{m^2 \cdot K}{w} \right)$
ΕΠΙΧΡΙΣΗ	1900	0,02	0,75	0,027
ΠΛΑΚΑ ΔΠΟ ΣΟΥΡΟΝ	2400	0,20	1,70	0,114
ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΤΙΚΟ	110	0,05	0,035	1,428
ΜΕΤΟΣΕΛ	400	0,10	0,12	0,833
ΠΛΑΚΕΣ		0,04	0,90	0,044
Σ				2,446


ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΒΥΓΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

ΙΣΟΔΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ $\frac{1}{\lambda} = 2,446 \quad m^2 \cdot C/kcal \quad (m^2 \cdot K/w)$


$1/\alpha_1$	0,14	$\frac{m^2 \cdot C/kcal}{m^2 \cdot K/w}$
$1/\alpha_2$	0,05	$\frac{m^2 \cdot C/kcal}{m^2 \cdot K/w}$

$k = \frac{1}{\frac{1}{k} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}} = \frac{1}{2,636} = 0,38 \quad kcal/m^2 \cdot C \cdot h \quad w/m^2 \cdot K$

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΕΠΕ Συμβούλιο Μηχανικών	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 10 ΑΠΟ 29	
	ΚΑΤΕΓΧΟΣ	Α.Λ.	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΕΡΙΟ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		


ΦΥΛΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ				
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΔΑΠΕΔΟ			ΦΥΛΛΟ 1.7
Δ-1				
1	2	3	4	5
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΥΠΕΡ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΧΟΣ δ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ	ΛΟΓΟΣ $\frac{\delta}{\lambda}$
	kg/m^3	m	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C}}{\text{kcal}} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right)$
ΠΛΑΚΑ ΓΕΡΜΑΝΙΚΗ	2200	0,15	1,50	0,115
ΥΑΛΟΦΑΝΕΛΑΚΑΣ	110	0,02	0,025	0,571
ΓΑΛΙΤΙΜΟΝΩΤΙΚΟ	1900	0,05	0,95	0,052
				Σ
				0,758


ΑΝΤΙΣΤΑΘΗ ΘΕΡΜΟΜΑΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	
(ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ)	$\frac{1}{\lambda} = 0,758 \quad \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C/kcal} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W})$

$1/a_1$	0,2	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C/kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{K/W}}$
$1/a_2$		$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C/kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{K/W}}$

$K = \frac{1}{\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,2} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{a_2}} = \frac{1}{0,958} = \boxed{1,07} \quad \text{kcal/m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{C} \quad \text{K} \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$

ΣΧΗΜΑΤΑ



 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 11 από 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	ΕΡΓΟ	ΔΙΑΣΤΙΚΟ ΜΕΤΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΙΣΤΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΠΛΕΥΡΑ W1 (ΙΣΟΓΕΙΟΥ)


$$F_{w,p} \text{ (ΟΛΙΚΟ)} = (16,9 + 12,75 + 9,80) \times 3,40 + (2,27 + 34,80) \times 3,10 = 134,13 + 114,91 = 249,04 \text{ m}^2$$

$$F_p \text{ (ΠΑΡΑΘΥΡΑ + ΘΥΡΑ)} = 0,8 \times 1,5 \times 5 + 2,6 \times 2,6 + 0,9 \times 1,5 \times 9 = 6 + 6,76 + 25,65 = 38,41 \text{ m}^2$$

$$F_2 \text{ (ΣΚΥΡΩΣΗ ΕΤ2)} = (3 + 2 + 1,5 + 0,8) \times 3,10 + (16,3 + 12,75 + 9,8 + 2,27) \times 0,3 + (1,5 + 1,2 + 0,9 + 1,2 + 0,4 + 0,7) \times 3,10 = 22,63 + 12,516 + 16,74 = 51,886 \text{ m}^2$$

$$F_3 \text{ (ΠΕΤΡΑ ΕΤ3)} = 9,80 \times 3,40 = 33,32 \text{ m}^2$$

$$F_1 \text{ (ΤΟΙΚΟΣ ΕΤ1)} = F_{w,p} - F_p - F_2 - F_3 = 249,04 - 38,41 - 51,886 - 33,32 = 125,754 \text{ m}^2$$

 ΕΠΕ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΦ	ΕΡΓΑΣΙΑ 12	ΑΠΟ 28
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α'	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/82		ΔΕΥΚΑΔΟΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

ΠΛΕΥΡΑ W1 ΔΙΘΡΟΥ 1+2 (ΙΣΟΓΕΙΟΥ)

$F_{w,e} \text{ (ΟΛΙΚΟ)} = 9,5 \times 3,40 + 15 \times 2,80 = 74,3 \text{ m}^2$

$F_F \text{ (ΠΑΡΑΘΥΡΑ+ΘΥΡΑ)} = 0,90 \times 1,50 \times 4 = 5,4 \text{ m}^2$

$F_{F_2} = 15 \times 2,80 = 42,0 \text{ m}^2$

$F_2 \text{ (ΣΚΥΡΩΜΑ ΕΤ2)} = 1 \times 3,1 + 9,5 \times 0,3 = 5,95 \text{ m}^2$

$F_1 \text{ (ΤΟΙΧΟΣ ΕΤ1)} = F_{w,e} - F_F - F_2 - F_{F_2} =$
 $= 74,3 - 5,4 - 5,95 - 42 = 20,95$


ΠΛΕΥΡΑ W2 (ΙΣΟΓΕΙΟΥ)

$F_{w,e} \text{ (ΟΛΙΚΟ)} = 36,2 \times 3,40 = 123,08 \text{ m}^2$

$F_F \text{ (ΠΑΡΑΘΥΡΑ+ΘΥΡΑ)} = 0,9 \times 1,5 \times 12 + 0,4 \times 0,4 + 1 \times 2,3 \times 2 =$
 $= 16,2 + 0,16 + 4,6 = 20,96 \text{ m}^2$

$F_2 \text{ (ΣΚΥΡΩΜΑ ΕΤ2)} = (1,2 + 1,5 + 0,4 + 0,4 + 1 + 1,2) \times 3,1 +$
 $+ 0,3 \times 36,2 =$
 $= 17,67 + 10,86 = 28,53 \text{ m}^2$

$F_1 \text{ (ΤΟΙΧΟΣ ΕΤ1)} = F_{w,e} - F_F - F_2 =$
 $= 123,08 - 20,96 - 28,53 =$
 $= 73,59 \text{ m}^2$

 ΕΠΕ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΕΡΓΟ	ΕΛΛΙΔΑ 13	ΑΠΟ 25
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Λ.		ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ	
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		ΣΕ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

ΠΛΕΥΡΑ W2 ΔΙΒΡΙΟΥ 1+2 (ΙΣΟΓΕΙΟΥ)

$$F_{w,f} \text{ (ΟΛΙΚΟ)} = 6,7 \times 3,4 + 15 \times 2,80 = 64,78 \text{ m}^2$$

$$F_f \text{ (ΠΑΡΑΘΥΡΑ+ΘΥΡΑΙ)} = 0,9 \times 0,9 \times 2 + 0,55 \times 0,55$$

$$= 1,62 + 0,302 = 1,92 \text{ m}^2$$

$$F_{f_2} = 15 \times 2,80 = 42 \text{ m}^2$$

$$F_2 \text{ (ΣΚΥΡΩΜΕΝΑ ΕΤ2)} = 0,3 \times 6,7 = 2,01 \text{ m}^2$$

$$F_1 \text{ (ΤΟΙΧΟΣ ΕΤ1)} = F_{w,f} - F_f - F_{f_2} - F_2$$

$$= 64,78 - 1,92 - 42 - 2,01$$

$$= 18,85 \text{ m}^2$$

ΠΛΕΥΡΑ W3 (ΙΣΟΓΕΙΟΥ)

$$F_{w,f} \text{ (ΟΛΙΚΟ)} = (16,9 + 10,85 + 5,8) \times 3,4 + 5 \times 3,1$$

$$+ (18,3 + 39) \times 3,1 =$$

$$= 114,07 + 177,63 + 15,5 = 307,2 \text{ m}^2$$

$$F_f \text{ (ΠΑΡΑΘΥΡΑ+ΘΥΡΑΙ)} = 0,8 \times 1,5 \times 6 + 1,8 \times 2,6 +$$

$$+ 0,55 \times 0,55 \times 5 + 0,9 \times 2,2 +$$


$$+ 0,9 \times 1,5 \times 23 + 1 \times 2,2 + 1 \times 2,6$$

$$+ 0,4 \times 0,4 =$$

$$= 7,2 + 4,68 + 1,51 + 1,98 + 31,05 + 2,2 +$$

$$+ 2,6 + 0,16$$

$$= 51,98 \text{ m}^2$$

 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	ΕΥΝΤΑΣΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 14 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΙΩΤΙΚΟ ΜΕΤΑΡΤΩ ΔΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/83		

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

F_2 (ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΕΤ2) = $3,1 \times (0,6 + 1 + 1 + 2 + 1 + 1) +$
 $+ 0,3 \times 33,55 +$
 $+ 3,1 \times (0,4 + 0,4 + 1,4 + 1 + 1,2 + 0,4 +$
 $+ 0,4 + 1,2 + 0,2)$
 $= 20,46 + 10,06 + 20,46 = 50,98 \text{ m}^2$

F_3 (ΠΕΤΡΑ ΕΤ3) = $5,8 \times 3,4 = 19,72 \text{ m}^2$

F_1 (ΤΟΙΧΟΣ ΕΤ1) = $F_{w,p} - F_F - F_2 - F_3$
 $= 907,2 - 51,38 - 50,98 - 19,72$
 $= 185,12 \text{ m}^2$

ΠΛΕΥΡΑ WS ΑΙΘΡΟΥ 1+2 (ΙΣΟΓΕΙΟΥ)


$F_{w,p}$ (ΟΛΙΚΟ) = $9,5 \times 8,4 + 15 \times 2,80 = 74,3 \text{ m}^2$

F_F (ΠΑΡΑΠΕΤΑ+ΘΥΡΑ) = $0,9 \times 1,5 \times 2 + 0,55 \times 0,55 \times 2 = 3,305 \text{ m}^2$
 F_{F_2} = $15 \times 2,80 = 42 \text{ m}^2$


F_2 (ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΕΤ2) = $1 \times 3,1 + 0,3 \times 9,5 = 5,95 \text{ m}^2$

F_1 (ΤΟΙΧΟΣ ΕΤ1) = $F_{w,p} - F_F - F_{F_2} - F_2$
 $= 74,3 - 42 - 3,305 - 5,95$
 $= 23,045 \text{ m}^2$

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 ΕΜΒΡΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ		ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΛΕΓΧΟΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ν.Φ. Α.Α. 9/83	Ε.Ρ.Γ.Ο.	ΕΛΛ. Δ. 20 2002/8 ΔΙΚΑΙΩΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ						
ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΤΙΜΕΣΙ-ΜΕΤΩΣΗ ΕΠΙΣΚΕΠΤΩΝ						
* Όσοτε : ΙΣΟΓΕΙΟ * Υπολογισμός του συνολικού θερμομονωτικού κ, (Καθ. 5) * Επιλεγόμενο δόλο κ=0,6 kcal/m ² h ⁰ ή 0,7 w/m ² κ						
1	2	3	4	5	6 (3X4)	7
ΤΙΜΕΣ ΕΥΚΑΙ- ΑΤΕΜΕΚ	ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΕΥΚΑ/ΕΠΙΣΚ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΙΜΕΣ κ	ΕΠΙΣΚΕΠΤΙΑ P m ²	ΣΦ m ²	F+K KCAL/h ⁰ C	KCAL/H
V 1	ΜΥΛΟΣ 1.1	0,40	146,76	X X X X X X	58,68	X X X X X X
	ΜΥΛΟΣ 1.2	1,12	57,51		64,41	
	ΜΥΛΟΣ 1.3	0,56	33,32		18,66	
	ΜΥΛΟΣ 1					
	ΜΥΛΟΣ 1					
	ΜΥΛΟΣ 1					
				237,53		141,75
					$K_{01} = \frac{141,75}{237,53} = 0,59$	
V 2	ΜΥΛΟΣ 1.1	0,40	72,44	X X X X X X	36,97	X X X X X X
	ΜΥΛΟΣ 1.2	1,12	30,54		34,20	
	ΜΥΛΟΣ 1					
	ΜΥΛΟΣ 1					
	ΜΥΛΟΣ 1					
	ΜΥΛΟΣ 1					
				122,78		71,17
					$K_{02} = \frac{71,17}{122,78} = 0,57$	

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

 <p>ΕΤΕΠΕΕ ΣΠ.Α. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΤΙΚΗ</p>	ΕΥΝΤΙΣΤΗ	Ν.Φ.	ΕΡΓΑΣΙΑ 24 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Α.	ΕΡΓΟ	ΔΙΚΑΙΩΤΗΣ ΜΕΓΑΡΟ ΛΕΥΚΑΔΟΣ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/28		
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ				
ΣΥΝΤΡΑΒΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $k_{tot,pt}$ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΟΡΟΦΟ				
Όροφος: ΙΣΟΓΕΙΟ		Φύλλον 2.4		
$k_{tot,pt} = \frac{\sum(k_a \cdot F_a) + \sum(k_r \cdot F_r)}{\sum(F_a + F_r)} \leq 1,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $\leq 1,0 \text{ w/m}^2\text{K}$			NEO OPIO KENAK = 1.80	
1	2	3	4	5 = (3+4)
Δομικό στοιχείο	Σταθμισμένος όγκος	Επιφάνεια F m^2	Συντελεστής θερμοπερατότητας k $\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($\text{w/m}^2\text{K}$)	kF $\text{kcal/h}^\circ\text{C}$ (w/K)
Τοίχοι	ω_1	237,53	0,59	140,143
	ω_2	122,98	0,59	72,558
	ω_3	284,87	0,55	156,645
	ω_4	113,58	0,54	61,333
Παράθυρα	Γ_1	159,54	4,5	717,93
	Γ_2	168,00	2,8	470,4
	Γ_3			
	Γ_4			
$k_{tot,pt}$	Σ	1086,44		1619,009
				$k_{tot,pt} = \frac{1619,009}{1086,44} = 1,49 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $= 1,72 \text{ w/m}^2\text{K}$

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΕΘ ΠΕ ΚΕ ΕΠΕ ΟΥΡΟΥΛΟΙ ΜΥΧΘΑΝΙΚΟΙ	ΣΥΝΤΑΞΗ	Ν.Φ.	ΣΕΛΙΔΑ 25 ΑΠΟ 28	
	ΕΛΕΓΧΟΣ	Α.Λ.	ΕΡΓΟ	ΔΙΜΕΤΕΣ ΜΗΑΡΟ ΔΕΥΚΑΡΩ
	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	9/82		
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ				
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $k_{tot,op}$ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ				ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΟΡΟΦΟ
Όροφος: Α ΟΡΟΦΟΣ				Φύλλον 2.2
*Όμοιο όροφος $k_{tot,op} = \frac{\sum(k_v \cdot F_v) + \sum(k_r \cdot F_r)}{\sum(F_v + F_r)} \leq 1,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $\leq 1,0 \text{ m}^2/\text{K}$			ΝΕΟ ΟΡΙΟ ΚΕΝΑΚ=1,8	
1	2	3	4	5 = (3x4)
Δομικό στοιχείο	Συμ-βολή στοιχείου	Έπιπέδου F m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k kcal/m ² h ^o C (m ² /K)	kF kcal/h ^o C (m ² /K)
Τοίχος	ω_1	56,04	0,56	31,382
	ω_2	402,13	0,58	233,225
	ω_3	58,74	0,56	32,894
	ω_4	110,27	0,57	62,854
Παράθυρα	Γ_1	35,25	2,8	98,711
	Γ_2			
	Γ_3			
	Γ_4			
$k_{tot,op}$	Σ	962,43		285,076
				$k_{tot,op} = \frac{285,076}{962,43} = 0,296 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ $= 0,296 \text{ m}^2/\text{K}$

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ Δ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ		Α.Φ. Α.Α. Η/Β3	ΣΕΛΙΔΑ 26 από 28 ΔΙΚΑΙΩΤΙΚΟ ΜΕΤΑΦΟΡΕΥΜΑ ΔΕΥΚΑΛΩΣΕ			
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ						
ΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ = "Προσχεζόμενη" μέση συνολική θερμοκρασία t_a						
Όριο κτηρίου $k_{tot} \leq 0,746$		$kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot h \leq 0,86$				
από παράγραφο Γ κειμένου						
1	2	3	4	5 = (3x4)	6	7(5x6)
Στοιχείο	Συμ-βολή-σμός	Επιφάνεια F m ²	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας k kcal/m ² ·°C [w/m ² ·K]	k · F kcal/h ² ·°C [w/K]	Πο-σο-στό-ιο %	(k · F) kcal/h ² ·°C [w/K]
Φύλλο 21.		1086,44	* Σ της στήλης 3 των φύλλων 21., 22., κ.λ.κ. Σ της στήλης 5 των φύλλων 21., 22., κ.λ.κ.	Σ της στήλης 5 των φύλλων 21., 22., κ.λ.κ.	1	1619,009
Φύλλο 22.		342,43			1	285,076
Φύλλο 23.					1	
Φύλλο 24.					1	
Φύλλο 25.					1	
Φύλλο 26.					1	
Φύλλο 27.					1	
Φύλλο 28.					1	
Επιφάνεια οροφής, Επιφάνεια δροφής κήπων με θερμομονωτική οροφή	B, D	1703,29		0,37	1	723,23
					0,8	
όριο δροφής κήπων	C	1661,6		1,07	0,5	893,23
όριο δροφής κήπων	DL				1	
Επιφάνεια από σκελετούς με μη θερμομονωτικούς χώρους	AN				0,3	
	Σ	5021,72			Σ	3520,545
$k_{tot} \leq k_{tot, req}$		$k_{tot} = \frac{k_1 F_1 + k_2 F_2 + k_3 F_3 + 0,3 k_4 F_4 + k_5 F_5 + 0,5 k_6 F_6}{5021,72} = 0,701$				
		$kcal/m^2 \cdot ^\circ C$ 0,8135 w/m²·K				

II. Βαθμολόγηση ενεργειακής απόδοσης διαμερίσματος χωρίς μελέτη θερμομόνωσης



Στοιχεία μελέτης ενεργειακής απόδοσης με χρήση προγράμματος Totee-Κενάκ

<?xml version="1.0" ?>

- <ENR_IN>

- <EPA_NR_PROJECT rid="#1">

<id />

<blg_use>2</blg_use>

<blg_part>1</blg_part>

<building_num>2</building_num>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<blg_kaek>05069000101699870</blg_kaek>
<blg_owner>ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ</blg_owner>
<blg_ownership>1</blg_ownership>
<blg_address>ΣΥΓΓΡΟΥ ΑΝ. 43 & ΧΡ. ΛΑΔΑ</blg_address>
<blg_resp>-1</blg_resp>
<blg_resp_name>ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ</blg_resp_name>
<blg_resp_phone>2108084610</blg_resp_phone>
<blg_resp_mail />
<blg_zone>1</blg_zone>
<blg_height>0</blg_height>
<blg_climate>1</blg_climate>
<blg_datasource>0000000000</blg_datasource>
<blg_licence_data>ΚΗΦΙΣΙΑ,1977,5604,1979,,,,,,,,,,,,,</blg_licence_data>
<version_tee_kenak_dll>1.28.1.70</version_tee_kenak_dll>
  </EPA_NR_PROJECT>
- <LIBRARIES rid="#2">
  <id>Lib</id>
  <lib_const>C:\Program Files\TEE\TEE KENAK\EnrConstGr.xml</lib_const>
  <lib_clim>C:\Program Files\TEE\TEE KENAK\EnrClimateGR.xml</lib_clim>
  <lib_fuel>C:\Program Files\TEE\TEE KENAK\EnrFuelGr.xml</lib_fuel>
  </LIBRARIES>
- <BUILDING rid="1">
  <blg_parameter1>108</blg_parameter1>
  <blg_parameter2 />
  <blg_parameter3 />
  <blg_parameter4 />
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

<blg_parameter5>**324**</blg_parameter5>
<blg_parameter6 />
<blg_parameter7>**0**</blg_parameter7>
<blg_parameter8 />
<blg_parameter9 />
<blg_parameter10>**-1**</blg_parameter10>
<blg_parameter11>**1**</blg_parameter11>
<blg_parameter12>**0**</blg_parameter12>
<blg_parameter13>**0**</blg_parameter13>
<blg_parameter14>**Πολυκατοικία**</blg_parameter14>
<blg_parameter15>**0000**</blg_parameter15>
<blg_parameter16>**0**</blg_parameter16>
<blg_parameter17>**0**</blg_parameter17>
<blg_parameter18 />
<blg_parameter19 />
<blg_parameter20 />
<blg_parameter21 />
<blg_parameter22 />
<blg_parameter23 />
<blg_parameter24 />
<blg_parameter25 />
<blg_parameter26>**1**</blg_parameter26>
<blg_parameter27>**0**</blg_parameter27>
<blg_parameter28 />
<blg_parameter29>**1**</blg_parameter29>
<blg_parameter30>**0**</blg_parameter30>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<blg_parameter31 />
<blg_parameter32>1</blg_parameter32>
<blg_parameter33>Πολυκατοικία</blg_parameter33>
<blg_parameter34>Υπάρχον κτίριο</blg_parameter34>
- <ZONE1 rid="1">
  <zn_parameter1>Μονοκατοικία, πολυκατοικία</zn_parameter1>
  <zn_parameter2 />
  <zn_parameter3>108</zn_parameter3>
  <zn_parameter4>260</zn_parameter4>
  <zn_parameter5>2</zn_parameter5>
  <zn_parameter6>82</zn_parameter6>
  <zn_parameter7>0</zn_parameter7>
  <zn_parameter8>0</zn_parameter8>
  <zn_parameter9>0</zn_parameter9>
  <zn_parameter10>0</zn_parameter10>
  <zn_parameter11>1</zn_parameter11>
  <zn_parameter12>98</zn_parameter12>
- <ENVELOPE rid="1">
  <opaque_rows>5</opaque_rows>
  <opaque_column1>Τοίχος,Τοίχος,Τοίχος,Τοίχος,Τοίχος,</opaque_column1>
    <opaque_column2>ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ          ΤΟΙΧΟΣ,ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
    ΤΟΙΧΟΣ,ΝΟΤΙΟΣ ΤΟΙΧΟΣ,ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΜΕ ΒΕΡΑΝΤΑ,ΤΟΙΧΟΣ
    ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟΥ,</opaque_column2>
  <opaque_column3>45,90,180,90,180,</opaque_column3>
  <opaque_column4>90,90,90,90,90,</opaque_column4>
  <opaque_column5>26.7,20.7,19.8,16.2,3.6,</opaque_column5>
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<opaque_column6>1.05,1.05,1.05,1.05,1.05,</opaque_column6>
<opaque_column7>0.04,0.04,0.04,0.04,0.04,</opaque_column7>
<opaque_column8>0.40,0.4,0.4,0.4,0.4,</opaque_column8>
<opaque_column9>0.8,0.8,0.8,0.8,0.8,</opaque_column9>
<opaque_column10>1,1,1,1,1,</opaque_column10>
<opaque_column11>1,1,1,1,1,</opaque_column11>
<opaque_column12>0.7,1,1,0.7,1,</opaque_column12>
<opaque_column13>0.7,1,1,0.6,1,</opaque_column13>
<opaque_column14>1,1,1,1,1,</opaque_column14>
<opaque_column15>1,1,1,1,1,</opaque_column15>
<opaque_column16>,,,,,</opaque_column16>
<ground_rows>0</ground_rows>
<ground_column1 />
<ground_column2 />
<ground_column3 />
<ground_column4 />
<ground_column5 />
<ground_column6 />
<ground_column7 />
<ground_column8 />
<transparent_rows>4</transparent_rows>
      <transparent_column1>Ανοιγόμενο          κούφωμα,Ανοιγόμενο
      κούφωμα,Ανοιγόμενο          κούφωμα,Ανοιγόμενο
      κούφωμα,</transparent_column1>
<transparent_column2>ΜΠΑΛΚΟΝΟΠΟΡΤΕΣ  ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΑ,ΠΑΡΑΘΥΡΟ
      ΛΟΥΤΡΟΥ,ΜΠΑΛΚΟΝΟΠΟΡΤΑ  ΒΕΡΑΝΤΑΣ,ΠΑΡΑΘΥΡΑ  WC  ΚΑΙ
      ΓΚΑΡ/ΜΠΑΣ,</transparent_column2>
```


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<transparent_column3>45,180,90,180,</transparent_column3>
<transparent_column4>90,90,90,90,</transparent_column4>
<transparent_column5>6.6,0.5,3,0.8,</transparent_column5>
<transparent_column6>ΜΟΝΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ,ΜΟΝΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ,ΜΟΝΟΣ
  ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ,ΜΟΝΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ,</transparent_column6>
<transparent_column7>6,6,6,6,</transparent_column7>
<transparent_column8>0.54,0.54,0.54,0.54,</transparent_column8>
<transparent_column9>1,1,1,1,</transparent_column9>
<transparent_column10>1,1,1,1,</transparent_column10>
<transparent_column11>0.7,0.7,0.7,1,</transparent_column11>
<transparent_column12>0.7,0.7,0.7,1,</transparent_column12>
<transparent_column13>1,1,1,1,</transparent_column13>
<transparent_column14>1,1,1,1,</transparent_column14>
<transparent_column15>,,,,,</transparent_column15>
<opaque_tb_rows>0</opaque_tb_rows>
<opaque_tb_column1 />
<opaque_tb_column2 />
<opaque_tb_column3 />
<internal_nodes>0</internal_nodes>
<direct_benefit_exist>0</direct_benefit_exist>
<direct_benefit_rows>0</direct_benefit_rows>
<direct_benefit_column1 />
<direct_benefit_column2 />
<direct_benefit_column3 />
<direct_benefit_column4 />
<direct_benefit_column5 />
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<direct_benefit_column6 />
<direct_benefit_column7 />
<direct_benefit_column8 />
<direct_benefit_column9 />
<direct_benefit_column10 />
<direct_benefit_column11 />
<direct_benefit_column12 />
<direct_benefit_column13 />
<direct_benefit_column14 />
<direct_benefit_column15 />
<direct_benefit_column16 />
  </ENVELOPE>
- <SYSTEM rid="1">
- <heating rid="1">
  <heating_exists>1</heating_exists>
  <production_rows>1</production_rows>
  <production_column1>Λέβητας,</production_column1>
  <production_column2>Fuel oil,</production_column2>
  <production_column3>295,</production_column3>
  <production_column4>0.9,</production_column4>
  <production_column5>1.0,</production_column5>
  <production_column6>1,</production_column6>
  <production_column7>1,</production_column7>
  <production_column8>0.5,</production_column8>
  <production_column9>0.5,</production_column9>
  <production_column10>0,</production_column10>
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<production_column11>0,</production_column11>
<production_column12>0,</production_column12>
<production_column13>0,</production_column13>
<production_column14>0,</production_column14>
<production_column15>0,</production_column15>
<production_column16>1,</production_column16>
<production_column17>1,</production_column17>
<production_column18>,</production_column18>
<distribution_rows>2</distribution_rows>
    <distribution_column1>Δίκτυο           διανομής           θερμού
    μέσου,Αεραγωγοί,</distribution_column1>
<distribution_column2>24,,</distribution_column2>
    <distribution_column3>Εσωτερικοί   ή   έως   και   20%   σε
    εξωτερικούς,,</distribution_column3>
<distribution_column4>,,</distribution_column4>
<distribution_column5>,,</distribution_column5>
<distribution_column6>1,,</distribution_column6>
<distribution_column7>False,False,</distribution_column7>
<distribution_column8>,,</distribution_column8>
<termatic_rows>1</termatic_rows>
<termatic_column1>,</termatic_column1>
<termatic_column2>1,</termatic_column2>
<termatic_column3>,</termatic_column3>
<auxiliary_rows>0</auxiliary_rows>
<auxiliary_column1 />
<auxiliary_column2 />
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<auxiliary_column3 />
  </heating>
- <cooling rid="1">
  <cooling_exists>1</cooling_exists>
  <production_rows>1</production_rows>
  <production_column1>Αερόψυκτος ψύκτης,</production_column1>
  <production_column2>Electricity,</production_column2>
  <production_column3>0,</production_column3>
  <production_column4>1.0,</production_column4>
  <production_column5>1.0,</production_column5>
  <production_column6>0,</production_column6>
  <production_column7>0,</production_column7>
  <production_column8>0,</production_column8>
  <production_column9>0,</production_column9>
  <production_column10>0,</production_column10>
  <production_column11>0,</production_column11>
  <production_column12>0,</production_column12>
  <production_column13>0,</production_column13>
  <production_column14>0,</production_column14>
  <production_column15>0,</production_column15>
  <production_column16>0,</production_column16>
  <production_column17>0,</production_column17>
  <production_column18>,</production_column18>
  <distribution_rows>2</distribution_rows>
    <distribution_column1>Δίκτυο           διανομής           ψυχρού
    μέσου,Αεραγωγοί,</distribution_column1>
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<distribution_column2>0,,</distribution_column2>
<distribution_column3>,,</distribution_column3>
<distribution_column4>1,,</distribution_column4>
<distribution_column5>False,False,</distribution_column5>
<distribution_column6>,,</distribution_column6>
<termatic_rows>1</termatic_rows>
<termatic_column1>,</termatic_column1>
<termatic_column2>1,</termatic_column2>
<termatic_column3>,</termatic_column3>
<auxiliary_rows>0</auxiliary_rows>
<auxiliary_column1 />
<auxiliary_column2 />
<auxiliary_column3 />
  </cooling>
- <humidification rid="1">
  <humidification_exists />
  <production_rows />
  <production_column1 />
  <production_column2 />
  <production_column3 />
  <production_column4 />
  <production_column5 />
  <production_column6 />
  <production_column7 />
  <production_column8 />
  <production_column9 />
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<production_column10 />
<production_column11 />
<production_column12 />
<production_column13 />
<production_column14 />
<production_column15 />
<production_column16 />
<production_column17 />
<distribution_rows>1</distribution_rows>
<distribution_column1>,</distribution_column1>
<distribution_column2>,</distribution_column2>
<distribution_column3>,</distribution_column3>
<distribution_column4>,</distribution_column4>
<termatic_rows>1</termatic_rows>
<termatic_column1>,</termatic_column1>
<termatic_column2>,</termatic_column2>
<termatic_column3>,</termatic_column3>
  </humidification>
- <ahu rid="1">
  <ahu_exists />
  <ahu_rows />
  <ahu_column1 />
  <ahu_column2 />
  <ahu_column3 />
  <ahu_column4 />
  <ahu_column5 />
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<ahu_column6 />
<ahu_column7 />
<ahu_column8 />
<ahu_column9 />
<ahu_column10 />
<ahu_column11 />
<ahu_column12 />
<ahu_column13 />
<ahu_column14 />
<ahu_column15 />
<ahu_column16 />
  </ahu>
- <dhw rid="1">
  <dhw_exists>1</dhw_exists>
  <production_rows>1</production_rows>
  <production_column1>Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας,</production_column1>
  <production_column2>Electricity,</production_column2>
  <production_column3>4,</production_column3>
  <production_column4>1.0,</production_column4>
  <production_column5>1,</production_column5>
  <production_column6>1,</production_column6>
  <production_column7>1,</production_column7>
  <production_column8>1,</production_column8>
  <production_column9>0.5,</production_column9>
  <production_column10>0.5,</production_column10>
  <production_column11>0,</production_column11>
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<production_column12>0,</production_column12>
<production_column13>0,</production_column13>
<production_column14>0.7,</production_column14>
<production_column15>1,</production_column15>
<production_column16>1,</production_column16>
<production_column17>,</production_column17>
<distribution_rows>1</distribution_rows>
<distribution_column1>,</distribution_column1>
<distribution_column2>False,</distribution_column2>
<distribution_column3>,</distribution_column3>
<distribution_column4>1,</distribution_column4>
<distribution_column5>,</distribution_column5>
<termatic_rows>1</termatic_rows>
<termatic_column1>,</termatic_column1>
<termatic_column2>1,</termatic_column2>
<termatic_column3>,</termatic_column3>
  </dhw>
- <solar_collector rid="1">
  <solar_collector_exists />
  <solar_collector_rows>1</solar_collector_rows>
  <solar_collector_column1>,</solar_collector_column1>
  <solar_collector_column2>False,</solar_collector_column2>
  <solar_collector_column3>False,</solar_collector_column3>
  <solar_collector_column4>,</solar_collector_column4>
  <solar_collector_column5>,</solar_collector_column5>
  <solar_collector_column6>,</solar_collector_column6>
```


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

```
<solar_collector_column7>,</solar_collector_column7>  
<solar_collector_column8>,</solar_collector_column8>  
<solar_collector_column9>,</solar_collector_column9>  
<solar_collector_column10>,</solar_collector_column10>  
  </solar_collector>  
- <lighting rid="1">  
  <lighting_exists>0</lighting_exists>  
  <lighting_parameter1 />  
  <lighting_parameter2 />  
  <lighting_parameter3 />  
  <lighting_parameter4 />  
  <lighting_parameter5 />  
  <lighting_parameter6 />  
  <lighting_parameter7 />  
  <lighting_parameter8 />  
  </lighting>  
  </SYSTEM>  
  </ZONE1>  
  </BUILDING>  
  </ENR_IN>
```