



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΙΧΜΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θερμομονωτικά και Ηχομονωτικά Υλικά και Νέες  
Τεχνολογίες**

**ΚΑΝΑΒΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΟΥΛΑΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

Αθήνα, Ιούλιος 2012





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΙΧΜΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θερμομονωτικά και Ηχομονωτικά Υλικά και Νέες  
Τεχνολογίες**

**ΚΑΝΑΒΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**

**Επιβλέπων: Πουλάκος Γεώργιος**

**Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή**

**Πουλάκος Γεώργιος**

**Μαμάσης Νικόλαος**

**Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα**

**Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Λέκτορας Ε.Μ.Π.**

**Επικ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα, Ιούλιος 2012**

.....  
Καναβός Αλέξανδρος

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Καναβός Αλέξανδρος 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

# Πρόλογος

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στον τομέα Συνθέσεων Τεχνολογικής Αιχμής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η παρουσίαση της σημαντικότητας της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης και η αναλυτική περιγραφή των υλικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στους δύο αυτούς τομείς, κυρίως στον ελλαδικό χώρο. Επιπλέον, παρουσιάζονται και κάποιες νέες τεχνολογίες και καινοτομίες, όπου αυτές υπάρχουν.

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011- 2012 υπό την επίβλεψη του κ. Γεωργίου Πουλάκου, καθηγητή του Ε.Μ.Π. της σχολής Πολιτικών Μηχανικών, στον οποίο και οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεσή της και για τη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές, την υποστήριξη και την συνεχή καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αμέριστη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια της φοιτητικής μου σταδιοδρομίας.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

Καναβός Αλέξανδρος

# Περίληψη

Στην εργασία αυτή επικεντρωνόμαστε στα υλικά τα οποία χρησιμοποιούμε σήμερα στον τομέα της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης. Παρουσιάζονται αρχικά κάποια σημαντικά, για την κατανόηση και ανάλυση του αντικειμένου μας, θέματα και στη συνέχεια περνάμε στην παρουσίαση των εν λόγω υλικών. Επιπλέον, για κάθε κατηγορία υλικών αναφέρονται και οι νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούμε σήμερα, είτε στον ελλαδικό χώρο, είτε –όταν στην Ελλάδα δεν υπάρχουν σημαντικές εξελίξεις- σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πιο αναλυτικά, η εργασία χωρίζεται σε 3 μέρη: το 1<sup>ο</sup> μέρος αφορά στα θερμομονωτικά υλικά, το 2<sup>ο</sup> μέρος στα ηχομονωτικά υλικά και το 3<sup>ο</sup> μέρος -και μικρότερο, συγκριτικά με τα υπόλοιπα μέρη- αφορά στα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα εργασία.

Το 1<sup>ο</sup> μέρος με τη σειρά του χωρίζεται σε 7 κεφάλαια:

- Στο *1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με την ιστορία της θερμομόνωσης.
- Στο *2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους μεταδίδεται η θερμότητα σ' ένα χώρο.
- Στο *3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* αναλύεται το αίσθημα της θερμικής άνεσης και οι παράγοντες που το χαρακτηρίζουν.
- Το *4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* αναφέρεται στις θερμικές απώλειες που παρουσιάζονται σε ένα χώρο.
- Στο *5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* παρουσιάζονται ορισμένα χρήσιμα μεγέθη και σημαντικές για την κατανόηση των παρακάτω έννοιες.
- Στο *6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* περνάμε στην έννοια της θερμικής μόνωσης, στη θέση που μπορεί να έχει στο κτίριο και ποια σημεία είναι ευπαθέστερα και καταλήγουμε στην ταξινόμηση και ανάλυση των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα.
- Στο *7<sup>ο</sup> και τελευταίο Κεφάλαιο* του 1<sup>ου</sup> μέρους γίνεται αναφορά στις νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα στον τομέα της θερμομόνωσης.

Το 2<sup>ο</sup> μέρος της εργασίας χωρίζεται σε 6 κεφάλαια:

- Στο *1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με τη χρησιμότητα της ηχομόνωσης στη σύγχρονη οικοδομή.
- Στο *2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* γίνεται ανάλυση του ελέγχου του ήχου και των δεδομένων που τον επηρεάζουν.
- Στο *3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* ορίζονται κάποια βασικά μεγέθη για την κατανόηση του υπόλοιπου μέρους της εργασίας.
- Το *4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* παρουσιάζει και αναλύει τα 2 βασικά είδη του ήχου.
- Στο *5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* περνάμε στην έννοια της ηχομόνωσης και τις διαφορές που έχει από την ηχοαπορρόφηση και την ηχοπροστασία, στις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των διαφορετικών δομικών στοιχείων όσον αφορά στην ηχομόνωσή τους, παρουσιάζεται ο σκελετός μιας ακουστικής μελέτης και τέλος, ταξινομούνται τα ηχομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα.
- Στο *6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο* γίνεται μια αναφορά στο περιορισμένο θέμα των νέων τεχνολογιών στα ηχομονωτικά υλικά.

Το 3<sup>ο</sup> μέρος της εργασίας, όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζει τα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα εργασία.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Μέρος 1 <sup>ο</sup> : Θερμομονωτικά Υλικά.....	12
1 Εισαγωγικά.....	13
2 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας.....	15
2.1 Η διάδοση της θερμότητας με το μηχανισμό της αγωγιμότητας.....	15
2.2 Η διάδοση της θερμότητας με το μηχανισμό της μεταφοράς.....	16
2.3 Η διάδοση της θερμότητας με το μηχανισμό της ακτινοβολίας.....	16
3 Το αίσθημα της θερμικής άνεσης.....	17
3.1 Η αισθητή θερμοκρασία ενός χώρου.....	17
3.2 Η υγρασία του αέρα.....	18
3.3 Η κίνηση του αέρα.....	19
4 Οι θερμικές απώλειες.....	20
5 Μερικά βασικά χαρακτηριστικά.....	23
5.1 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ.....	23
5.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας, K.....	24
5.3 Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, μ.....	24
5.4 Πυραντοχή υλικού.....	24
5.5 Ειδικό βάρος.....	25
5.6 Εύρος χρήσης.....	25
5.7 Αντοχή σε εφελκυσμό και όριο θραύσης.....	25
5.8 Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης.....	25
5.9 Θερμογέφυρα.....	26
5.10 Φράγμα υδρατμών.....	26
6 Η θερμική μόνωση.....	27
6.1 Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης.....	27
6.1.1 Από το εσωτερικό μέρος τους.....	27
6.1.2 Από το εξωτερικό μέρος τους.....	28
6.1.3 Χρήση ειδικών τούβλων.....	29



6.1.4 Στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων.....	29
<b>6.2 Τα ευπαθή σημεία ενός κτιρίου.....</b>	<b>30</b>
<b>6.3 Τα θερμομονωτικά υλικά.....</b>	<b>32</b>
6.3.1 <u>Ανόργανα υλικά</u> .....	34
6.3.2 <u>Οργανικά υλικά</u> .....	34
6.3.3 <u>Μονωτικά σκυροδέματα</u> .....	34
6.3.4 <u>Οικολογικά υλικά</u> .....	34
6.3.1.1 <u>Διογκωμένος περλίτης</u> .....	35
6.3.1.2 <u>Γαλοβάμβακας</u> .....	36
6.3.1.3 <u>Πετροβάμβακας</u> .....	37
6.3.1.4 <u>Μονωτικά με συνθετικό τη γύψο</u> .....	38
6.3.1.5 <u>Αφρώδες γυαλί</u> .....	39
6.3.2.1 <u>Ξυλόμαλλο</u> .....	39
6.3.2.2 <u>Διογκωμένη πολυστερίνη</u> .....	39
6.3.2.3 <u>Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη</u> .....	40
6.3.2.4 <u>Αφρός πολυουρεθάνης</u> .....	42
6.3.2.5 <u>Φελλός</u> .....	43
6.3.2.6 <u>Πεπιεσμένο άχυρο</u> .....	44
6.3.3.1 <u>Αφρομπετόν</u> .....	44
6.3.3.2 <u>Περλομπετόν</u> .....	46
6.3.4.1 <u>Αφρώδης διογκωμένος φελλός</u> .....	47
6.3.4.2 <u>Προβατόμαλλο</u> .....	47
6.3.4.3 <u>Βαμβακόμαλλο</u> .....	47
6.3.4.4 <u>Κυτταρίνη</u> .....	47
6.3.4.5 <u>Λινάρι</u> .....	48
6.3.4.6 <u>Κάνναβη</u> .....	48
<b>7 Νέες τεχνολογίες.....</b>	<b>49</b>
7.1 <u>Βελτιωμένες υπάρχουσες τεχνικές</u> .....	51
7.2 <u>Θερμοπρόσοψη</u> .....	54
7.2.1 <u>Γενικά</u> .....	54
7.2.2 <u>Τρόπος εφαρμογής</u> .....	55
7.2.3 <u>Αρχιτεκτονική ελευθερία</u> .....	57

7.3	Θερμομονωτικά χρώματα.....	58
7.4	Νανοτεχνολογία.....	59
7.4.1	<u>Γενικά</u> .....	59
7.4.2	<u>Εξήγηση λειτουργίας</u> .....	61
7.4.3	<u>Εφαρμογές</u> .....	61
<b>Μέρος 2<sup>ο</sup>: Ηχομονωτικά Υλικά.....</b>		<b>62</b>
1	Εισαγωγικά.....	63
2	Ο έλεγχος του ήχου.....	67
2.1	Ο άνθρωπος ως δέκτης.....	67
2.2	Η ηχητική πηγή.....	68
2.3	Η πορεία του ήχου.....	69
3	Μερικά βασικά μεγέθη.....	71
3.1	Ήχος.....	71
3.2	Συχνότητα.....	71
3.3	Ένταση.....	72
3.4	Αντήρηση.....	72
3.5	Διαφορά στάθμης ηχητικής πίεσης, D.....	73
3.6	Δείκτης ηχομείωσης, R.....	73
4	Τα είδη του ήχου.....	74
4.1	Αερόφερτος ήχος.....	74
4.2	Κτυπογενής ήχος.....	74
5	Ηχομόνωση.....	76
5.1	Ηχομόνωση και ηχοπροστασία.....	76
5.2	Ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση.....	76
5.3	Ηχομονωτικά χωρίσματα, πλωτά δάπεδα και ηχομόνωση σε πόρτες και παράθυρα.....	77
5.3.1	<u>Μονοκέλυφα ηχομονωτικά χωρίσματα</u> .....	77
5.3.2	<u>Πολυκέλυφα ηχομονωτικά χωρίσματα</u> .....	78
5.3.3	<u>Πλωτά δάπεδα</u> .....	79
5.3.4	<u>Ηχομόνωση σε πόρτες και παράθυρα</u> .....	80
5.4	Ακουστική μελέτη κτιριοδομικής προστασίας.....	81

5.4.1 <u>Προμελέτη</u> .....	82
5.4.2 <u>Οριστική μελέτη</u> .....	83
5.4.3 <u>Μελέτη εφαρμογής</u> .....	83
5.4.4 <u>Μετρήσεις ελέγχου</u> .....	84
<b>5.5 Τα ηχομονωτικά υλικά.....</b>	<b>84</b>
5.5.1 <u>Πολυαιθυλένιο</u> .....	85
5.5.2 <u>Πολυουρεθάνη</u> .....	88
5.5.3 <u>Πολυεστέρας</u> .....	89
5.5.4 <u>Ανακυκλωμένο ελαστικό</u> .....	89
5.5.5 <u>Φελλός</u> .....	90
5.5.6 <u>Προβατόμαλλο</u> .....	91
5.5.7 <u>Καλαμπόκι</u> .....	92
5.5.8 <u>Κέναφ</u> .....	93
5.5.9 <u>Υλικά περιορισμένης χρήσης</u> .....	94
5.5.10 <u>Αντικραδασμικά υλικά</u> .....	95
5.5.11 <u>Θερμομονωτικά υλικά</u> .....	96
<b>6 Νέες Τεχνολογίες.....</b>	<b>97</b>
6.1 <u>Πλακάκια από λάτεξ και πλαστικό</u> .....	97
6.2 <u>Τοποθέτηση ρουλεμάν στο εσωτερικού τοίχου</u> .....	98
<b>Μέρος 3<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα.....</b>	<b>99</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>102</b>

# Μέρος 1<sup>ο</sup>

## Θερμομονωτικά Υλικά

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## Εισαγωγικά

Το ανθρώπινο είδος (*homo sapiens*) κατά τη διάρκεια της ιστορίας και της εξέλιξής του, ανέπτυξε διάφορες στρατηγικές και τεχνικές για το ξεπέρασμα των δυσκολιών που δημιουργούσαν η ζέστη και το κρύο.

Νομάδες στην αρχή, χωρικοί - καλλιεργητές στη συνέχεια, αστοί ιδιοκτήτες διαμερισμάτων πιο μετά, μέχρι τις αρχές του αιώνα μας, οι άνθρωποι ακολουθούσαν την εξής στρατηγική για το ξεπέρασμα του κρύου, στα σπίτια - κελύφη που κατασκεύαζαν: Θέρμαιναν μόνο ένα χώρο, με μια σόμπα ή ένα τζάκι. Εκεί περνούσαν τις περισσότερες ώρες τους και όταν ερχόταν η ώρα του ύπνου, όσοι δεν χωρούσαν να κοιμηθούν κοντά στην εστία ζέστης, χρησιμοποιούσαν διπλανά και μη θερμαινόμενα δωμάτια, στα οποία καλύπτονταν με βαριά μάλλινα ή δερμάτινα παπλώματα.

Οι αγρότες είχαν και μια συμπληρωματική στρατηγική. Ενσωμάτωναν, συνήθως στη βορινή κάτοψη του σπιτιού τους, μια αποθήκη ή ένα στάβλο και έτσι δημιουργούσαν ένα χώρο ανάσχεσης σε επαφή με τον κύριο χώρο κατοικίας, που βοηθούσε στην επίτευξη καλύτερων συνθηκών θερμικής άνεσης. Οι τοίχοι των κτηρίων αυτών είχαν δε ικανοποιητικό πάχος (πολύ μεγαλύτερο των σημερινών), οπότε ο συντελεστής χρονικής υστέρησής τους, ήταν σαφώς καλύτερος από τους σημερινούς. Σ' ένα τοίχο πέτρινο των 60 και 80 εκατοστών η ζέστη ή το κρύο, αντίστοιχα, "έμπαιναν" χοντρικά σε διπλάσιο ή τριπλάσιο χρόνο, σε σχέση με έναν σημερινό των 10 ή των 20 εκατοστών τοίχο από τούβλα, με ελαφριά μόνωση! Η τακτική αντιμετώπισης της ζέστης ήταν περίπου αντίστοιχη και μπορούσε να επιτευχθεί και με τη χρήση ιδιοκατασκευών (αιολικές καμινάδες, κάλαφ, σκίαστρα, στέγαστρα, πέργκολες κ.λ.π.).

Όλα όμως ανατράπηκαν, αρχικά μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, που οδήγησε εκατομμύρια ανθρώπους να συρρεύσουν στα μεγάλα αστικά κέντρα - για λόγους ασφαλείας - και να αναζητήσουν στέγη σε πολυώροφα - και συχνά κακοκτισμένα κτήρια - και αμέσως μετά, με την πετρελαϊκή κρίση του 1973, που έβαλε για πρώτη φορά στην αμέριμνη ανθρωπότητα τα διλήμματα σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και την εξάντληση των πλουτοπαραγωγικών πόρων της γης.

Στα 1974 εμφανίζονται και οι πρώτοι κανονισμοί θερμομόνωσης στις Ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Γερμανία) με στόχο, μέσα από την σωστή θερμομόνωση κτηρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην Ελλάδα, η συζήτηση ξεκινάει το 1979 και στις 04/07/1979 (ΦΕΚ 362) επιβάλλεται η θερμομόνωση όλων των νέων κτιρίων.

Σταδιακά όμως, στα μέσα της δεκαετίας του 80, η Ευρώπη ανακαλύπτει μαζικά και μια άλλη συνιστώσα πέρα από την θερμομόνωση, που είναι η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική. Αυτή μας διδάσκει, όχι μόνο να θερμομονώνουμε τα σπίτια, αλλά και να τα προσανατολίζουμε σωστά σε σχέση με τον ήλιο (χειμωνιάτικο και καλοκαιρινό) αλλά και με τους επικρατούντες ανέμους.

Τέλος στα τέλη της δεκαετίας του 80, η Ευρώπη βάζει και μian άλλη τελευταία συνιστώσα, που δεν είναι άλλη από την οικολογική δόμηση, που με απλά λόγια μας λέει, ότι: "τι νόημα έχει να εξοικονομήσουμε ενέργεια, όταν τα υλικά (θερμομονωτικά π.χ.) που χρησιμοποιούμε είναι καρκινογόνα για τους κατοίκους χρήστες ενός κτηρίου.

# Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

## Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας

Η θερμότητα ρέει πάντοτε από ένα θερμότερο σημείο προς κάποιο άλλο μικρότερης θερμοκρασίας, επιδιώκοντας την εξίσωση των θερμοκρασιών. Η ύπαρξη μιας θερμοκρασιακής διαφοράς αποτελεί την αιτία μετακίνησης της θερμότητας, αλλά ταυτόχρονα και μέτρο της μετακινούμενης ποσότητας. Ανάλογα με το μέσο που υπάρχει ανάμεσα στα δύο σημεία, η μετακίνηση γίνεται και με διαφορετικούς τρόπους, που ονομάζονται μηχανισμοί μετάδοσης ή διάδοσης της θερμότητας.

### 2.1 Η διάδοση της θερμότητας με το μηχανισμό της αγωγιμότητας

Η ροή της θερμότητας πραγματοποιείται μέσα σ' ένα στερεό σώμα μεταδιδόμενη από μόριο σε μόριο χωρίς να συνοδεύεται από μετακίνηση κάποιας ύλης (μάζας). Το ποσό της μετακινούμενης θερμότητας εκτός από την υπάρχουσα διαφορά θερμοκρασιών, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη φύση, τη δομή του σώματος. Η επίδραση της φύσης του σώματος εκφράζεται με ένα συντελεστή, που λέγεται συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού και συμβολίζεται με το  $\lambda$ . Πιο απλά, ο συντελεστής  $\lambda$  ενός υλικού εκφράζει την ευκολία ή τη δυσκολία που αυτό εμφανίζει στο πέρασμα της θερμότητας και αποτελεί μια φυσική του ιδιότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα υλικά για τα οποία οι τιμές του  $\lambda$  είναι μικρότερες από 0.10 παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση στη ροή της θερμότητας και είναι γνωστά σαν θερμομονωτικά υλικά.

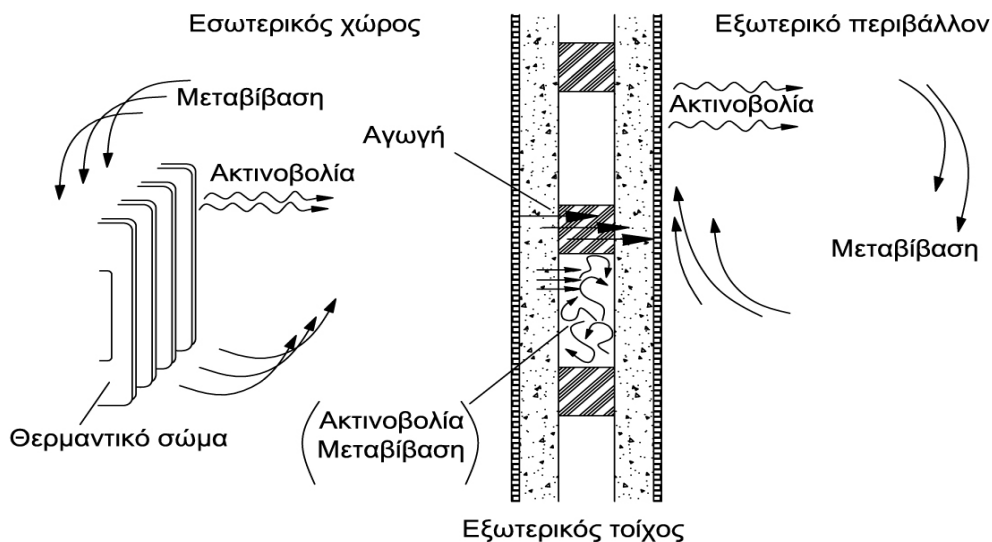
### 2.2 Η διάδοση της θερμότητας με το μηχανισμό της μεταφοράς

Με μεταφορά μεταδίδεται η θερμότητα στη μάζα ρευστών σωμάτων (υγρά ή αέρια) ή από στερεό σε ρευστό και αντίστροφα, όταν βρίσκονται σε επαφή. Μάζες του

αερίου ή του υγρού μεταφέρονται από τα θερμά σημεία του προς τα ψυχρότερα με αποτέλεσμα τη θέρμανσή τους. Η πυκνότητα ενός ρευστού είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μια αραιώση της μάζας του στο σημείο που θερμάνθηκε (θερμική διαστολή) και κατά συνέπεια ελάττωση της πυκνότητας και του βάρους του. Διαφορετικές θερμοκρασίες λοιπόν μέσα σ' ένα ρευστό αντιστοιχούν σε μια ανομοιογένεια πυκνότητας και βάρους και προκαλούν μια κίνηση των μορίων. Με τα μετακινούμενα μόρια μεταφέρεται και η θερμότητα.

### 2.3 Η διάδοση της θερμότητας με το μηχανισμό της ακτινοβολίας

Από την επιφάνεια ενός θερμού σώματος εκπέμπεται προς μια άλλη ψυχρότερη επιφάνεια ή προς το ψυχρότερο περιβάλλον του, θερμική ενέργεια με μορφή κυμάτων. Η εκπεμπόμενη θερμότητα είναι και πάλι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασιών και μερικών άλλων φυσικών ιδιοτήτων των σωμάτων.





# Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

Το αίσθημα της

θερμικής άνεσης

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν σχετικά μεγάλα περιθώρια μεταβολής των καιρικών συνθηκών που ο άνθρωπος μπορεί να προσαρμόζεται. Πάντοτε όμως υπάρχουν ορισμένες συνθήκες που νιώθει πιο ευχάριστα, δε δοκιμάζει καμία ένταση κρύου ή ζέστης, μπορεί να εργαστεί άνετα και αποδοτικά. Αυτές ακριβώς οι συνθήκες ορίζονται ως συνθήκες θερμικής άνεσης. Το αίσθημα της θερμικής άνεσης είναι βέβαια υποκειμενικό και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό ο ακριβής και πλήρης καθορισμός των συνθηκών θερμικής άνεσης είναι μια αρκετά δύσκολη και πολύπλοκη υπόθεση. Υπάρχει όμως η δυνατότητα να γίνει μια αξιόπιστη προσέγγιση του προβλήματος με τη διερεύνηση ορισμένων, των πιο καθοριστικών για τη διαμόρφωσή του, παραγόντων, αναφερόμενων σ' ένα κανονικό ενήλικα άνθρωπο με μια συνηθισμένη μέτρια σωματική δραστηριότητα. Σαν τέτοιοι παράγοντες έχουν θεωρηθεί η αισθητή θερμοκρασία ενός χώρου, η υγρασία και η κίνηση του αέρα του χώρου.

## 3.1 Η αισθητή θερμοκρασία ενός χώρου

Ξεφυλλίζοντας κάποιο παλιό τεχνητό βιβλίο για τα συστήματα θέρμανσης θα δούμε ότι η θερμοκρασία των 18°C θεωρούνταν σαν η πιο κατάλληλη για τον αέρα ενός εσωτερικού χώρου. Σήμερα βέβαια σαν πιο κατάλληλη θεωρείται η θερμοκρασία των 20°C με μια τάση συνεχούς αύξησής της. Οι έρευνες όμως των τελευταίων χρόνων απέδειξαν ότι η θερμοκρασία του αέρα δεν επαρκεί από μόνη της για να χαρακτηρίσει το βαθμό άνεσης ενός χώρου. Αντίθετα, σαν πιο αντιπροσωπευτική θεωρείται η αισθητή θερμοκρασία, δηλαδή η θερμοκρασία που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος και η οποία είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ταχύτητας κίνησης του αέρα. Αν και η αισθητή θερμοκρασία δεν είναι ένα φυσικό μέγεθος που μπορεί να μετρηθεί, στατιστικά και πειραματικά

έχουν καταρτισθεί πίνακες και διαγράμματα που δίνουν τις επιθυμητές τιμές της σε συνάρτηση με τις τιμές των παραγόντων που τη διαμορφώνουν. Η ικανότητα της αισθητής θερμοκρασίας για τον προσδιορισμό του βαθμού άνεσης ενός χώρου, προκύπτει από το γεγονός ότι συνδυάζει τόσο τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου όσο και τη θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Από τους υγιεινολόγους, σαν η πιο κατάλληλη τιμή της αισθητής θερμοκρασίας προτείνεται η τιμή των 20°C έως 22°C, ενώ ταυτόχρονα για την ομοιόμορφη απομάκρυνση της θερμότητας από το σώμα επιβάλλεται:

- Η θερμοκρασία του αέρα να κατανέμεται όσο το δυνατό πιο ομοιόμορφα μέσα στο χώρο. Απαγορεύονται θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες από 4°C.
- Η μέση θερμοκρασία των επιφανειών δεν επιτρέπεται να αποκλίνει από τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου περισσότερο από 3°C.
- Δεν επιτρέπεται οι θερμοκρασίες των επιφανειών του χώρου να παρουσιάζουν έντονες διαφορές μεταξύ τους.

### 3.2 Η υγρασία του αέρα

Στις συνθήκες της θερμικής άνεσης η σχετική υγρασία του αέρα του χώρου μπορεί να κυμαίνεται από 35% μέχρι 70%. Τιμές της υγρασίας μικρότερες από 35% αποξηραίνουν τη βλεννογόνο των αναπνευστικών οδών, επηρεάζοντας την καλή λειτουργία τους. Ταυτόχρονα η σκόνη που σχηματίζεται στο ξηρό αυτό περιβάλλον οξειδώνεται πάνω στα θερμαντικά σώματα παράγοντας αμμωνία και άλλα αέρια που ερεθίζουν τα αναπνευστικά όργανα. Για υγρασία μεγαλύτερη από 70% οι υδρατμοί συμπυκνώνονται στα σημεία του σπιτιού που έχουν χαμηλή θερμοκρασία με αποτέλεσμα τη δημιουργία μούχλας, δυσάρεστων οσμών και τη σαθροποίηση του επιχρίσματος. Σε γενικές γραμμές, όσο μεγαλώνει η υγρασία του αέρα τόσο σε πιο χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζεται ο ιδρώτας.

### 3.3 Η κίνηση του αέρα

Ο αέρας ενός χώρου δεν είναι ποτέ ήρεμος. Διαφορές θερμοκρασιών, δυνάμεις αδράνειας και βαρύτητας προκαλούν μια διαρκή και ακατάστατη κίνησή του με συχνές αλλαγές στη διεύθυνση και την ταχύτητά του. Ο άνθρωπος, αν και ευχάριστα δέχεται το δροσερό αεράκι της εξοχής, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος και στην παραμικρή κίνηση του αέρα σ' έναν κλειστό χώρο. Όταν συμβεί η θερμοκρασία του κινούμενου αέρα να είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου, η κίνηση του αέρα γίνεται ενοχλητική, επικίνδυνη δε όταν συναντάει το σώμα από μία ορισμένη πλευρά (ψύξη). Με την έννοια αυτή, η κίνηση του αέρα έχει μία επίδραση στο αίσθημα της θερμικής άνεσης, επίδραση όμως που ακόμα δεν έχει μελετηθεί σε βάθος.

# Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

## Οι θερμικές απώλειες

Ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, η θερμοκρασία στο εσωτερικό ενός σπιτιού πρέπει να διατηρείται σταθερή στην επιθυμητή τιμή. Επειδή σχεδόν πάντοτε υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του περιβάλλοντος και του εσωτερικού της κατοικίας, υπάρχει συνεχής ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσά τους. Έτσι, το χειμώνα εμφανίζεται μία ροή θερμότητας από το ζεστό σπίτι προς τον ψυχρό εξωτερικό χώρο. Αυτά τα ποσά θερμότητας που μέσα σε μια ώρα «φεύγουν» από το σπίτι είναι γνωστά στην τεχνική ορολογία σαν «θερμικές απώλειες» ή «θερμικές ανάγκες» του σπιτιού. Ταυτόχρονα, η θερμότητα διαφεύγει και από τις ατέλειες του περιβλήματος. Πριν καταφύγει κανείς σε οποιοδήποτε βοηθητικές οικοδομικές κατασκευές για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών πρέπει, κατά τον σχεδιασμό, να έχει υπόψη του πρωταρχικά τους βασικότερους εκείνους παράγοντες που προκαλούν κυρίως αυτές τις απώλειες. Και τέτοιοι παράγοντες είναι:

- *Ο προσανατολισμός και η θέση του κτιρίου* μέσα στο περιβάλλον. Όσο περισσότερο εκτεθειμένο είναι στους ανέμους, τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας εμφανίζει' όσο περισσότερο προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία, τόσο οι απώλειες ψύξης στους εσωτερικούς χώρους είναι μεγαλύτερες.
- *Το μέγεθος των επιφανειών* του εξωτερικού περιβλήματος, του φλοιού δηλαδή του κτιρίου, που είναι άμεσα εκτεθειμένος στις καιρικές συνθήκες σε συνάρτηση με τον όγκο του ( $V$ ) που καθορίζουν τον συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_D$  σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και  $km=F/V$  μέχρι το 2010 σύμφωνα με τον "Κανονισμό Θερμομόνωσης" του 1979). Ένα ελεύθερο στο χώρο κτίριο εμφανίζει πολύ περισσότερες απώλειες από ένα άλλο που είναι εντεταγμένο σ' ένα συνεχές σύστημα δόμησης.
- *Η διάταξη των χώρων στην κάτοψη*, οι λιγότερο εκτεθειμένοι στο ύπαιθρο χώροι έχουν και τις μικρότερες απώλειες. Χώροι τελείως εσωτερικοί, θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμιά θερμική μεταβολή. Αντίθετα, χώροι που

εκτείνονται σε δυο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα τα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.

- Τα εξωτερικά κουφώματα, τα οποία ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό τους και τη θέση τους στις όψεις ενός κτιρίου επηρεάζουν τη ροή της θερμότητας. Μεγάλα παράθυρα αυξάνουν σημαντικά τις απώλειες· κακή προσαρμογή, τόσο των ίδιων με τις υπόλοιπες κατασκευές, όσο και των στοιχείων που τα συγκροτούν (φύλλα, υαλοπίνακες) επιτρέπει τη διείσδυση ρευμάτων αέρα με συνέπειες δυσάρεστες, που δύσκολα αντιμετωπίζονται.

Οι απώλειες αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται με τους διάφορους τρόπους μόνωσης. Πρέπει να τονιστεί ότι με το φράξιμο των χαραμάδων και τον περιορισμό της αθέλητης διείσδυσης αέρα δεν πρέπει να εμποδίζεται ο απαραίτητος αερισμός της κατοικίας. Για την υγεία των χρηστών, είναι απαραίτητο να ανανεώνεται ο αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό μιας κατοικίας. Ο αερισμός των κατοικιών πρέπει να είναι γενικός και μόνιμος ακόμη και στην περίοδο που η εξωτερική θερμοκρασία υποχρεώνει να διατηρούνται κλειστά τα παράθυρα. Η κυκλοφορία του αέρα πρέπει να γίνεται ανεμπόδιστα, σε όλους τους χώρους διαβίωσης. Όλοι οι κύριοι χώροι πρέπει να έχουν ανοίγματα για την είσοδο του αέρα και όλοι οι χώροι υπηρεσίας εξαερισμούς. Μεταξύ των κυρίων χώρων υπηρεσίας πρέπει να υπάρχουν ελεύθερα περάσματα για να κυκλοφορεί ο αέρας μεταξύ τους. Τόσο η εισαγωγή όσο και η απαγωγή του αέρα από το εσωτερικό των κατοικιών, μπορεί να γίνεται με τρόπο φυσικό ή μηχανικό ή με συνδυασμό των δύο μεθόδων. Τα ανοίγματα όμως που υπαγορεύει ο φυσικός αερισμός (παράθυρα, φεγγίτες, χαραμάδες κάτω από πόρτες), όσο και ο μηχανικός εξαερισμός (στόμια και συναρμογές σωληνώσεων, καμινάδες κλπ) πρέπει να προστατεύονται σωστά για να μη διαφεύγει άσκοπα θερμική ενέργεια από το κτήριο.

Ο βασικός όγκος των απωλειών οφείλεται στη θερμική αγωγιμότητα των εξωτερικών επιφανειών της κατοικίας, δηλαδή στην ιδιότητα της θερμότητας να μετακινείται μέσα σ' ένα στερεό σώμα. Το ποσό της θερμότητας που «διαφεύγει» από το σπίτι με αυτόν τον τρόπο εξαρτάται:

- Από τη διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

- Από το μέγεθος της εξωτερικής επιφάνειας του σπιτιού.
- Από ένα συντελεστή, που συμβολίζεται με  $K$  και λέγεται «συντελεστής θερμοπερατότητας». Με το συντελεστή  $K$  εκφράζεται η ευκολία ή η δυσκολία που παρουσιάζουν οι εξωτερικές επιφάνειες του σπιτιού στο πέρασμα από μέσα τους, της θερμότητας.

# Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

## Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

Έχουμε ήδη αναφέρει δύο συντελεστές που είναι χρήσιμοι στην ανάλυση των εννοιών της θερμομόνωσης. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε αναλυτικά κάποια βασικά χαρακτηριστικά που θα φανούν χρήσιμα.

### 5.1 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, $\lambda$

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια  $1\text{m}^2$  και πάχος  $1\text{m}$ , όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών) είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται σε βατ ανά μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ).

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Συνήθως, χαρακτηρίζεται από μια μέση τιμή. Η θερμική αγωγιμότητα επηρεάζεται αρνητικά από την υγρασία, γεγονός που εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι  $0,57 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ , δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου, ξηρού αέρα. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται από τις διάφορες εταιρείες ισχύουν συνήθως με μια ανοχή 5 - 10% ανάλογα με το είδος του υλικού. Η προσαύξηση αυτή λαμβάνει υπόψη της λάθη μετρήσεων και την ανομοιομορφία των περισσότερων μονωτικών.

## 5.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας, K

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια  $1\text{m}^2$  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. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ).

## 5.3 Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, $\mu$

Τα θερμομονωτικά υλικά πρέπει να είναι και να παραμείνουν στεγνά. Αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερα όσο μεγαλύτερη αντίσταση παρουσιάζει ένα υλικό στη διάχυση υδρατμών και καθορίζεται από τον αδιάστατο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών,  $\mu$ . Ο συντελεστής αυτός είναι σχετικό μέγεθος, αδιάστατο και δίνει κατά πόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ενός στρώματος του υλικού σε σχέση με στρώμα αέρα ίσου πάχους. Όσο μικρότερος λοιπόν είναι ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία.

## 5.4 Πυραντοχή υλικού

Προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη (μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) προς τη χειρότερη είναι A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 και C3. Συνοπτικά, τα υλικά των κατηγοριών A1 και A2 δεν παρουσιάζουν καμία ανάφλεξη, τα υλικά των κατηγοριών A3 και B1 αντιστέκονται στη φωτιά και τέλος, τα υλικά των κατηγοριών B2 και κάτω δεν αντιστέκονται στη φωτιά ή ακόμη είναι εύφλεκτα.



## 5.5 Ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος αποτελεί μια ακόμη χρήσιμη ιδιότητα, διότι ακόμη και στην ίδια κατηγορία υλικών μπορεί ένα ελαφρότερο υλικό να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από βαρύτερο επειδή έχει μεγαλύτερες και πυκνότερες κυψέλες.

## 5.6 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.

## 5.7 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.

## 5.8 Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης

Πρόκειται για μία πολύ σημαντική ιδιότητα, αφού αφορά άμεσα στους πραγματικούς χρήστες των υλικών, στους τεχνίτες στο εργοτάξιο. Είναι εύλογο, ότι ένα υλικό που είναι ελαφρύ, μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου. Ένα υλικό που είναι μαλακό και όχι εύθρυπτο κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές διαμορφώσεις ενός ξυλότυπου ή μίας τοιχοποιίας. Ένα υλικό που ψεκάζεται με μορφή αφρού, μπορεί να καλύψει μία γεωμετρικά περίπλοκη επιφάνεια, όπως έναν θόλο, 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.

## 5.9 Θερμογέφυρα

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

## 5.10 Φράγμα υδρατμών

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

# Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

## Η θερμική μόνωση

Αντικείμενο της θερμικής μόνωσης είναι να προστατευτούν από τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, όλα εκείνα τα κρίσιμα δομικά στοιχεία του που δέχονται τις μεταβολές αυτές. Η προστασία θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζονται:

- Η βέλτιστη ποιότητα διαβίωσης και εργασίας των ενοίκων του κτιρίου.
- Η ορθολογική κατανάλωση ενέργειας και η εξοικονόμηση των δαπανών, τόσο για τη θέρμανση το χειμώνα, όσο και για την ψύξη το καλοκαίρι.
- Η προστασία των κατασκευών που συγκροτούν το κτίριο από τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.
- Ο περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα καυσαέρια με την εύρυθμη, αλλά και μειωμένης ημερήσιας διάρκειας, λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.

Η σημασία και η αναγκαιότητα της προστασίας από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, δεν αμφισβητείται πλέον από κανέναν, ακριβώς εξαιτίας όλων των παραπάνω λόγων.

### 6.1 Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές

#### *6.1.1 Από το εσωτερικό μέρος τους*

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα.

Ο τρόπος αυτός θερμομόνωσης έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχει περιορισμένο χρόνο κατασκευής
- Αποτελεί φθηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερη προστασία των μονωτικών από τις εξωτερικές επιδράσεις.
- Έχει απλή κατασκευή
- Θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος
- Η κατασκευή μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες.

Η θερμομόνωση των τοίχων από την εσωτερική πλευρά έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- Περιορίζεται ο εσωτερικός χώρος
- Ο χώρος ψύχεται πολύ σύντομα. Μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου.
- Τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από συστολές και διαστολές από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Κίνδυνος ρηγματώσεων και εισροής βρόχινου νερού.
- Υπάρχει μικρό πρόβλημα στην τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

### *6.1.2 Από το εξωτερικό μέρος τους*

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Με την κατασκευή αυτή εμφανίζονται τα εξής πλεονεκτήματα:

- Ο χώρος διατηρεί τη θερμότητα και μετά τη διακοπή της θέρμανσης από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων.
- Στους νότιους ειδικά χώρους των κτηρίων διατηρείται η θερμότητα από το ηλιακό θερμικό κέρδος γιατί αποθηκεύεται στους βαρείς εσωτερικούς τοίχους.
- Δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή της εσωτερικής θερμομόνωσης.
- Δε μειώνεται ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος.

- Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και διαστολές.

Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι:

- Η κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ακριβότερη σε σχέση με τη θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου.
- Δεν είναι πολύ εύκολη η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στην περίπτωση που οι τοίχοι έχουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές.
- Υπάρχει αδυναμία εφαρμογής της εξωτερικής θερμομόνωσης σε κτήρια με έντονο εξωτερικό μορφολογικό ενδιαφέρον όψεων.
- Απαιτούνται σκαλωσιές για τις εργασίες κατασκευής σε πολυώροφα κτήρια.
- Χρειάζεται ειδική προστασία των υλικών διαφόρων στρώσεων για προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις.

### *6.1.3 Χρήση ειδικών τούβλων*

Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος κτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας  $K$  που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν απαιτείται να αυξηθεί ο συντελεστής αυτός προστίθεται μονωτικό που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκ κατασκευής ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται, με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων, η σωστή στεγανότητα ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων.

### *6.1.4 Στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων*

Αποτελεί μέθοδο τοποθέτησης θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται πολύ στη χώρα μας. Συνήθως το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ δύο δρομικών τοίχων και αυτό ίσως αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Εξασφαλίζεται δηλαδή η θερμομόνωση, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται επαρκώς και η στατική αντοχή του συστήματος και ιδιαίτερα η αντοχή που απαιτείται από τον αντισεισμικό

κανονισμό. Η κατασκευή αυτού του τύπου θερμομόνωσης έχει περιθώρια βελτίωσης.

## 6.2 Τα ευπαθή σημεία ενός κτιρίου

Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιριακού έργου πρέπει να εκτελείται με ορισμένες προϋποθέσεις, που τις καθορίζουν η μελέτη θερμομόνωσης, η θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευθεί, η θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στην κατασκευή (εσωτερικά ή εξωτερικά). Είναι ευνόητο ότι δεν μπορούν να αγνοηθούν και οι προϋποθέσεις που επιβάλλουν οι απαιτήσεις προστασίας από την υγρασία. Για το λόγο αυτό το πρόβλημα της θερμομόνωσης δεν μπορεί να εξετάζεται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με όλες τις άλλες απαιτήσεις προστασίας. Πάντως πρέπει και εδώ να αναφερθεί ότι τα πιο ευπαθή σημεία ενός κτιριακού έργου, που έχουν ανάγκη θερμικής προστασίας είναι:

- **Το δώμα και η στέγη**, που παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες, μια και είναι τα μέρη εκείνα του έργου που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι τοποθέτησης της θερμικής μόνωσης, ανάλογα με το είδος της στέγασης και τον τρόπο προστασίας της από την υγρασία. Πάντως, για την περίπτωση μόνωσης πλάκας μπετόν-αρμέ, το θερμομονωτικό υλικό πρέπει να μπαίνει στην εξωτερική της επιφάνεια (ψυχρή πλευρά), ώστε και να την προστατεύει από τις θερμικές μεταβολές, αλλά και να της επιτρέπει να λειτουργεί ως συσσωρευτής θερμότητας για τον εσωτερικό χώρο. Πρέπει επίσης να προβλέπεται προστασία του θερμομονωτικού υλικού μ' ένα φράγμα υδρατμών (συνήθως από ασφαλτικό γαλάκτωμα) τόσο από τη συμπύκνωση, όσο και από την υγρασία των κατασκευών που πρόκειται να ακολουθήσουν. Σε διαφορετική περίπτωση η επικάλυψη του υλικού με μια αδιάβροχη μεμβράνη νάιλον είναι αρκετή, πριν αρχίσει οποιαδήποτε άλλη εργασία κατασκευής επιστρώσεων. Όμως με την εξέλιξη της βιομηχανίας, σήμερα παράγονται θερμομονωτικές πλάκες αντοχής από αφρώδες υλικό με κλειστές κυψέλες κατά 100%, οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από τη στεγανοποίηση. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την αναθεώρηση των μέχρι σήμερα καθιερωμένων απόψεων σε ότι αφορά τη διάταξη των μονωτικών υλικών, και οδηγεί στο να βρεθούν κατασκευαστικές λύσεις εύκολες, ελαφρές και οικονομικά πρόσφορες.

➤ **Τα πλευρικά τοιχώματα**, δηλαδή ο εξωτερικός φλοιός του κτιρίου, που υπόκειται σε μια σειρά επιδράσεων και ο οποίος, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του, προκαλεί επίσης μεγάλες θερμικές απώλειες. Η θερμική προστασία των πλευρικών τοιχωμάτων μπορεί να γίνει εσωτερικά ή εξωτερικά, ανάλογα με τη χρήση των χώρων που προστατεύουν και το βασικό υλικό δομής τους. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις τοιχωμάτων, στις οποίες η θερμική μόνωση τοποθετείται ανάμεσα σε δυο κατακόρυφα στρώματα ομοιογενών ή ανόμοιων υλικών. Είναι λύση σχετικά απλή η οποία όμως, όπως και οι προηγούμενες, έχει και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Πάντως, σε όλες τις περιπτώσεις κατά την κατασκευή των πλευρικών τοιχωμάτων, πρέπει να παίρνονται τα κατάλληλα εκείνα μέτρα, ώστε:

1. να προστατεύεται το θερμομονωτικό υλικό με φράγμα υδρατμών από τη συμπύκνωση και τη δρόσο,
2. να παρεμποδίζεται η διείσδυση των νερών της βροχής, που θα έχει ως συνέπεια να προκληθεί ανεπανόρθωτη καταστροφή του υλικού, και
3. να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες που αυξάνουν τις θερμικές απώλειες και δημιουργούν διαφορετικές θερμικές τάσεις στα επιμέρους υλικά που συνθέτουν την κατασκευή.

Επιπλέον, πρέπει να αποφεύγεται η διάτμηση (το ξετρύπημα) των εξωτερικών τοιχωμάτων για να περάσουν σωληνώσεις εγκαταστάσεων ή άλλου είδους κατασκευές. Όπου αυτό είναι απαραίτητο, τότε επιβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των ευπαθών αυτών σημείων, τόσο από τη θερμότητα, όσο και από την υγρασία.

➤ **Τα κουφώματα**, που είναι και τα περισσότερο ευπαθή σημεία ενός κτιρίου. Για να περιορίζονται οι απώλειες θερμότητας, πρέπει οι αρμοί συναρμογής των πλαισίων να κατασκευάζονται απόλυτα αδιαπέρατοι από τον αέρα. Πρέπει επίσης τα υλικά που τα συγκροτούν (ξύλο, αλουμίνιο, σίδηρο) να είναι άριστης ποιότητας ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις των φύλλων. Όταν πρόκειται για ξύλινα παράθυρα ή πόρτες αυτό δεν είναι εύκολα κατορθωτό εξαιτίας της φύσης του υλικού. Πάντως, ο Κανονισμός

δέχεται για λογούς υγιεινής - και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για κατοικίες - την όχι τέλεια αεροστεγανότητα των φύλλων των κουφωμάτων, στις περιπτώσεις που δεν προβλέπεται άλλου είδους αερισμός για το χώρο.

- **Το κατώτερο δάπεδο** του κτίσματος, το οποίο όμως δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία, εκτός αν το απαιτεί η χρήση των χώρων (δάπεδο ισογείου, σ' επαφή με το έδαφος). Οπωσδήποτε όμως απαιτείται φροντίδα στις περιπτώσεις που το κτίριο είναι υψωμένο σε pilotis.
- **Τα στηθαία των παραθύρων**, όπου συνήθως τοποθετούνται τα θερμαντικά σώματα, επειδή λειτουργικοί λόγοι επιβάλλουν συχνά τη μείωση του πάχους του τοιχώματος στις θέσεις αυτές. Επίσης, η έντονη θερμική ακτινοβολία προκαλεί συμπύκνωση στις θέσεις αυτές γρηγορότερα παρά στις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου, με αποτέλεσμα να καταπονούνται περισσότερο οι κατασκευές που γειτονεύουν με τα θερμαντικά σώματα.

### 6.3 Τα θερμομονωτικά υλικά

Ως υλικά θερμομόνωσης θεωρούνται εκείνα που εμφανίζουν το μικρότερο δυνατό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ). Η θερμική αγωγιμότητα ενός στερεού υλικού εξαρτάται:

- **Από τον όγκο του αέρα** που είναι κλεισμένος μέσα στους πόρους. Ο αέρας, όπως και κάθε αέριο, όταν είναι ακινητοποιημένος (σε ηρεμία) έχει μεγαλύτερη αντίσταση θερμοδιαφυγής από οποιοδήποτε στερεό. Έτσι, όσο μεγαλύτερος είναι ο συνολικός όγκος των πόρων ενός στερεού υλικού, τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμομονωτική του ικανότητα. Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι, επομένως, μια πρώτη ένδειξη της μικρής ή μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας του. Όσο μικρότερο το φαινόμενο ειδικό βάρος ενός υλικού, τόσο μικρότερη είναι η θερμική του αγωγιμότητα.
- **Από το μέγεθος και τη δομή των πόρων.** Όσο μικρότεροι, ίσοι και ομοιόμορφα κατανεμημένοι είναι οι πόροι, τόσο καλύτερα ακινητοποιείται ο αέρας που είναι κλεισμένος μέσα τους, και τόσο μικρότερη είναι η θερμική



αγωγιμότητα του υλικού. Κλειστοί πόροι ακινητοποιούν τον αέρα, ενώ πόροι που επικοινωνούν μεταξύ τους διαταράσσουν την ηρεμία του.

- **Από τη θερμική αγωγιμότητα της ύλης,** που διαμορφώνει τα τοιχώματα των πόρων και συγκροτεί τον ιστό του μονωτικού υλικού. Ο ιστός αυτός, ως συμπαγές υλικό, ανάλογα με το αν είναι ανόργανος ή οργανικός έχει και ένα δικό του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να προσδιορίζεται η θερμομονωτική ικανότητα ενός μονωτικού υλικού μόνο από το φαινόμενο ειδικό βάρος του. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το βασικό υλικό που το συγκροτεί.
- **Από την περιεκτικότητα σε υγρασία.** Το νερό έχει από μόνο του 25 φορές μεγαλύτερη αγωγιμότητα από αυτήν του αέρα που ηρεμεί. Όταν λοιπόν καταλάβει τη θέση του εγκιβωτισμένου αέρα, επηρεάζει αρνητικά τη θερμική αγωγιμότητα του μονωτικού υλικού. Αν μάλιστα προστεθεί και το φαινόμενο της μεταφοράς θερμικών φορτίων από τη διακίνηση των υδρατμών που θα δημιουργηθούν, τότε το υλικό μπορεί να χάσει τελείως τη μονωτική του αξία. Επομένως το υλικό πρέπει να προστατεύεται με φράγμα προστασίας, τόσο από την υγρασία, όσο κι από τους υδρατμούς που προκαλούνται από τη συμπύκνωση. Όσα υλικά έχουν κλειστούς πόρους είναι ευνόητο ότι δεν είναι υδατοπερατά, και επομένως δεν επηρεάζονται από την υγρασία.
- **Από το πάχος τους.** Όσο αυξάνει το πάχος του υλικού τόσο μεγαλύτερη γίνεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής του.

Μετά από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορεί κανείς να βγάλει εύκολα το συμπέρασμα ότι ο ρόλος του ακινητοποιημένου αέρα είναι αρκετά σημαντικός μέσα στις διαδικασίες κατασκευής μιας θερμομόνωσης. Και είναι γεγονός, ότι ένα στρώμα ακίνητου αέρα αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά μέσα θερμομόνωσης, κι οπωσδήποτε το περισσότερο οικονομικό, αρκεί το πάχος του στρώματος να μη ξεπερνά τα 4 - 5 cm. Σε περίπτωση που απαιτείται μεγαλύτερο πάχος για να καλυφθούν μεγαλύτερες θερμομονωτικές απαιτήσεις, τότε πρέπει να δημιουργούνται παράλληλα στρώματα αέρα λεπτού πάχους, διαχωρισμένα με αδιαπέραστες κατασκευές. Η αρχή αυτή έχει μεγάλη εφαρμογή κατά την επιλογή του

πάχους και του αριθμού τζαμιών των παραθύρων (διπλό τζάμι, τριπλό κλπ.). Είναι ευνόητο ότι στρώματα αέρα που χρησιμοποιούνται για την προστασία από την συμπύκνωση (αερισμός τοίχων, δαπέδων, ψυχρής στέγης) δεν μπορούν να έχουν τις παραπάνω θερμομονωτικές ιδιότητες, μια και στις περιπτώσεις αυτές ο αέρας δεν ηρεμεί αλλά, αντίθετα, κινείται με μεγάλες ταχύτητες.

Τα θερμομονωτικά υλικά διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

#### 6.3.1 Ανόργανα υλικά

Τέτοια υλικά είναι ο διογκωμένος περλίτης (εμπορική ονομασία: Perlomin), ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, τα θερμομονωτικά τούβλα κλπ.

#### 6.3.2 Οργανικά υλικά

Τέτοια υλικά είναι το ξυλόμαλλο (εμπορική ονομασία: Heraklith), η διογκωμένη πολυστερίνη (εμπορική ονομασία: Felizol), η εξηλασμένη πολυστερίνη (εμπορική ονομασία: Styrofoam ή Fibrostir) κλπ.

#### 6.3.3 Μονωτικά σκυροδέματα

Έχουν σαν συνδετική ύλη το τσιμέντο και τα αδρανή υλικά ειδικά υλικά που εξασφαλίζουν την παρουσία κυψελίδων αέρα. Τα σπουδαιότερα μονωτικά σκυροδέματα είναι το αφρομπετόν (κυψελωτό σκυρόδεμα), το περλομπετόν και το κισσηρομπετόν.

#### 6.3.4 Οικολογικά υλικά

Αυτά τα θερμομονωτικά υλικά δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους, είναι ανακυκλώσιμα, δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά τη παραγωγή τους και δεν περιέχουν τοξικούς ή καρκινογόνους ρύπους. Τέτοια υλικά είναι η διογκωμένη άργιλος (εμπορική ονομασία: Lega), ο διογκωμένος φελλός, τα λιναρόμαλλα, τα φύλλα από υπολείμματα βαμβακιού κλπ.

### 6.3.1.1 Διογκωμένος περλίτης



Ο περλίτης είναι φυσική ηφαιστειακή ύαλος που σχηματίζεται με την απότομη ψύξη και στερεοποίηση λάβας, παγιδεύοντας νερό στη μάζα της. Στην ύπαρξη του παγιδευμένου νερού οφείλεται η πιο σημαντική ιδιότητα του περλίτη, που είναι η ικανότητά του να διογκώνεται σε

θερμοκρασίες 800°-950°C. Μία λευκή μάζα από μικροσκοπικές υαλώδεις φυσαλίδες σχηματίζεται όταν ο περλίτης, με απότομη ελεγχόμενη θέρμανση, τήκεται και διογκώνεται, ως αποτέλεσμα της εξάτμισης του παγιδευμένου νερού. Ο όγκος του αυξάνεται 10 έως 20 φορές, με αντίστοιχη ελάττωση του ειδικού του βάρους, και αποκτά έτσι μεγάλες και ξεχωριστές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.

Ο διογκωμένος περλίτης έχει φαινόμενο βάρος που κυμαίνεται από 40 μέχρι 150 kg/m<sup>3</sup> και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, σε ξηρή μορφή, που κυμαίνεται από 0.034 μέχρι 0.048 kcal/m\*h\*°C. Έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής και σταθερότητα όγκου. Είναι άκαυστο υλικό και αντέχει σε πάρα πολύ υψηλές θερμοκρασίες (σημείο τήξης 1300°C) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται και σαν προστατευτικό κατά της φωτιάς. Έχει αξιόλογες ηχοαπορροφητικές ικανότητες. Προσβάλλεται από την υγρασία και επομένως απαιτεί τη σχετική προστασία του. Σε ανάμιξη με τσιμέντο, νερό και ορισμένα πρόσμικτα κατασκευάζονται τα διάφορα περλιτοδέματα (περλομπετόν) και περλιτοεπιχρίσματα. Ανάλογα με την κοκκομετρία του χρησιμοποιούμενου περλίτη και την αναλογία ανάμιξής του με τσιμέντο παίρνουμε διαφορετικών πυκνοτήτων περλιτοδέματα που βρίσκουν θερμομονωτικές εφαρμογές σε ταράτσες, οροφές, δάπεδα κλπ.

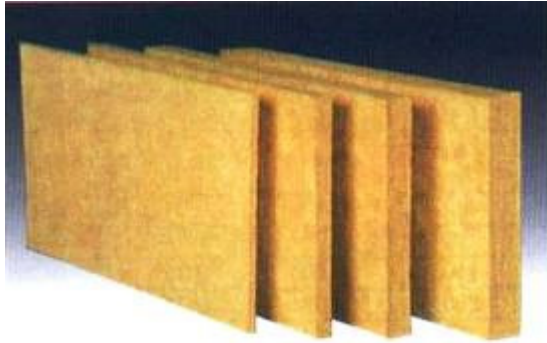
### 6.3.1.2 Υαλοβάμβακας



Ο υαλοβάμβακας ανήκει στην κατηγορία των ινωδών μονωτικών υλικών ορυκτής προέλευσης και η πρώτη του ύλη είναι η φυσική άμμος, στην οποία προστίθενται διάφορα ρευστά συστατικά και ανακυκλωμένα προϊόντα. Το μείγμα λιώνει στους 1100 °C σε ηλεκτρικό φούρνο. Το ρευστό γυαλί πλέον, διοχετεύεται με ταχύτητα σε στρεφόμενο δίσκο με σπές. Εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης, δημιουργούνται λεπτότατες ίνες, που στην συνέχεια με την προσθήκη συνδετικών υλών συνενώνονται, δίνοντας το τελικό προϊόν, που διαμορφώνεται πλέον σε ρολά, πλάκες ή κοχύλια, χωρίς ή με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, υαλοϋφάσματος ή ασφαλτικού χαρτιού, σε διάφορες διαστάσεις και πυκνότητες ( $13-110 \text{ Kgr/m}^3$ ) με ποικίλες φυσικές και μηχανικές αντοχές. Ο αέρας που εγκλωβίζεται ανάμεσα στις ίνες, δίνει στο υλικό τις θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές του ιδιότητες.

Ο υαλοβάμβακας είναι άκαυστο υλικό, άοσμο, ενώ μεταφέρεται και τοποθετείται εύκολα. Δε φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του και επίσης δεν προσβάλλεται από διαλύτες αλλά και δεν προσβάλλει τα μέταλλα. Οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία, δεν προσβάλλεται από έντομα και παράσιτα και η απορρόφηση νερού στη μάζα του είναι πρακτικά μηδενική. Ο υαλοβάμβακας διαθέτει επίσης ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από  $-100^\circ\text{C}$  έως  $500^\circ\text{C}$ . Η αντοχή στον εφελκυσμό ( $0,005 \text{ N/mm}^2$ ) και το όριο θραύσης ( $0,005-0,015 \text{ N/mm}^2$ ) κρίνονται ικανοποιητικές. Ωστόσο, εμφανίζει μικρή αντοχή σε συμπίεση και ως εκ τούτου δεν προσφέρεται η χρήση του για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις. Ωστόσο, στις χαμηλές πυκνότητες δεν έχει μηχανικές αντοχές, ενώ σε σχέση με τον πετροβάμβακα υστερεί στην αντοχή στη φωτιά.

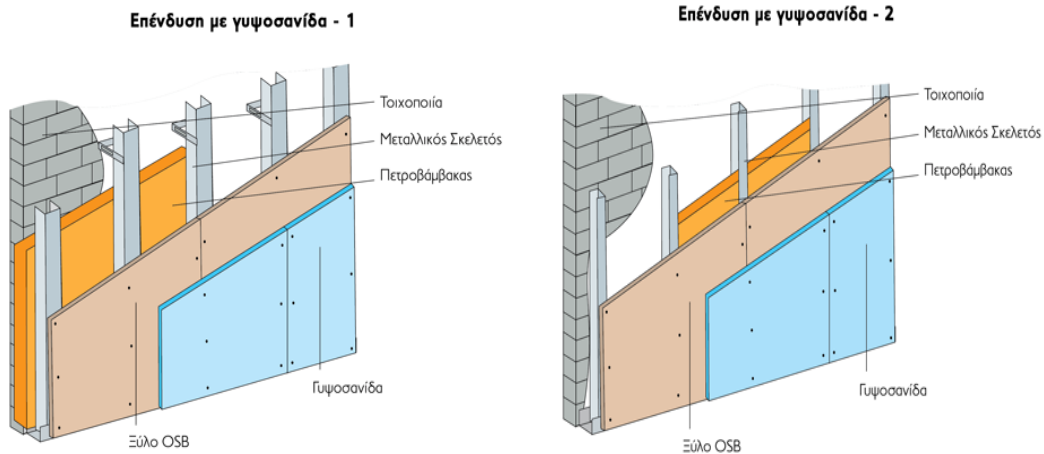
### 6.3.1.3 Πετροβάμβακας



Ο πετροβάμβακας ανήκει στην κατηγορία των ινωδών μονωτικών υλικών. Οι ίνες διαμέτρου μικρότερης από 4 ή 5μm, προέρχονται από ορυκτά, όπως ο βασάλτης, ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης και ο βωξίτης. Το μίγμα λιώνει σε ηλεκτρικό φούρνο στους 1520

°C, ινοποιείται με περιστροφική κίνηση και οι παραγόμενες ίνες αποκτούν την συνεκτικότητά τους με προσθήκη συγκολλητικής ρητίνης ανθεκτικής σε υψηλή θερμοκρασία. Η υψηλή υδροαπωθητικότητα επιτυγχάνεται με τον ψεκασμό των ινών με ειδικές πυριτικές ενώσεις. Το τελικό προϊόν διατίθεται σε μορφή ρολών, πλακών ή κοχυλιών, σε διάφορες διαστάσεις και πυκνότητες (30-200 Kgr/m<sup>3</sup>), με ή χωρίς επικάλυψη αλουμινίου, ασφαλικής στρώσης, υαλοϋφάσματος ή με ραμμένο κοτετσόσυρμα, με ποικίλες φυσικές και μηχανικές αντοχές. Ο πετροβάμβακας έχει θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες, όπως άλλωστε και ο υαλοβάμβακας, υπερτερώντας όμως στην αντοχή στη φωτιά (οι ίνες του αντέχουν μέχρι και στους 1000 °C). Έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών στα κτίρια, αντίστοιχο με του υαλοβάμβακα, αλλά και περισσότερες χρήσεις για βιομηχανικές μονώσεις.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα (30 kg/m<sup>3</sup>) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως 0,045 W/(m\*K). 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. Ο πετροβάμβακας είναι άκαυστο υλικό, άοσμο, ενώ οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Σε μεγάλες πυκνότητες, έχει υψηλές μηχανικές αντοχές, εφαρμόζεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και δε φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του και την σταθερότητα των διαστάσεών του. Τέλος, δεν προσβάλλεται από διαλύτες, έντομα



και παράσιτα και δεν προσβάλλει τα μέταλλα. 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  $0,0075 \text{ N/mm}^2$ .

Το **I.A.R.C.** (διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου) που υπάγεται στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, κατατάσσει τόσο τον πετροβάμβακα όσο και τον υαλοβάμβακα στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Στη Γερμανία απαγορεύτηκε η χρήση τους σε δημόσια κτήρια και στα μικρότερα έργα επιτρέπεται μόνο όταν στεγανοποιηθούν απόλυτα. Το **I.A.R.C.** επισημαίνει επίσης τον κίνδυνο αναπνευστικών μολύνσεων, λαρυγγίτιδων, φαρυγγίτιδων κλπ σε χώρες όπου εφαρμόζονται αυτά τα υλικά.

#### 6.3.1.4 Μονωτικά με συνθετικό τη γύψο

Είναι γυψοσανίδες, πλάκες από γύψο ή γυψόχαρτο. Συχνά περιέχουν και άλλα ελαφρά συστατικά φυτικής ή ορυκτής προέλευσης. Ειδικές πλάκες από γύψο και χαρτί χρησιμοποιούνται για πυροπροστασία. Οι γυψοσανίδες αποτελούν το πιο χαρακτηριστικό παραγόμενο της γύψου που χρησιμοποιείται σήμερα στη σύγχρονη δόμηση. Είναι επίπεδα, ορθογώνια δομικά στοιχεία που αποτελούνται από πυρήνα γύψου επενδυμένο από τις δύο πλευρές με ειδικό χαρτί για μεγαλύτερη αντοχή και καλύτερη επιφάνεια. Η σύσταση της γυψοσανίδας την κάνει ελαφριά και εύκολη στην τοποθέτηση, και επίσης έτσι αποφεύγεται το χτίσιμο και το σοβάντισμα.

#### 6.3.1.5 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. Έχει ως βασικό συστατικό, ωστόσο, την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με επεξεργασία διογκωτικού μέσου σε δύο τύπους, με τη μορφή ανοικτών ή κλειστών πόρων. Είναι ανθεκτικό στη σήψη και στα παράσιτα. Πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή, γιατί μπορεί να διαβρωθεί από το στάσιμο νερό.

#### 6.3.2.1 Ξυλόμαλλο

Παρασκευάζεται, κυρίως, από ίνες ξύλου αλλά και από φύκια, καλάμια ή άλλα λεπτά οργανικά υλικά αναμεμιγμένα με τσιμέντο υψηλής αντοχής. Παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε κάμψη, θλίψη, γήρανση και είναι ανθεκτικό στη φωτιά. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία γιατί προσβάλλεται από νερό πολύ εύκολα, όταν όμως στεγνώσει επανακτά σε μεγάλο βαθμό τις θερμομονωτικές του ιδιότητες. Βρίσκεται σε δύο τύπους:

α. Heraclith: Είναι συμπαγείς πλάκες από ξυλόμαλλο και χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό.

β. Heratecta: Είναι σύνθετες πλάκες, οι οποίες αποτελούνται από τρεις στρώσεις. Οι δυο εξωτερικές είναι πλάκες από ξυλόμαλλο και η ενδιάμεση είναι διογκωμένη πολυστερίνη ή πολυουρεθάνη. Χρησιμοποιείται σε αυξημένες απαιτήσεις θερμομόνωσης.

#### 6.3.2.2 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 δωματίων, τοίχων και πατωμάτων.

Η διογκωμένη πολυστερίνη διαθέτει ικανοποιητική θερμομονωτική ικανότητα ( $0,029-0,041 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ ). 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  $-70^{\circ}\text{C}$  ως  $90^{\circ}\text{C}$ . 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. Ιδιαίτερο πλεονέκτημα της διογκωμένης πολυστερίνης αποτελεί η ευκολία τοποθέτησής της.

### *6.3.2.3 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 CO<sub>2</sub> 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/(m\*K). 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. 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 N/mm<sup>2</sup>) και στη συμπίεση, στην αυξημένη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών στην απορρόφηση νερού. Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της είναι σχετικά περιορισμένο, καθώς το κατώτερο κυμαίνεται στους -60°C και το ανώτερο όριο ανέρχεται σε 75°C. 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 μετσιμεντοσανίδες, 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.

#### 6.3.2.4 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. 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 πολυουρεθάνης στο εργοστάσιο και οι πλάκες έρχονται έτοιμες για τοποθέτηση στο εργοτάξιο. Μία τρίτη μορφή χρήσης του αφρού πολυουρεθάνης είναι και τα ειδικά μορφοποιημένα «κοχύλια» που βρίσκουν εφαρμογή στη μόνωση σωληνώσεων.

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελεί το θερμομονωτικό υλικό με τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . 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  $\lambda = 0,02 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Όσον αφορά στην αντοχή σε εφελκυσμό ο αφρός πολουρεθάνης αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις



που κυμαίνονται από 20 έως 30  $\text{N}/\text{cm}^2$  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  $-50^\circ\text{C}$  και ανώτερο  $120^\circ\text{C}$ . 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. Ο αφρός πολουρεθάνης 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.

#### 6.3.2.5 Φελλός



Χρησιμοποιείται ο φυσικός φελλός διαμορφωμένος σε πλάκες ή φύλλα. Είναι υλικό ελαφρύ και επιπλέει στο νερό. Είναι αδιαπέραστος από το νερό και άλλα υγρά. Έχει

μεγάλη συμπίεστικότητα και ελαστικότητα και μεγάλη αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων. Επίσης, κατασκευάζονται πλάκες από διογκωμένα πεπιεσμένα τρίμματα φελλού.

Ανάλογα με τη συγκόλληση διακρίνονται σε:

α. Πλάκες συγκολλημένες με άργιλο με  $\lambda = 0,06 \div 0,07 \text{ W/m}^*\text{K}$

β. Πλάκες συγκολλημένες με ρητίνη με  $\lambda = 0,045 \div 0,05 \text{ W/m}^*\text{K}$

γ. Πλάκες συγκολλημένες με ασφαλτικά υλικά με  $\lambda = 0,045 \text{ W/m}^*\text{K}$

δ. Πλάκες χωρίς συνδετικό υλικό με  $\lambda = 0,040-0,045 \text{ W/m}^*\text{K}$

### *6.3.2.6 Πεπιεσμένο άχυρο*

Βρίσκεται με τη μορφή ελαφρών πλακών, οι οποίες έχουν μικρό κόστος. Παρουσιάζει και ηχομονωτικές ιδιότητες. Οι πλάκες πρέπει να ξηραθούν πλήρως και γρήγορα, γιατί είναι δυνατό να σαπίσουν.

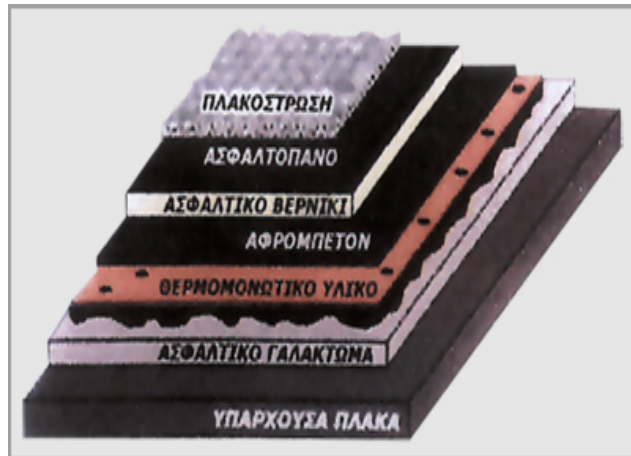
### *6.3.3.1 Αφρομπετόν*

Το κυψελωτό σκυρόδεμα (cellular concrete) ή αφρομπετόν (foamed concrete) είναι ένα χαμηλού βάρους και εξαιρετικής σκληρότητας προϊόν που δημιουργείται από την ανάμιξη ενυδατωμένου τσιμέντου και αφρού υψηλής αντοχής (heavy duty foam). Η παραπάνω ανάμιξη έχει ως αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό φυσαλίδων αέρα (με μέση διάμετρο 0,5 mm) εντός της μάζας του τσιμέντου παράγοντας μια ομοιογενή δομή «κηρήθρας», η οποία προσφέρει στο τελικό προϊόν θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες καθώς και μεγάλη αντοχή.



Με την διάστρωση του αφρομπετόν έχουμε:

- Βελτίωση της αντισεισμικής συμπεριφοράς: μειώνει στο μέγιστο τα νεκρά φορτία της οικοδομής, βελτιώνοντας την αντισεισμική συμπεριφορά του κτιρίου σε περίπτωση σεισμών.



- Οικονομία: αφού ως κύρια πρώτη ύλη που απαιτεί είναι μόνο το τσιμέντο.
- Μεταβαλλόμενη αυτοεπιπεδότητα: Αυξομειώνοντας το αφρογόνο κατά την παρασκευή του αφρομπετόν μπορούμε να έχουμε ένα υλικό με μεγάλο βαθμό αυτοεπιπεδότητας για γεμίματα δαπέδου αλλά και ένα υλικό με μικρό βαθμό αυτοεπιπεδότητας για δημιουργία κλίσης μέχρι και 4%.
- Το μικρότερο φαινόμενο βάρος: το οποίο μπορεί να είναι από 300 kg/m<sup>3</sup> - 680 kg/m<sup>3</sup>

Παρόλα αυτά, η χρήση του αφρομπετόν παρουσιάζει και συγκεκριμένα μειονεκτήματα:

- Είναι ακατάλληλο για απευθείας επικόλληση κεραμικών πλακιδίων. Μάρμαρα και μωσαϊκά ωστόσο μπορούν να τοποθετηθούν χωρίς πρόβλημα.
- Είναι ακατάλληλο για διάστρωση σε εξωτερικούς χώρους που εμφανίζεται παγετός αν δεν καλυφθεί από υγρομόνωση.
- Η κατασκευή του είναι εμπειρική. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το ελαφρύ μέρος είναι οι φυσαλίδες αέρα. Το μέγεθος αλλά και ο αριθμός των φυσαλίδων που δημιουργείται είναι καθαρά εμπειρικό αποτέλεσμα για την πλειοψηφία των μηχανών αφρομπετόν της αγοράς. Επιπλέον, η ανάμιξη αυτή γίνεται σε σημείο πριν την άντληση του αφρομπετόν σε κάποιο ύψος με αποτέλεσμα όταν περάσει μέσα από την αντλία μέρος των φυσαλίδων να σπάει και να αλλοιώνονται οι ιδιότητες του αφρομπετόν.

### 6.3.3.2 Περλομπετόν



Το περλομπετόν είναι θερμοηχομονωτικό ελαφροσκυρόδεμα με βάση τον διογκωμένο περλίτη, για γεμίσματα δαπέδων και δημιουργία ρύσεων στα δώματα. Το προϊόν είναι

συσκευασμένο σε σάκους, αναμιγνύεται με τσιμέντο και νερό και διαστρώνεται. Η επιφάνεια που προκύπτει είναι έτοιμη για την τελική στρώση.

Με την διάστρωση του περλομπετόν έχουμε απευθείας τελική επιφάνεια προς επικόλληση κεραμικών πλακιδίων, πλακών μαρμάρου, γρανίτη, μοκέτας και ασφαλτοπάνων χωρίς τη χρήση τσιμεντοκοινίας. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η στρώση του περλομπετόν να έχει αντοχή σε θλίψη μεγαλύτερη από  $70 \text{ kg/cm}^2$ . Το περλομπετόν είναι ελαφρύ, μειώνει τα νεκρά φορτία της οικοδομής, βελτιώνοντας την αντισεισμική συμπεριφορά του κτιρίου σε περίπτωση σεισμών. Επιπλέον, Η τελική επιφάνεια που προκύπτει είναι ισχυρή με μεγάλες αντοχές που φθάνουν μέχρι και  $80 \text{ kg/cm}^2$ . Τέλος, το ενιαίο πάχος στρώσης του γεμίματος λειτουργεί καλύτερα και μειώνει τις αστοχίες που παρατηρούνται σε άλλες λύσεις δύο στρώσεων.

Περνώντας στα μειονεκτήματα του υλικού, αξίζει να αναφερθεί πως από τα ελαφρομπετόν που κυκλοφορούν στην αγορά, το περλομπετόν έχει υψηλό κόστος σε πρώτες ύλες. Επίσης, είναι ακατάλληλο για διάστρωση σε εξωτερικούς χώρους. Το περλομπετόν έχει ως βάση τον διογκωμένο περλίτη, ένα υλικό το οποίο είναι υδρόφιλο και απορροφά το νερό με συνέπεια την αύξηση του όγκου του μέχρι και 10% κατ' όγκο. Το γεγονός αυτό το καθιστά ακατάλληλο για χρήση σε χώρους που θα δέχονται νερό και ταυτόχρονα είναι χωρίς υγραμόνωση.

#### *6.3.4.1 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 ασφαλτικά πρόσθετα. Συναντάται στο εμπόριο με τη μορφή πλακών και κογχυλιών. Παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μεταξύ 0,040 και 0,065 W/(m\*K), ενώ ενδείκνυται για ηχομόνωση καθώς διαθέτει καλές ηχομονωτικές ιδιότητες.

#### *6.3.4.2 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.

#### *6.3.4.3 Βαμβακόμαλλο*

Το βαμβακόμαλλο είναι ένα ινώδες μονωτικό υλικό από φυτικές ίνες, οι οποίες είναι βιοδιασπώμενες 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.

#### *6.3.4.4 Κυτταρίνη*

Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες οι ίνες κυτταρίνης είναι διαδεδομένο ανανεώσιμο μονωτικό υλικό. Το υλικό παρασκευάζεται από απορρίμματα χαρτιού και είναι διαθέσιμο σε πλάκες διαφορετικών παχών αλλά και σε μορφή χαλαρά συνδεδεμένου υλικού, σε σάκους για εφαρμογές γεμίσματος σε σοφίτες. Μπορεί

ακόμη και να ψεκαστεί σε κατασκευές από ξύλο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου υλικού είναι η μόνωση που παράγεται από ανακυκλωμένες εφημερίδες η οποία έχει θερμική αγωγιμότητα  $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ .

#### *6.3.4.5 Λινάρι*

Η κύρια χρήση του λιναριού είναι για την παραγωγή λαδιού λιναρόσπορου, αλλά ορισμένες εταιρίες που ειδικεύονται στον κλάδο χρησιμοποιούν τις κοντές ίνες του φυτού ως μονωτικό υλικό. Η μόνωση από λινάρι παρέχεται σε μορφή ρολών και πετασμάτων σε ποικιλία μεγεθών. Το προϊόν έχει θερμική αγωγιμότητα  $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  και βρίσκει εφαρμογή σε τοίχους, δάπεδα, οροφές και στέγες.

#### *6.3.4.6 Κάνναβη*

Η κάνναβη θεωρείται ένα υλικό με πολλές προοπτικές στην αγορά. Προσφέρεται στην αγορά σε μορφή ρολών αλλά και στρωμάτων, τα οποία μπορούν να κοπούν στο επιθυμητό μέγεθος και είναι κατάλληλο για τη θερμομόνωση οροφών, τοίχων και πατωμάτων. Χάρη στη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα του ( $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ ) και στην ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα, το υλικό θεωρείται κατάλληλο για πολλές εφαρμογές.



# Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>

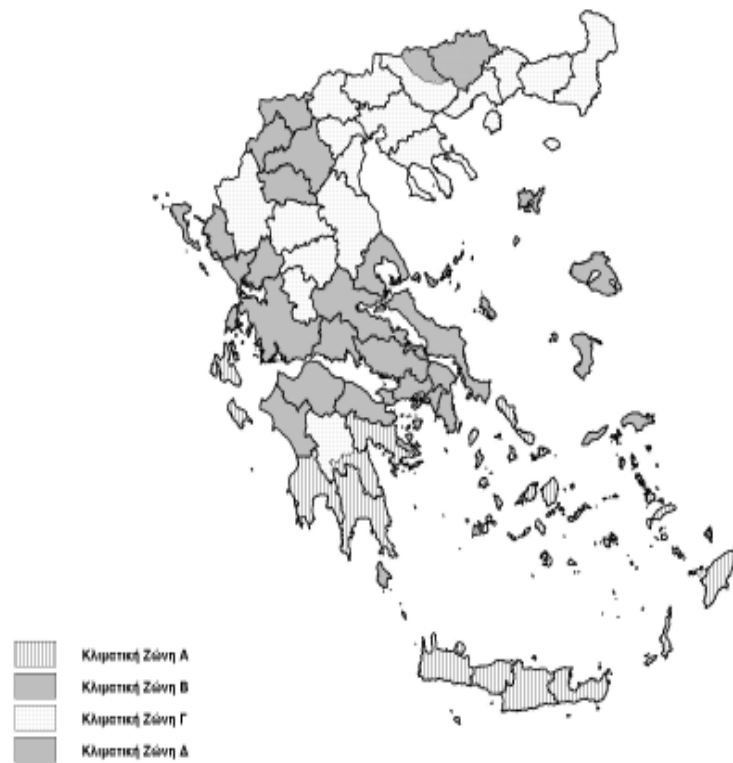
## Νέες τεχνολογίες

Πριν αναφερθούμε στις νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον τομέα της θερμομόνωσης, κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), η εφαρμογή του οποίου εγκρίθηκε πρόσφατα με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Για τη χώρα μας, από το 1979 μέχρι το 2010, ίσχυε ο "Κανονισμός Θερμομόνωσης των Κτιρίων" με τον οποίο έγινε προσπάθεια, με βάση τη διεθνή πρακτική και τις κλιματολογικές συνθήκες της χώρας μας, να καθοριστούν προδιαγραφές που να εξασφαλίζουν μια σωστή, τεχνοοικονομικά, θερμομόνωση. Από το 2010 ισχύει ο "Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων" (Κ.Εν.Α.Κ.), ο οποίος αντικατέστησε τον "Κανονισμό Θερμομόνωσης", στον οποίο προστέθηκε και η μελέτη των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (Η/Μ) ώστε να διασφαλίζεται η ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας ταυτόχρονα με την προσπάθεια ελάττωσης της θερμοδιαφυγής. Έτσι, καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.

Με τον Κ.Εν.Α.Κ. προβλέπεται η ενσωμάτωση ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τους, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις που αφορούν κυρίως στην εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, στην ενεργειακή κατάταξη κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης) και στις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού. Πιο συγκεκριμένα, το πεδίο εφαρμογής του νόμου καθορίζεται ως εξής:

- Για νέα κτίρια και κτίρια που ανακαινίζονται ριζικά , απαιτείται Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ).

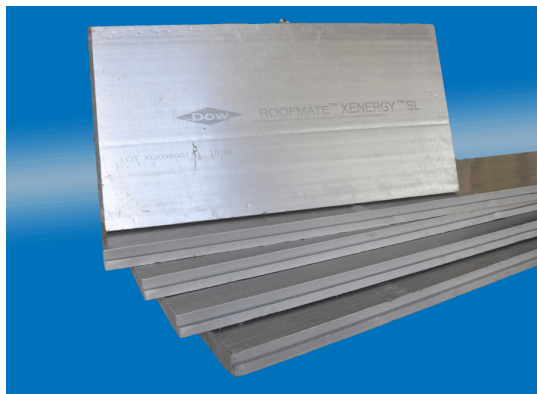
- Για ενιαία κτίρια που πρόκειται να ενοικιασθούν η επιθεώρηση και η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) είναι υποχρεωτική από 9-1-2011, ενώ για τμηματική μίσθωση κτιρίου η υποχρέωση αρχίζει από τις 9-1-2012.
- Για κτίρια που πρόκειται να μεταβιβασθούν η επιθεώρηση και η έκδοση ΠΕΑ είναι υποχρεωτική από 9-1-2011.



Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

## 7.1 Βελτιωμένες υπάρχουσες τεχνικές

Ξεκινώντας την αναφορά στις νέες τεχνολογίες, αξίζει να σημειωθούν οι βελτιωμένες τεχνικές που αφορούν σε υλικά που ήδη χρησιμοποιούνται. Πρόκειται δηλαδή, για τις ίδιες μεθόδους που προαναφέρθηκαν, με τη διαφορά πως έχει γίνει βελτίωση κάποιων ιδιοτήτων τους. Πιο αναλυτικά:



- Η νέα γενιά γκρί θερμομονωτικών αφρώδους εξηλασμένου πολυστερενίου είναι δημιουργία γνωστής εταιρείας στο χώρο της θερμομόνωσης, η οποία προσφέρει μέχρι 26% καλύτερο (χαμηλότερο) συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα (για πάχη υλικού από 30-50mm  $\lambda=0,030$  W/m\*K, και από 60-100mm  $\lambda=0,031$  W/m\*K), ενώ ταυτόχρονα εξακολουθεί να προσφέρει υψηλές μηχανικές ιδιότητες, άριστη αντίσταση στην υγρασία, σταθερότητα διαστάσεων, καλή διαπνοή, εύκολη τοποθέτηση και φιλικότητα προς το περιβάλλον (μειώνει ακόμη περισσότερο τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αέριων ρύπων σε σχέση με τα συμβατικά θερμομονωτικά υλικά). Η μείωση αυτή του συντελεστή αγωγιμότητας επιτυγχάνεται με τη χρήση εξελιγμένης τεχνολογίας παραγωγής εξηλασμένου πολυστερενίου με χρήση άνθρακα. Η τεχνολογία αυτή βελτιώνει σημαντικά το προϊόν ως προς την αντίστασή του στη μετάδοση θερμότητας μέσω της ακτινοβολίας, παράγοντας ιδιαίτερα σημαντικό σε χώρες με θερμά κλίματα όπως η Ελλάδα. Εφαρμογές του υλικού έχουμε σε: θερμομόνωση απλών και φυτεμένων δωματίων, θερμομόνωση κεκλιμένων στεγών, θερμομόνωση στοιχείων σκυροδέματος, θερμομόνωση τοιχοποιίας, εξωτερική θερμομόνωση, θερμομόνωση υπογείων (ακόμη και κάτω του υδροφόρου ορίζοντα), θερμομόνωση ψυγείων.

- Ο φυσικός ορυκτοβάμβακας προσφέρει εξαιρετή θερμομόνωση, ηχομόνωση και αντίσταση στη φωτιά (κατηγορία A1 - άκαυστα υλικά). Η μόνωση με φυσικό



ορυκτοβάμβακα μπορεί να αποσβεστεί σε μικρό χρονικό διάστημα. Οι φυσικοί ορυκτοβάμβακες πλεονεκτούν χάρη σε ένα συνδετικό χωρίς φορμαλδεΐδη, φαινόλες, ακρυλικά, το οποίο παράγεται από ταχέως ανανεώσιμα οργανικά υλικά, δεν περιλαμβάνει χημικά με βάση το πετρέλαιο και περιέχει 70% λιγότερη ενέργεια. Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε για τους ορυκτοβάμβακες, ενισχύοντας τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά, χωρίς να επηρεάζονται η θερμική, ακουστική και η απόδοση πυρασφάλειας που διαθέτουν. Επίσης, οι φυσικοί ορυκτοβάμβακες δεν περιέχουν χρωστικές και τεχνητά χρώματα -το χρώμα τους είναι εντελώς φυσικό-, ενώ προσφέρουν ταυτόχρονα ανταγωνιστικό κόστος σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς ορυκτοβάμβακες (πετροβάμβακες και υαλοβάμβακες). Τέλος, είναι πολύ σημαντικό το γεγονός πως οι φυσικοί ορυκτοβάμβακες βελτιώνουν σημαντικά την εσωτερική ποιότητα του αέρα, σε σύγκριση πάντα με τους παραδοσιακούς ορυκτοβάμβακες.

- Η γραφιτούχα θερμομονωτική πλάκα νέας γενιάς είναι ένα πρωτοποριακό μονωτικό υλικό, προϊόν έρευνας και καινοτομίας των εργαστηρίων της εταιρίας BASF. Αποτελεί ένα νέο καινοτόμο υλικό διογκωμένου



πολυστερενίου, έχει ασημένιο γκρι χρώμα και προσφέρει σημαντικά βελτιωμένη θερμομονωτική απόδοση σε σχέση με τα συμβατικά θερμομονωτικά υλικά.

Σε κάθε υλικό η θερμότητα μεταδίδεται μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας. Στα υλικά κλειστών κυψελών όπως το διογκωμένο πολυστυρένιο (EPS) δεν μπορεί να υπάρξει κίνηση αέρα και με αυτό τον τρόπο η μετάδοση θερμότητας με αγωγή ελαχιστοποιείται. Επομένως, στο συμβατικό διογκωμένο πολυστυρένιο η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται κυρίως με συναγωγή και ακτινοβολία. Στη γραφιτούχα θερμομονωτική πλάκα τα μικροσκοπικά μόρια γραφίτη που περιέχονται κατά 3% στη σύνθεσή της λειτουργούν σαν ανακλαστήρες που εμποδίζουν τη μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, επιτρέποντας μόνο στη συναγωγή να συμβάλλει στην απώλεια θερμότητας. Σαν αποτέλεσμα οι γραφιτούχες θερμομονωτικές πλάκες έχουν 15% - 20% καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες από το συμβατικό λευκό Διογκωμένο πολυστυρένιο (EPS). Με εξαίρεση τη βελτιωμένη θερμομονωτική της απόδοση ακόμη και σε χαμηλές πυκνότητες σε σχέση με το διογκωμένο πολυστυρένιο (EPS) η γραφιτούχα θερμομονωτική πλάκα διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα των μηχανικών και οικολογικών ιδιοτήτων του EPS. Η γραφιτούχα θερμομονωτική πλάκα παράγεται από αυτοσβενύμενη ύλη η οποία περιέχει επιβραδυντικά φλόγας. Για αυτό το λόγο, οι γραφιτούχες μονωτικές πλάκες κόβονται από μπλοκ τα οποία έχουν παραμείνει στην αποθήκη για 14 ημέρες πριν κοπούν σε πλάκες, έτσι ώστε να ολοκληρωθούν οι συστολές τους και να παρουσιάζουν εξαιρετική σταθερότητα διαστάσεων.

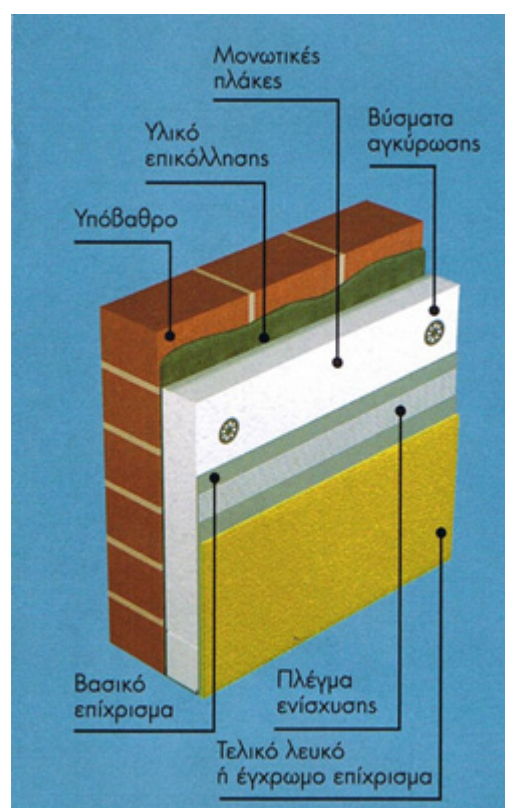
Η γραφιτούχα θερμομονωτική πλάκα έχει άριστη θερμομονωτική απόδοση, μειώνει την ηχορύπανση σε μία οικοδομή έως και 18db και διαθέτει ιδιότητες πυροπροστασίας, καθώς μετά από ειδικές μετρήσεις του Γερμανικού Ινστιτούτου Δόμησης κατατάχθηκε στην κατηγορία των άφλεκτων υλικών B1. Είναι επίσης ένα οικολογικό προϊόν, καθώς η απόδοσή του συμβάλλει στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων που είναι απαραίτητοι για την παραγωγή του και στη μείωση των εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, χάρη στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι ένα προϊόν 100% ανακυκλώσιμο, απαλλαγμένο από χλωροφθοράνθρακες (CFC), υδροχλωροφθοράνθρακες

(HCFC) και υδροφθοράνθρακες (HFC). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως η γραφитоύχα θερμομονωτική πλάκα χρησιμοποιείται για τη μόνωση: στοιχείων σκυροδέματος, δωμαίων, δαπέδων, διπλής τοιχοποιίας, εξωτερικής υπάρχουσας τοιχοποιίας (αναπαλαίωση κτιρίων), στεγών και υπογείων.

## 7.2 Θερμοπρόσοψη

### 7.2.1 Γενικά

Το σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης εφαρμόζεται στην εξωτερική πλευρά των κτιρίων σε νέες ή παλαιές κατοικίες και αποτελείται από θερμομονωτικό υλικό (συνήθως διογκωμένη πολυστερίνη και σε ειδικές περιπτώσεις πετροβάμβακας ή εξηλασμένη πολυστερίνη), το οποίο «σοβατίζεται» με ένα πολυμερισμένο κονίαμα, το οποίο προσφέρει ισχυρή μηχανική αντοχή και στεγανοποίηση. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου από τους εξωτερικούς τοίχους και έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα κυρίως τους θερινούς μήνες στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι το σύστημα θερμομόνωσης που εφαρμόζεται 30 και πλέον χρόνια στην Ευρώπη και την Αμερική. Είναι μια εναλλακτική εφαρμογή της συμβατικής μόνωσης και η μόνη λύση θερμομόνωσης και ανακαίνισης για τα παλιά κτίρια, που παρέχει θεαματικό θερμομονωτικό αποτέλεσμα.



Είναι το σύστημα θερμομόνωσης που εφαρμόζεται 30 και πλέον χρόνια στην Ευρώπη και την Αμερική. Είναι μια εναλλακτική εφαρμογή της συμβατικής μόνωσης και η μόνη λύση θερμομόνωσης και ανακαίνισης για τα παλιά κτίρια, που παρέχει θεαματικό θερμομονωτικό αποτέλεσμα.

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι:

- Ολοκληρωμένη θερμομόνωση χωρίς να δημιουργούνται θερμογέφυρες στα στοιχεία του κτιρίου από σκυρόδεμα π.χ. δοκάρια, κολώνες, τοιχία κ.λ.π.

- Προστατεύει τις επιφάνειες των τοίχων από υγρασίες, διότι δεν δημιουργούνται συνθήκες υγραποίησης υδρατμών στο εσωτερικό του κτιρίου ή μέσα στον τοίχο.
- Δημιουργείται μεγάλη θερμοχωρητικότητα στις επιφάνειες των τοίχων, η οποία συσσωρεύεται και επανακτινοβολεί στο εσωτερικό του κτιρίου, εντείνοντας το φαινόμενο των θερμικών νησίδων στην πόλη. Αντιθέτως δεν συμβάλει στη αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης κατά τους θερινούς μήνες, διότι εμποδίζει την θερμοσυσσώρευση κατά το θέρος, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται στους τοίχους των συμβατικών κτιρίων.
- Επιτρέπει την πλήρη εκμετάλλευση του χώρου και δε μειώνει το εμβαδόν του, δεδομένου ότι επιτρέπει την τοποθέτηση της θερμοπρόσοψης εκτός του εμβαδού της επιτρεπόμενης προς ανέγερση επιφάνειας.
- Μειώνει το κόστος συντήρησης του κτιρίου, αφού προστατεύει τα στοιχεία του σκυροδέματος του κτιρίου από ρηγματώσεις.
- Η εφαρμογή του συστήματος εξοικονομεί τη δημιουργία μπαζών, λόγω της χρήσης ειδικών πολυμερισμένων κονιαμάτων τα οποία τοποθετούνται σε μικρό πάχος.
- Η ποιότητα κατασκευής του συστήματος χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλή, καθώς χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα τεμάχια για την προστασία των γωνιών, νεροσταλάκτες, υαλόπλεγμα για τον σπλισμό, σ' όλη την επιφάνεια εφαρμογής του επιχρίσματος.

### 7.2.2 Τρόπος εφαρμογής

- Αλφαδιάζεται – επιπεδώνεται ο εξωτερικός τοίχος με ράμματα.
- Τοποθετούνται οι μαρμαροποδιές των παραθύρων καθώς θα πρέπει να προεξέχουν της τελικής επιφάνειας του συστήματος.
- Ορίζεται στη βάση του τοίχου, (συνήθως 50 εκατοστά ύψος από αυτή) είτε με ράμμα, είτε με ειδικό μεταλλικό τεμάχιο, οριζόντιος οδηγός ο οποίος πρέπει να είναι απολύτως κάθετος προς τις κάθετες ακμές-γωνίες του κτιρίου.

- Επικολλώνται οι θερμομονωτικές πλάκες από πολυστερίνη ή άλλο θερμομονωτικό υλικό, τοποθετημένες έτσι ώστε το μεγαλύτερο μήκος τους να αναπτύσσεται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με το έδαφος) παίρνοντας ως βάση έναρξης τον οριζόντιο οδηγό. Οι πλάκες αυτές είναι σημαντικό να διασταυρώνονται έτσι ώστε να συμπίπτουν οι κάθετες απολήξεις τους με τις κάθετες απολήξεις των θερμομονωτικών πλακών της από κάτω σειράς. Ειδικά στη βάση, κάτω από τον οδηγό η πυκνότητα του θερμομονωτικού υλικού αυξάνεται (ή ακόμη αλλάζει σε ορισμένες περιπτώσεις και το ίδιο το υλικό) ώστε να αποφευχθεί μελλοντικά εμφάνιση ανερχόμενης υγρασίας.
- Ανάλογα με το ύψος της τοιχοποιίας αλλά και το αν αυτή είναι οπτοπλινθοδομή, από σκυρόδεμα ή από τσιμεντοσανίδα, οι θερμομονωτικές πλάκες πακτώνονται με ειδικά βύσματα ώστε να εξασφαλίζεται πρόσθετη μηχανική στερέωση.
- Πληρώνονται τα κενά ανάμεσα στους αρμούς των θερμομονωτικών φύλλων ή στην επαφή που αυτά έχουν με στοιχεία που διακόπτουν τη συνέχεια της επιφάνειας και κατόπιν τρίβονται όλα τα σημεία που εξέχουν από τα θερμομονωτικά φύλλα έτσι ώστε να εξασφαλισθεί επίπεδη επιφάνεια χωρίς ανωμαλίες (καμπύλες ή ακμές).
- Τοποθετούνται τα γωνιόκρανα και οι νεροσταλάκτες με το αρχικό υλικό επιχρίσματος ώστε να διαμορφωθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοσθεί το ειδικό επίχρισμα και ενισχύονται με ορθογώνια τεμάχια υαλοπλέγματος, η νοητή προέκταση των διαγωνίων των παραθύρων και των εξωτερικών θυρών.
- Ακολουθεί διάστρωση με οδοντωτή σπάτουλα (υπό γωνία 45 μοιρών) ώστε να προσδιορίζεται το πάχος της στρώσης, μίας πρώτης στρώσης επιχρίσματος καλύπτοντας την πολυστερίνη (η οποία, σημειωτέον, πρέπει να έχει προηγουμένως καθαρισθεί από υπολείμματα λόγω του τριψίματος που προηγήθηκε). Η έναρξη διάστρωσης του επιχρίσματος γίνεται ξεκινώντας τώρα από την οροφή και καταλήγοντας προς τα κάτω.
- Με νωπό και μαλακό ακόμα το επίχρισμα τοποθετούμε το υαλόπλεγμα βυθίζοντάς το μέσα στο επίχρισμα με την ίσια πλευρά της σπάτουλας,



αποφεύγοντας να δημιουργήσουμε ζάρες ή φούσκες (σημεία δηλαδή όπου δε θα έχει καλυφθεί από το επίχρισμα).

- Μετά τη σκλήρυνση του πρώτου στρώματος ακολουθεί η τελική στρώση, η οποία μπορεί να πάρει ειδική υφή ανάλογα με την τεχνοτροπία που θα επιλέξει ο αρχιτέκτονας ή ο ιδιοκτήτης του έργου.

### 7.2.3 Αρχιτεκτονική ελευθερία

Το σύστημα θερμοπρόσοψης έχει αναδειχτεί και επικροτηθεί από όλους τους μεγάλους αρχιτέκτονες για 2 σημαντικούς λόγους:

- Η μοναδικότητα, η ομορφιά και η ακεραιότητα του συστήματος συναντά την καλλιτεχνική και δημιουργική τους πλευρά.
- Μειώνει σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος συντήρησης μιας κατασκευής για πολλά χρόνια.

Όλοι οι αρχιτέκτονες που είναι υπεύθυνοι για το σχεδιασμό και την υλοποίηση κατασκευών του αναπτυσσομένου κόσμου εμπνέονται από την ελευθερία της καλλιτεχνικής έκφρασης που τους παρέχει το σύστημα της θερμοπρόσοψης. Διακοσμητικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία όπως σκοτίες, μαρκίζες, κολώνες, καμάρες κ.α. που άλλοτε ήταν πολύ δύσκολο και δαπανηρό να κατασκευαστούν, τώρα μπορούν εύκολα και οικονομικά να πάρουν μορφή με διογκωμένη πολυστερίνη στο σύστημα της θερμοπρόσοψης. Τα πάντα, από γλυπτά μέχρι τεράστια διακοσμητικά στοιχεία, από απλά μέχρι πολύπλοκα γεωμετρικά σχήματα, μπορούν τώρα να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν χωρίς περιορισμούς. Σπίτια, ξενοδοχεία, εστιατόρια, εμπορικά κέντρα, θέατρα, αίθουσες δεξιώσεων, βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες, νοσοκομεία, κινηματογράφοι, και ό,τι κτίριο μπορεί να σχεδιαστεί ή να ανακαινιστεί μπορεί να γίνει με το σύστημα της θερμοπρόσοψης.

### 7.3 Θερμομονωτικά χρώματα

Τα ψυχρά ή θερμομονωτικά ή θερμοανακλαστικά χρώματα, αποτελούν μια πρόσφατη προσθήκη στη «φαρέτρα» των κατασκευαστών, προκειμένου να μπορέσουν να καλύψουν την ανάγκη για



περιορισμό της ανταλλαγής θερμότητας του κτηρίου με το περιβάλλον. Σταδιακά, σε συνδυασμό μάλιστα και με τις υψηλές απαιτήσεις σε θερμομόνωση που επιβάλλει ο καινούριος κανονισμός μελέτης των κτηρίων (KENAK), τα θερμομονωτικά χρώματα αναμένεται να αποκτήσουν σημαντικό ρόλο δρώντας προσθετικά με την εξηλασμένη πολυστερίνη για την επίτευξη της απαραίτητης θερμομόνωσης, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερα μεγάλα πάχη θερμομονωτικών πλακών. Τα θερμομονωτικά χρώματα είναι χρώματα που αντανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που μεταδίδεται με την ηλιακή ακτινοβολία. Το ποσοστό αυτό φθάνει στο 93% για τα καλύτερα από τα συναφή προϊόντα. Έτσι μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση κόστους για κλιματισμό κατά τους θερινούς μήνες. Ένα ψυχρό χρώμα μπορεί να ρίξει την εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια των ζεστών μηνών έως και 4°C, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό από ενεργειακής άποψης. Τα θερμομονωτικά χρώματα, αποτελούν κυρίως, το προϊόν μίξης κοινού χρώματος με πρόσθετα, όπως για παράδειγμα κεραμικά μικροσφαιρίδια, (γεγονός που μπορεί να καταστήσει οποιοδήποτε χρώμα θερμομονωτικό) και λειτουργούν ανακλαστικά για τις προσπίπτουσες ακτινοβολίες, διατηρώντας το κέλυφος στην επιθυμητή θερμοκρασία καθώς περιορίζεται έως και 30% η ανταλλαγή θερμοκρασίας με το περιβάλλον. Ακόμη η χρήση τους είναι περιορισμένη, κυρίως γιατί δεν υπάρχει μεγάλη προσφορά καθώς και λόγω του ότι η τιμή τους είναι ακόμη υψηλή (έως και 13-14 ευρώ/m<sup>2</sup>). Να σημειωθεί βέβαια ότι η πραγματική επιβάρυνση είναι της τάξης μόνο των 2-3 ευρώ/m<sup>2</sup>, κι αυτό κυρίως γιατί περιορίζονται οι απαιτήσεις σε θερμομονωτικές πλάκες, αλλά και γιατί αυξάνουν την καλυπτικότητα των χρωμάτων. Η απόσβεση πρέπει να θεωρείται άμεση.

Τα ψυχρά χρώματα πρέπει να έχουν και υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (solar reflectance), να ανακλούν δηλαδή μεγάλο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας, με απλά λόγια δηλαδή να μπορούν να αποβάλλουν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας που έχουν ήδη απορροφήσει. Ο δείκτης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία (solar reflectance index), που αποτελεί έναν συγκερασμό των δύο ανωτέρω παραμέτρων, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλός, για να είναι πιο αποτελεσματικά τα ψυχρά χρώματα. Όπως είναι φυσικό, όλοι οι ανωτέρω δείκτες έχουν σχέση με την απόχρωση του ψυχρού χρώματος. Έτσι, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε ψυχρά χρώματα με πιο ανοιχτές αποχρώσεις. Τα ψυχρά χρώματα μας δίνουν την πολυτέλεια να χρησιμοποιήσουμε – για λόγους αισθητικής – και πιο σκούρες αποχρώσεις μιας και ο δείκτης ανακλαστικότητάς τους είναι μεγαλύτερος από τα κοινά χρώματα της ίδιας απόχρωσης. Σημαντικό στοιχείο το οποίο αξίζει να αναφερθεί, είναι το γεγονός ότι τα ψυχρά χρώματα συμβάλλουν αποφασιστικά στην άμβλυνση των φαινομένων της αστικής θερμικής νησίδας (*Αστικές θερμικές νησίδες* λέμε τις περιοχές μιας πόλης στις οποίες οι θερμοκρασίες είναι διακριτά υψηλότερες από αυτές τις περιβάλλουσας ημιαστικής περιοχής). Είναι προφανές ότι τα ψυχρά ή θερμομονωτικά χρώματα δεν αντικαθιστούν τη συμβατική θερμομόνωση, αλλά μπορούν σαφέστατα να τη βελτιώσουν σημαντικά.

## 7.4 Νανοτεχνολογία

### 7.4.1 Γενικά

Η Νανοτεχνολογία είναι μία νέα επιστήμη η οποία στα επόμενα χρόνια θα ανατρέψει τα πάντα στην καθημερινότητά μας. Η Νανοτεχνολογία σήμερα εφαρμόζεται:

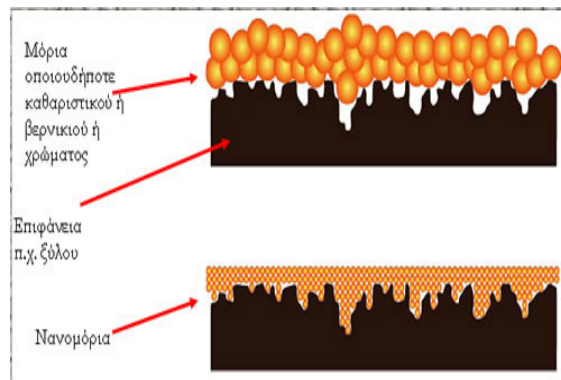
- στην Ιατρική, με πολύ εντυπωσιακά αποτελέσματα , σε λίγο καιρό ασθένειες που μέχρι χτες ήταν ανίατες θα καταπολεμηθούν.
- στο Διάστημα, για προστασία των διαστημικών σταθμών

- στην πληροφορική, όπου νέες γενιές επεξεργαστών κατασκευάζονται και θα ανατρέψουν τα μέχρι σήμερα δεδομένα.
- σε καταναλωτικά προϊόντα τα οποία απευθύνονται στο ευρύ κοινό με στόχο να κάνουν την ζωή των ανθρώπων καλύτερη , και ασφαλέστερη.
- Στα επόμενα χρόνια τα πάντα στην ζωή μας από το ψωμί μέχρι τα ποιο πολύπλοκα αντικείμενα θα περιέχουν στοιχεία Νανοτεχνολογίας.

Το Νάνο είναι ένα σωματίδιο σε υπερβολικά μικρό μέγεθος. Ένα Νάνο ισούται με το 1 δισεκατομμυριοστό του μέτρου,  $10^{-9}$  ή με 1 μήλο απέναντι στην Γη ή αν κόψουμε μία τρίχα από τα μαλλιά μας κάθετα σε 50.000 τεμάχια. Η φύση στα φυτά πρώτη εδώ και εκατομμύρια χρόνια χρησιμοποιεί την Νανοτεχνολογία. Είναι σε όλους γνωστές οι δροσοσταλίδες που υπάρχουν στα φύλλα των δένδρων όταν βρέχει. Αυτές τις δροσοσταλίδες έβλεπαν οι επιστήμονες και δεν μπορούσαν να καταλάβουν πώς δημιουργούνται και ποιος είναι ο λόγος ύπαρξης τους. Τα τελευταία χρόνια χάρη στην κατασκευή ενός υπερσύγχρονου ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ESEM, οι επιστήμονες αφού μεγέθυναν τα φύλλα κατά πολλά εκατομμύρια φορές, κατάφεραν να αντιληφθούν πώς δημιουργείται αυτό το φαινόμενο. Διαπίστωσαν λοιπόν ότι τα φυτά για να μπορούν να καθαρίζουν τα φύλλα τους από την σκόνη και άλλες ρυπαρές ουσίες, αναπτύσσουν Νανοσωματίδια, τα οποία σφραγίζουν τους πόρους των φύλλων έτσι ώστε τα ξένα σώματα να μην βρίσκουν τρόπο να σταθούν και απλά παραμένουν πάνω στο φύλλο, ενώ ταυτόχρονα δεν εμποδίζουν την αναπνοή του φυτού. Όταν τώρα βρέξει το νερό παρασύρει τα ξένα σώματα που υπάρχουν πάνω στα φύλλα και τα καθαρίζει, την ίδια στιγμή όμως ούτε και το νερό βρίσκει πόρους να αγκιστρωθεί πάνω στο φύλλο, οπότε παραμένει και δημιουργεί τις γνωστές δροσοσταλίδες. Το φαινόμενο αυτό οι επιστήμονες το ονόμασαν **LOTUS EFFECT**.

#### 7.4.2 Εξήγηση λειτουργίας

Σε επίπεδο νάνο ( $10^{-9}$  του μέτρου) καμία επιφάνεια δεν είναι λεία (είτε γυάλινη, είτε ξύλου κ.α.). Τα μόρια των συμβατικών υλικών (καθαρισμού, γυαλίσματος, βαφής κ.α.) δεν εισχωρούν στο βάθος κάτω της επιφάνειας και στα κενά



δημιουργούνται μικροοργανισμοί, μύκητες, μούχλα κ.τ.λ. Τα νάνο-μόρια με την μικρή δομή τους εισέρχονται σε όλα τα κενά και δημιουργούν συμπαγή μάζα κάτω από την επιφάνεια (βλ. παραπάνω εικόνα). Με αυτό τον τρόπο υλικά, που βασίζονται στη νανοτεχνολογία, εισχωρούν σε όλες τις οπές από τις επιφάνειες στις οποίες απλώνονται και με αυτόν τον τρόπο μπορούν να προσφέρουν απόλυτη στεγανοποίηση, μόνωση και προστασία από φθορές.

#### 7.4.3 Εφαρμογές

Η Νανοτεχνολογία δεν παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη, τουλάχιστον όχι ακόμα, στον Ελλαδικό χώρο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν προϊόντα που λειτουργούν ως πρόσμικτα Νανοτεχνολογίας και Μικροτεχνολογίας για θερμομόνωση και αδιαβροχοποίηση οποιουδήποτε υδατικού, ακρυλικού χρώματος για εσωτερική ή εξωτερική χρήση. Τα προϊόντα αυτά «μπλοκάρουν» τη θερμότητα και αποτρέπουν την υγρασία μετατρέποντας τα χρώματα σε αδιάβροχα. Εξαλείφεται το φαινόμενο της συμπύκνωσης υδρατμών, αποτρέποντας την ανάπτυξη “μαυρίλας” και μυκήτων στους τοίχους. Είναι γνωστό πως η θερμότητα «ταξιδεύει» μέσα από τοίχους και άλλες επιφάνειες. Έτσι, απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για την διατήρηση δροσιάς το καλοκαίρι και ζέστης το χειμώνα. Τα εν λόγω προϊόντα, όχι μόνο ανακλούν την προσπίπτουσα θερμική ακτινοβολία, αλλά αποτρέπουν και τη μεταφορά της θερμότητας μέσα από τις διάφορες επιφάνειες. Η τριπλή δράση που παρουσιάζουν, δηλαδή η αντανάκλαση της θερμικής ακτινοβολίας, η αποτροπή μεταφοράς της θερμότητας και η αδιαβροχοποίηση συμβάλλει στην προστασία των χρωματισμένων επιφανειών και στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

# Μέρος 2<sup>ο</sup>

## *Ηχομονωτικά Υλικά*

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## Εισαγωγικά

Κάθε χώρος που προορίζεται για συχνή και μακροχρόνια ή διαρκή χρήση από ανθρώπους (εργασία, διαμονή, αναψυχή, εκπαίδευση, υγεία κτλ.) έχει ανάγκη διαμόρφωσης ακουστικού περιβάλλοντος κατάλληλου για τη χρήση του. Ο θόρυβος μπορεί να χαρακτηριστεί και ερμηνευτεί ως ανεπιθύμητος και συγχρόνως δυσάρεστος ήχος. Οι εσωτερικοί χώροι ενός διαμερίσματος μετατρέπονται συχνά σε πεδίο «σύνθεσης» των πάσης φύσης ανεπιθύμητων ήχων, που δημιουργούνται τόσο από εξωτερικές προς το κτίριο πηγές (κυκλοφοριακό θόρυβο), όσο και από πηγές που βρίσκονται μέσα σ' αυτό (μηχανολογικές εγκαταστάσεις, κοινόχρηστους χώρους, γειτονικά διαμερίσματα, χώρους εντός της ίδιας κατοικίας). Ο άνθρωπος πρέπει ορισμένες ώρες τις ημέρας να ηρεμεί. Ενοχλητικοί ήχοι από γειτονικές αποχετεύσεις, θερμάνσεις, θόρυβοι πλυντηρίων κ.τ.λ. αποσπούν την προσοχή του ανθρώπου και διακόπτουν την ηρεμία του. Μπορούν να προκληθούν είτε από



παρακείμενο δρόμο ή λεωφόρο, είτε ακόμα από το διπλανό διαμέρισμα.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως μεγάλο μέρος των σημερινών οικοδομών προσφέρει μερική και μερικές φορές, ελλιπή προστασία από τους θορύβους συγκριτικά με τις κατασκευές των παλαιότερων χρόνων

και αυτό οφείλεται στην εξέλιξη της ελαφροκατασκευής. Σε σύγκριση με τις βαριές λίθινες κατασκευές των περασμένων χρόνων, τα περισσότερα από τα σημερινά κτιριακά έργα προστατεύουν ελάχιστα την ψυχική διάθεση του ατόμου από τις επιδράσεις των βλαβερών ήχων. Η αιτία βρίσκεται στην ολοένα αυξανόμενη τάση για χρησιμοποίηση ελαφρότερων δομικών στοιχείων ως στοιχείων πλήρωσης. Και την τάση αυτή την επέβαλλαν οι καθιερωμένες πλέον αντιλήψεις για οικονομία, για περιορισμό των νεκρών φορτίων του φέροντα οργανισμού, για ταχύτητα στην αποπεράτωση του έργου. Την επέβαλλε τέλος, και η «μόδα» που θέλει τα σύγχρονα κτίρια «ανάλαφρα» και διάφανα αδιαφορώντας για τις άπειρες και σοβαρότατες συνέπειες που έχει μακροπρόθεσμα, αυτός ο γυάλινος φλοιός, αυτή η «ελαφρότητα», στην ποιότητα του κτιρίου και στον τρόπο λειτουργίας του. Έχει διαπιστωθεί πως παρόλη την οικονομική και κατασκευαστική αξιοποίηση, τα μειονεκτήματα της ηχοπροστασίας είναι φανερά. Η ηχοπροστασία μίας κατασκευής κρίνεται ως ένας ιδιαίτερα δύσκολος τομέας και η αιτία είναι το γεγονός πως δεν υπάρχουν αντισταθμιστικά μέτρα έτσι ώστε να υπάρχει μια, έστω και τυπική σύγκριση, όπως για παράδειγμα σε θέματα θερμομόνωσης, το αντιστάθμισμα προκύπτει από τα έξοδα θέρμανσης. Όμως, αυτό που συνέβη στη χώρα μας με τη θερμομόνωση δεν επαναλήφθηκε με την ηχομόνωση και την ηχοπροστασία. Όταν η πολιτεία αποφάσισε, πάλι καθυστερημένα, να εξασφαλίσει για το κοινωνικό σύνολο και την προστασία από αυτό που καθιερώθηκε πλέον να αποκαλείται «ηχητική ρύπανση», δεν ήταν απόλυτα προετοιμασμένη, ούτε από επιστημονική, αλλά ούτε και από πολιτική άποψη. Θεσπίστηκε βέβαια ένα στοιχειώδες νομικό πλαίσιο, αλλά η πολιτεία αδιαφόρησε για την εφαρμογή του μέχρι πρόσφατα. Αυτό που πρέπει να καταστεί σαφές είναι πως η ηχομόνωση-ηχοπροστασία δεν είναι θερμομόνωση. Απαιτεί γνώση ειδική, εργαστήρια και κυρίως χρήματα. Δεν αντιμετωπίζεται μόνο με μερικά σκαριφήματα και λίγο υαλοβάμβακα.

Από ένα περιορισμένο κεφάλαιο ενασχόλησης εξειδικευμένων επιστημόνων, η ακουστική έχει πλέον καταστεί αναγκαίος τομέας έρευνας για όλους όσους ασχολούνται με το δομημένο περιβάλλον. Η σημασία της ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας έγινε προφανής από τότε που όλοι όσοι ασχολούνται με το σχεδιασμό του χτισμένου περιβάλλοντος συνειδητοποίησαν πόσο επιτακτική είναι



η ανάγκη να δοθεί μεγαλύτερη σημασία στις περιβαλλοντικές επιστήμες και πόσο είναι δυνατό να συμβάλλουν τα πορίσματα των επιστημών αυτών, στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας. Έτσι, ήταν επόμενο να χαρακτηριστεί και η ακουστική ως περιβαλλοντική επιστήμη. Τώρα πλέον ο ήχος, με διάφορους τρόπους, παρεμβαίνει για τα καλά στη ζωή μας. Και κανονικά θα πρέπει να θεωρείται αδιανόητο για έναν μελετητή -είτε αυτός είναι αρχιτέκτονας είτε πολιτικός μηχανικός ή πολεοδόμος- να αγνοήσει τις αρνητικές ή τις θετικές επιδράσεις του ήχου και να μην εντάξει τις επιδράσεις αυτές σαν ένα ακόμη βασικό κριτήριο κατά το σχεδιασμό ενός έργου. Πρέπει με κατάλληλες μορφές, σχήματα και κατασκευές, να ελέγχεται ο ήχος ανάλογα με τη χρήση του χώρου που κατασκευάζεται. Ο έλεγχος του ήχου έχει ως αντικειμενικό στόχο να εξασφαλίσει σε ένα κτίριο τις απαραίτητες εκείνες προϋποθέσεις, που θα επιτρέπουν τη δημιουργία ενός ικανοποιητικού ακουστικού περιβάλλοντος στους εσωτερικούς του χώρους.

Με την ηχοπροστασία εξασφαλίζεται μέσω κατάλληλων ηχομονωτικών υλικών η ηχομόνωση και ο έλεγχος του θορύβου στην πηγή. Ρυθμίζονται δηλαδή, η ένταση του ήχου, η ηχητική στάθμη, όπως και οι απώλειες από τη μετάδοση του ήχου από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό, ή από το ένα χώρο του κτιρίου στο άλλο. Με την ακουστική των χώρων ελέγχονται και ρυθμίζονται οι συνέπειες της διάδοσης του ήχου μέσα σε μια αίθουσα ειδικής χρήσης, ώστε να εξασφαλιστούν οι καταλληλότερες συνθήκες λειτουργίας της. Για το λόγο αυτό επιδιώκεται κατά περίπτωση η καταστολή της έντασης του θορύβου ή η ακουστική διόρθωση και ο έλεγχος της πορείας του ήχου. Η ηχομόνωση, γνωστή και σαν ηχομείωση, αφορά την συνολική ικανότητα μιας κατασκευής στο να μην επιτρέπει την μετάδοση του ήχου από τον ένα χώρο σε γειτονικούς και δεν πρέπει να συγχέεται με την ηχοαπορρόφηση, που είναι ιδιότητα των υλικών να απορροφούν την ηχητική ενέργεια (μετατρέποντάς την σε θερμική και/ή μηχανική) με αποτέλεσμα την μείωση της στάθμης του ήχου και περιορισμό της αντήχησης, μέσα στον συγκεκριμένο χώρο που εφαρμόζονται. Η αύξηση της ηχοαπορρόφησης μέσα σε ένα χώρο δεν σημαίνει απαραίτητα και αντίστοιχη αύξηση της ηχομόνωσης μεταξύ γειτονικών χώρων. Δεν υπάρχει απλή άμεση σύνδεση ανάμεσα στην

ηχοαπορρόφηση και ηχομόνωση. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματική ηχομόνωση.

# Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

## Ο έλεγχος του ήχου

Σε όλα σχεδόν τα ακουστικά προβλήματα υπάρχουν τρία κοινά δεδομένα για τον έλεγχο του ήχου: η πηγή, η πορεία μετάδοσης του ήχου και ο δέκτης. Τα δύο πρώτα είναι μεταβλητά και ρυθμιζόμενα. Μπορεί δηλαδή η ένταση της πηγής να αυξάνεται ή να ελαττώνεται και η πορεία να σχεδιάζεται και να καθορίζεται έτσι ώστε ο ήχος να μεταδίδεται λιγότερος ή περισσότερος. Το μόνο δεδομένο που δύσκολα μεταβάλλεται, μια και είναι αδύνατο από τη φύση του να μεταβληθεί είναι ο δέκτης, δηλαδή ο άνθρωπος. Είναι επομένως απαραίτητο να εξεταστούν παρακάτω όσο το δυνατόν περιληπτικά και τα τρία αυτά δεδομένα ξεχωριστά, ώστε να επισημανθούν οι ιδιότητές τους και οι δυνατότητες αλληλεπίδρασής τους.

### 2.1 Ο άνθρωπος ως δέκτης

Ο άνθρωπος, σε σύγκριση με όλα τα άλλα γήινα όντα, έχει από τη φύση του, ορισμένες μόνο ικανότητες κι αυτές αρκετά περιορισμένες. Είναι σε θέση, για παράδειγμα, να αντιληφθεί, να αφομοιώσει και κυρίως να ανεχθεί, όσο είναι ακόμα παιδί, ένα ορισμένο φάσμα ήχων που βρίσκονται μέσα στην περιοχή συχνοτήτων από 16 Hz έως 20000 Hz. Στα 35 του χρόνια δεν μπορεί να ακούσει ήχους με συχνότητα μεγαλύτερη από 15000 Hz και όταν περάσει τα 60 τα πράγματα δυσκολεύουν ακόμα περισσότερο, αφού το όριο πέφτει στα 5000 Hz. Κάθε ήχοι έξω από την περιοχή αυτή είναι γι' αυτόν είτε υπόηχοι είτε υπέρηχοι και γίνονται αμέσως αισθητοί ως δυσάρεστοι και επίπονοι.

Παρεμβάσεις στις ικανότητες του ανθρώπου-δέκτη είναι ευνόητο πως δεν μπορούν να γίνουν, πέρα από τις όσες γνωστές μηχανικές εφαρμόζονται (ωτασπίδες, μεγάφωνα) κατά περίπτωση και μεμονωμένα. Είναι προφανές, λοιπόν, πως μόνο με επεμβάσεις στην ηχητική πηγή και στην πορεία μετάδοσης του ήχου είναι δυνατόν να επιτευχθεί η οποιαδήποτε ακουστική διόρθωση ή ηχομόνωση.

## 2.2 Η ηχητική πηγή

Τα ηχητικά κύματα που παράγονται από την ηχητική πηγή, μετά την εκπομπή τους διαδίδονται ομοιόμορφα, προς όλες τις κατευθύνσεις με την προϋπόθεση ότι η διάδοση του ήχου γίνεται με τη βοήθεια ενός ομοιογενούς και ισότροπου μέσου. Είναι ευνόητο λοιπόν ότι, αφού το ηχητικό κύμα διαδίδεται ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις σχηματίζει μια σφαίρα με κέντρο την ηχητική πηγή και ακτίνα κάθε φορά, την απόσταση, μετά από ένα χρονικό διάστημα. Η συχνότητα με την οποία εκπέμπεται το ηχητικό κύμα πρέπει να είναι πάντα γνωστή, ώστε με βάση την τιμή της να καθορίζονται όλα τα υπόλοιπα δεδομένα και συντελεστές. Είναι γνωστό από τη Φυσική ότι ο ήχος συνίσταται από μεταλλικούς παλμούς που μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσα σε στερεά, υγρά και αέρια στοιχεία.

Αυτό όμως που κυρίως ενδιαφέρει και αφορά άμεσα την ηχοπροστασία και την ακουστική του χώρου είναι ότι, για τη διευκόλυνση των εργαστηριακών μετρήσεων και τον καθορισμό των συντελεστών ηχοαπορρόφησης έχει επιλεγεί μια κοινή κλίμακα συχνοτήτων από οκτώ οκτάβες: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 και 8000 Hz. Οι περισσότερες ηχητικές πηγές περιέχουν ηχητική ενέργεια που καλύπτει σχεδόν όλο το φάσμα αυτών των συχνοτήτων. Η ανθρώπινη φωνή, για παράδειγμα, περιέχει ηχητική ενέργεια που βρίσκεται στην περιοχή συχνοτήτων από 125 έως 4000 Hz, ενώ το πιάνο εκπέμπει ήχους στο φάσμα συχνοτήτων από 27 έως 4186 Hz. Στη μουσική πάντως, δεν παράγονται ήχοι με συχνότητα μεγαλύτερη από 10000 Hz. Ο λόγος και η μουσική είναι εκείνες οι ηχητικές πηγές που άλλοτε θεωρούνται σα θόρυβοι, οπότε πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την ηχοπροστασία των χώρων που παρενοχλούν και άλλοτε, ως τα κυρίαρχα λειτουργικά μέσα του χώρου που εξυπηρετούν, οπότε πρέπει να λαμβάνονται αποτελεσματικά μέτρα για τη βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Οι ακουστικές συνθήκες και απαιτήσεις για το λόγο και τη μουσική διαφέρουν πάρα πολύ, όπως επίσης σημαντικά διαφέρουν μεταξύ τους και τα είδη της μουσικής. Μεγάλη σημασία για τη μετάδοση του λόγου έχει η κατεύθυνση προς την οποία μιλάει ο ομιλητής, καθώς και η μορφολογία του κεφαλιού του. Σε αίθουσες διδασκαλίας, όπου συνήθως οι συνθήκες ακουστικής συμπεριφοράς είναι από κακές έως απαράδεκτες, τα δεδομένα αυτά έχουν μεγάλη

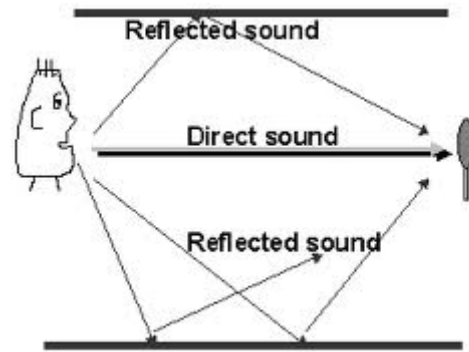
σπουδαιότητα, αν πρόκειται να επιδιωχθεί οποιαδήποτε ακουστική διόρθωση τόσο για τη βελτίωση της ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας, όσο και της ακουστικής του χώρου.

### 2.3 Η πορεία του ήχου

Ο προσδιορισμός της πορείας του ήχου στον ανοιχτό ή στον κλειστό χώρο επιτυγχάνεται με απλές γεωμετρικές μεθόδους. Αφού το ηχητικό κύμα έχει τη μορφή σφαίρας είναι επόμενο ότι οι διευθύνσεις διάδοσής του είναι οι ακτίνες της σφαίρας αυτής, που φυσικά είναι κάθετες προς τα διαδοχικά κύματα. Όταν οι ηχητικές ακτίνες, κατά την πορεία τους, συναντήσουν ένα φράγμα, τότε ανακλώνται με την ίδια γωνία που προσπίπτουν και συνεχίζουν μέσα στον ίδιο χώρο, προς αντίθετη κατεύθυνση. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με την ηχητική ενέργεια που μεταφέρουν, γιατί αυτή δεν παρακολουθεί αυτούσια την πορεία του ηχητικού κύματος, αφού διασπάται. Η διάσπαση της ηχητικής ενέργειας γίνεται σε τρία μέρη. Η σύγκρουση των διαδοχικών ηχητικών κυμάτων πάνω στη μία πλευρά του φράγματος, που για την αρχιτεκτονική ακουστική θεωρείται η επιφάνεια κάθε δομικού στοιχείου, προκαλεί παλμική κίνηση σε ολόκληρο το φράγμα. Λόγω της ταλάντωσης αυτής:

- Ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας ανακλάται προς την ίδια πλευρά από όπου προσέπεσε (ηχοανάκλαση).
- Ένα μέρος απορροφάται από τη μάζα του φράγματος (ηχοαπορρόφηση). Από το μέρος αυτό, ένα μικρό ποσοστό διέρχεται μέσα στη μάζα, ένα μεγαλύτερο ποσοστό μετατρέπεται σε θερμότητα και το υπόλοιπο ακτινοβολείται, και από τις δύο πλευρές του φράγματος, προς τους χώρους που διαχωρίζει.
- Το υπόλοιπο μέρος της ενέργειας διαπερνά το φράγμα και μεταδίδεται στον αέρα που εφάπτεται στην αντίθετή του πλευρά. Γίνεται δηλαδή μετάδοση από το ένα μέσο στο άλλο. Ο αέρας με τη σειρά του, διαδίδει αυτήν την ποσότητα ηχητικής ενέργειας σε ολόκληρο το χώρο.

Η συνέχιση της πορείας του ήχου μετά την πρώτη ανάκλαση προκαλεί και τα περισσότερα προβλήματα στην ακουστική ενός χώρου. Όταν οι ανακλώμενες ηχητικές ακτίνες συναντήσουν ένα καινούριο εμπόδιο, ένα νέο φράγμα, προκαλούν τις ίδιες διεργασίες όπως και



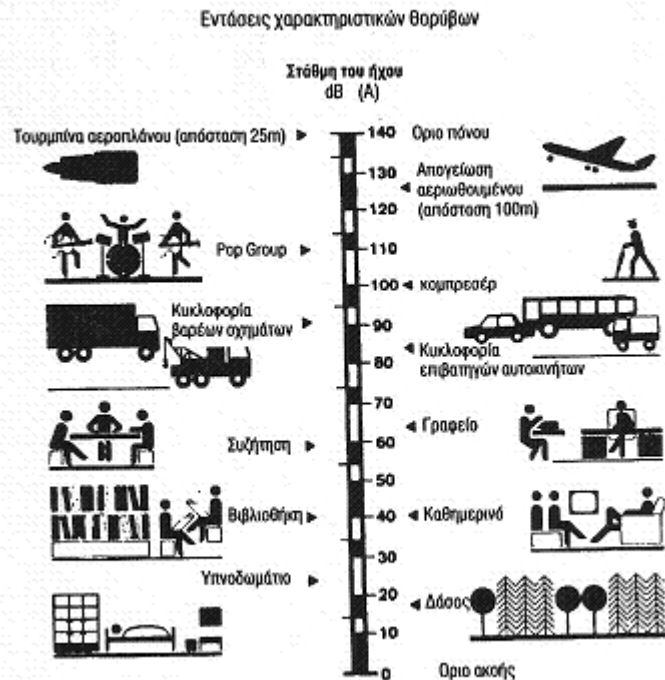
προηγούμενως, φυσικά με μειωμένη ενέργεια. Προκαλείται έτσι διαδοχικά, μια δεύτερη ανάκλαση και στη συνέχεια μια Τρίτη ανάκλαση κ.τ.λ., μέχρις ότου οι ηχητικές ακτίνες χάσουν τελικά όλη την ηχητική ενέργεια που μεταφέρουν. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χώρος, τόσο πιο πολλές είναι και οι επανειλημμένες ανακλάσεις του ήχου, μέχρι να εξασθενήσει τελείως. Οι πρώτες ανακλάσεις ακολουθούν το αρχικό ηχητικό κύμα, δηλαδή τις απευθείας ηχητικές ακτίνες και συντελούν στην ενίσχυσή του. Το φαινόμενο αυτό συμβάλλει σημαντικά, αλλά και καθοριστικά στην ποιότητα ακουστικής ενός χώρου. Αντιθέτως, οι δεύτερες, καθώς και οι υπόλοιπες ανακλάσεις έχουν αποτελέσματα καταστροφικά για τον ήχο αλλά και για όποιον τον ακούει. Προκαλούν μεγάλη αντήχηση ή ηχώ και για το λόγο αυτό θα πρέπει με κάθε τρόπο να αποφεύγονται, είτε με τη βοήθεια της ηχοαπορρόφησης, είτε με την προσαρμογή της γεωμετρίας του εξεταζόμενου χώρου.

# Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

## Μερικά βασικά μεγέθη

### 3.1 Ήχος

Ως ήχο μπορούμε να ορίσουμε την στιγμιαία μεταβολή της πυκνότητας του αέρα σε μία επιφάνεια (όργανο μέτρησης, ανθρώπινο αισθητήριο ακοής, άλλο αισθητήριο). Η μεταβολή της πυκνότητας του αέρα, γίνεται με την ταλάντωση μιας επιφανείας (π.χ. φωνητικές χορδές, ταλάντωση μεμβράνης μεγαφώνου, κ.α), για την διέγερση της οποίας χρησημοποιούμε ενέργεια.



### 3.2 Συχνότητα

Ως όρος, είναι η επανάληψη ενός φαινομένου σε καθορισμένη χρονική περίοδο. Εκφράζει τον αριθμό των κύκλων που παράγονται στη διάρκεια ενός δευτερολέπτου. Συμβολίζεται με το αγγλικό γράμμα "f" και μετριέται σε Hertz (Hz) και σε χιλιάδες Hertz (kHz). Ο άνθρωπος ακούει μόνο την περιοχή συχνοτήτων που εκτείνεται από τα 16 Hz έως τα 20000 Hz (20 kHz) και χάριν συντομίας λέμε ότι ακούμε από 20 Hz- 20kHz.

### 3.3 Ένταση

Ως ένταση ήχου ορίζεται η ισχύς του ηχητικού κύματος ανά μονάδα επιφανείας ή αλλιώς η ενέργεια που μεταφέρει το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφανείας και ανά μονάδα χρόνου. Η ένταση μετράται στο S.I. σε  $W/m^2$  (Βατ ανά τετραγωνικό μέτρο). Η ελάχιστη ένταση που γίνεται αντιληπτή στο ανθρώπινο αυτί αντιστοιχεί σε  $10^{-12} W/m^2$ . Η ένταση αυτή αντιστοιχεί σε ηχητική πίεση 20  $\mu Pa$  (η οποία αναφέρεται στην βιβλιογραφία και ως «κατώφλι ακουστότητας»). Η στάθμη της έντασης του ήχου μετράται σε Ντεσιμπέλ (decibel). Η μονάδα Ντεσιμπέλ εκφράζει την διαφορά στάθμης ενός ήχου έντασης  $I$  προς την ένταση του κατωφλίου ακουστότητας ( $10^{-12} W/m^2$ ). Ως στάθμη έντασης σε dB ορίζεται το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογάριθμου της έντασης του ήχου προς την ένταση του κατωφλίου ακουστότητας, και περιγράφεται μαθηματικά από την σχέση:

$$L_I = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ dB}$$

### 3.4 Αντήχηση

Είναι το λεγόμενο echo ή αντίλαλος. Είναι το φαινόμενο όπου το ηχητικό κύμα, συναντά μια επιφάνεια και γυρίζει πίσω, ανακλάται. Ενώ ως φαινόμενο, μπορεί να είναι και διασκεδαστικό (αντίλαλος σε βουνά και φαράγγια), σε κλειστούς χώρους είναι καταστροφικό. Ο λόγος είναι ότι τα συμβαλλόμενα κύματα ενισχύονται στην έντασή τους αφού σε τυχαίο σημείο του χώρου συμβάλουν δύο ήχοι. Ο πρωτογενής παραγόμενος και ο εξ ανακλάσεως. Μεγαλύτερο μειονέκτημα, εκτός από την αύξηση της έντασης, είναι η εξαφάνιση της καταληπτότητας, δηλαδή της δυνατότητας διάκρισης του ήχου. Γι' αυτό τον λόγο, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες χορού, αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες γυμναστικής, θέατρα και άλλοι μεγάλοι χώροι, πρωτίστως έχουν ανάγκη από ελεγχόμενη ηχοαπορρόφηση.

Μια καλή ηχοαπορρόφηση, μπορεί να μειώσει έως και να καταργήσει την ανάγκη για ηχομόνωση.



### 3.5 Διαφορά στάθμης ηχητικής πίεσης, D

Είναι η διαφορά ανάμεσα στις μέσες ηχοστάθμες που δημιουργούνται σε δύο χώρους, από τη λειτουργία ηχητικής πηγής στον έναν από αυτούς και ορίζεται ως:

$$D = L_1 - L_2, \text{σε dB}$$

Όπου:

- $L_1$  η μέση ηχοστάθμη στο χώρο ηχητικής εκπομπής
- $L_2$  η μέση ηχοστάθμη στο χώρο ηχητικής λήψης

### 3.6 Δείκτης ηχομείωσης, R

Χαρακτηρίζει την μόνωση αερόφερτου ήχου ενός δομικού στοιχείου σε εργαστηριακές συνθήκες χωρίς πλευρικές μεταδόσεις και ορίζεται ως:

$$R = D + 10 \log(S/A), \text{σε dB}$$

Όπου:

- $D$  η διαφορά στάθμης ηχητικής πίεσης
- $S$  το εμβαδόν του δοκιμίου σε  $\text{m}^2$
- $A$  η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης του χώρου λήψης σε  $\text{m}^2$

# Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

## Τα είδη του ήχου

Οι διάφοροι ήχοι διακρίνονται σε αερόφερτους και κτυπογενείς (στερεόφερτους).

### 4.1 Αερόφερτος ήχος

Δημιουργείται στον αέρα ενός χώρου, μεταδίδεται δια του αέρα, προσβάλλει τις διαχωριστικές επιφάνειες του χώρου, τις διαπερνά και εν συνεχεία μεταδίδεται και πάλι δια του αέρα, στους γειτονικούς χώρους. Πρακτικά, οι αερόφερτοι ήχοι είναι ο εξωτερικός θόρυβος, η μουσική, η ομιλία, ο θόρυβος των οικιακών συσκευών και των μηχανολογικών εγκαταστάσεων. Η ηχοπροστασία από αερόφερτους ήχους αφορά κυρίως στην ηχομόνωση των κατακόρυφων εξωτερικών και εσωτερικών πετασμάτων, καθώς και των κουφωμάτων (πορτών και παραθύρων).

### 4.2 Κτυπογενής ήχος

Δημιουργείται με το κτύπημα ενός σώματος πάνω στην επιφάνεια ενός χωρίσματος (δαπέδου) του χώρου. Από το κτύπημα (περπάτημα) δημιουργείται ήχος μέσα στη μάζα του χωρίσματος, ο οποίος αφού το διαπεράσει μεταδίδεται στον γειτονικό χώρο (κυρίως στον από κάτω) δια του αέρα. Πρακτικά, κτυπογενείς ήχοι δημιουργούνται από βηματισμούς, πτώσεις αντικειμένων, δονήσεις οικιακών συσκευών, μετακινήσεις επίπλων κ.α. Η προστασία από κτυπογενείς ήχους αφορά κυρίως στα οριζόντια χωρίσματα του κτιρίου (δάπεδα). Ηχομόνωση για κτυπογενείς ήχους μπορεί να γίνει :



ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

- Με επικάλυψη του δαπέδου με μαλακό υλικό (π.χ. χαλί, φελλό, βινύλιο, καουτσούκ κλπ)
- Τοποθέτηση ψευδοροφής
- Αντικραδασμικές βάσεις (εφέδρανα)
- Κατασκευή πλωτού δαπέδου (με ενδιάμεση στρώση από φελλό, φύλλο εξηλασμένου ή διογκωμένου πολυαιθυλενίου κλπ)

Οι δύο κατηγορίες του αερόφερτου και κτυπογενή ήχου έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και μηχανισμούς διάδοσης. Τα μέτρα ηχομόνωσης που παίρνονται διακρίνονται σε μέτρα ηχομόνωσης για αεροφερτό και μέτρα ηχομόνωσης για κτυπογενή. Μια αποτελεσματική ηχομόνωση πρέπει να περιλαμβάνει μέτρα για τον περιορισμό και των δύο κατηγοριών θορύβου. Για τα κατακόρυφα χωρίσματα (τοίχοι, πόρτες, παράθυρα) οι κανονισμοί θέτουν απαιτήσεις για προστασία από αερόφερτους ήχους, ενώ για τα οριζόντια χωρίσματα (δάπεδα, οροφές) θέτουν απαιτήσεις για προστασία από κτυπογενείς και αερόφερτους ήχους ταυτόχρονα (δύο παράλληλες απαιτήσεις).

# Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

## Ηχομόνωση

### 5.1 Ηχομόνωση και ηχοπροστασία

Η ηχομόνωση είναι μία σταθερή και επαληθεύσιμη ιδιότητα των δομικών στοιχείων (τοίχοι, δάπεδα, κουφώματα) που προσδιορίζεται με πρότυπη δοκιμή στο εργαστήριο. Η ηχοπροστασία είναι η πραγματική ηχομόνωση που παρέχει ένα δομικό στοιχείο τοποθετημένο στο έργο. Μεταξύ των δύο υπάρχει διαφορά (η ηχοπροστασία είναι συνήθως μικρότερη από την ηχομόνωση) η οποία οφείλεται στις πλευρικές μεταδόσεις (μεταδόσεις από τα χωρίσματα που περιβάλλουν το χώρο).

Το πρόβλημα που δημιουργούν οι πλευρικές μεταδόσεις στα κτίρια απασχόλησε επί δεκαετίες ειδικούς και αρχές. Οι σύγχρονοι κανονισμοί απαιτούν τη χρήση δομικών στοιχείων με πιστοποιημένη ηχομόνωση και προβλέπουν μεθόδους για τον υπολογισμό της ηχοπροστασίας που θα παρέχει τελικά, ανάλογα με τις συνθήκες των πλευρικών μεταδόσεων στο κτίριο. Με τον τρόπο αυτό η ευθύνη της βιομηχανίας ηχομονωτικών δομικών προϊόντων περιορίζεται στην εργαστηριακά πιστοποιημένη ηχομόνωση, ενώ η ευθύνη για την τελική ηχοπροστασία που παρέχει το προϊόν εγκατεστημένο στο κτίριο αφορά τον μελετητή και τον κατασκευαστή του έργου.

### 5.2 Ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση

Όταν ο ήχος απορροφάται, εμποδίζεται η ανάκλασή του από μία επιφάνεια. Ας σκεφτούμε τα ηχητικά κύματα σαν κύματα στο νερό. Όταν βρίσκουν σε έναν τοίχο, ανακλώνται προς τα πίσω, κάτι που δημιουργεί το φαινόμενο της ηχούς. Αν επενδύσουμε τον τοίχο με ένα ηχοαπορροφητικό υλικό, τότε η ενέργεια του ηχητικού κύματος θα απορροφάται και η δύναμή του θα μειώνεται. Συνεπώς, η ηχώ

θα μειώνεται και θα βελτιώνεται η ακουστική του χώρου. Τα ηχοαπορροφητικά υλικά δεν είναι απαραίτητα και ηχομονωτικά με την έννοια ότι μεγάλο μέρος της ενέργειάς τους μπορεί να τα διαπεράσει και να κατευθυνθεί προς τον διπλανό χώρο. Συνήθως μιλάμε για ελαφρά υλικά ινώδη ή με ειδική δομή κυψελίδων ή με ειδική επιφανειακή επεξεργασία.

Στην περίπτωση της ηχομόνωσης δε μας ενδιαφέρει η ακουστική του χώρου στον οποίο παράγονται τα ηχητικά σήματα. Μας ενδιαφέρει η προστασία των διπλανών χώρων. Να παίζει δηλαδή, δυνατά η τηλεόραση και να μην ακούγεται στο διπλανό διαμέρισμα. Εδώ χρειαζόμαστε υλικά με βάρος και πάχος. Δεν μπορεί να σταματήσει τον ήχο ούτε η αφρώδης πολυουρεθάνη, ούτε ο πετροβάμβακας. Μπορούν να τον σταματήσουν υλικά όπως τα τούβλα, το μπετόν, οι γυψοσανίδες, οι τσιμεντοσανίδες, το μολύβι κλπ., πάντα στην κατάλληλη διάταξη, στο κατάλληλο πάχος κι ενδεχομένως σε συνδυασμό με κάποιο ηχοαπορροφητικό υλικό. Είναι εξαιρετικά σημαντικό στις ηχομονώσεις να μην αφήνονται ηχογέφυρες, που ορίζονται σε αντιστοιχία με τις θερμογέφυρες στη θερμομόνωση.

### 5.3 Ηχομονωτικά χωρίσματα, πλωτά δάπεδα και ηχομόνωση σε πόρτες και παράθυρα

#### 5.3.1 Μονοκέλυφα ηχομονωτικά χωρίσματα

Τα μονοκέλυφα δομικά στοιχεία (τοίχοι και οροφές) έχουν ηχομονωτικές ικανότητες που εξαρτώνται κυρίως από την επιφανειακή τους μάζα (βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο επιφανείας). Ως μονοκέλυφα νοούνται δομικά στοιχεία που αποτελούνται εξ ολοκλήρου από ένα υλικό ή περισσότερες στρώσεις υλικών εφ' όσον αυτές είναι σταθερά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η ηχομονωτική ικανότητα ενός μονοκέλυφου δομικού στοιχείου αυξάνεται κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό της επιφανειακής του μάζας. Τα επιχρίσματα δε βελτιώνουν σημαντικά την ηχομόνωση των χωρισμάτων, παρά μόνον με την (περιορισμένη) πρόσθετη μάζα τους. Αντίθετα βελτιώνουν σημαντικά την ηχομόνωση τοίχων από διάτρητα στοιχεία που έχουν ανοικτούς πόρους ή τρύπες. Ηχοαπορροφητικά υλικά που τοποθετούνται

απευθείας πάνω στον τοίχο δεν βελτιώνουν καθόλου την ηχομόνωσή του. Πρόσθετα υλικά, όπως πλάκες ή φύλλα μονωτικών υλικών, που κολλούνται στον τοίχο ή κτίζονται μαζί του και εν συνεχεία καλύπτονται με επίχρισμα, μειώνουν συνήθως την ηχομονωτική ικανότητα του χωρίσματος. Οι διαχωριστικοί τοίχοι κατοικιών, πρέπει να έχουν επιφανειακή μάζα μεγαλύτερη από 350 Kg/m<sup>2</sup>. Οι μονοκέλυφες οροφές από μπετόν δεν καλύπτουν σε καμία περίπτωση τις απαιτήσεις των κανονισμών για τα δάπεδα των κατοικιών, παρά μόνο με κατάλληλα πλωτά δάπεδα ή επικαλύμματα δαπέδων.

### 5.3.2 Πολυκέλυφα ηχομονωτικά χωρίσματα

Τα πολυκέλυφα δομικά στοιχεία αποτελούνται από κελύφη που διαχωρίζονται από στρώσεις υλικών με ελαστικές ιδιότητες και λειτουργούν ως συστήματα μάζας-ελατηρίου-μάζας. Τοίχοι και οροφές διπλού κελύφους, καλύπτουν τις απαιτήσεις των κανονισμών με γενικά μικρότερη επιφανειακή μάζα. Χωρίσματα διπλού κελύφους, έχουν καλύτερες ηχομονωτικές ιδιότητες από τα αντίστοιχα μονοκέλυφα. Για να έχει ένα χωρίσμα διπλού κελύφους σημαντικά αυξημένες ηχομονωτικές ικανότητες πρέπει η ιδιοσυχνότητά του να βρίσκεται στην περιοχή συχνοτήτων <100Hz. Σημαντική μείωση της ηχομονωτικής ικανότητας παρατηρείται όταν τα δύο κελύφη συνδέονται με ηχογέφυρες, (κομμάτια σοβά, σωληνώσεις κλπ) ή συνδέσεις που επιβάλλονται για λόγους στατικής επάρκειας. Γενικά, τα χωρίσματα υψηλών ηχομονωτικών ικανοτήτων, όπως είναι τα διπλοκέλυφα, υφίστανται σημαντικές απώλειες επιδόσεων λόγω των πλευρικών μεταδόσεων. Στην τελική επίδοση του διπλοκέλυφου χωρίσματος συνεισφέρει σημαντικά η ποσότητα και το είδος του ηχοαπορροφητικού υλικού που τοποθετείται μεταξύ των κελυφών. Πλήρης κάλυψη του διαστήματος με ηχοαπορροφητικό υλικό σε συνδυασμό με μεγάλο διάστημα (>10cm) και σχετικά πυκνό απορροφητικό υλικό (>100Kg/m<sup>3</sup>) δίνουν σημαντικά βελτιωμένα αποτελέσματα.

### 5.3.3 Πλωτά δάπεδα

Οι συνέπειες του κτυπογενούς θορύβου μπορούν να αμβλυνθούν, έως και να εκμηδενισθούν, με την προσθήκη ενός εύκαμπτου ηχομονωτικού φύλλου ανάμεσα στην κυρίως πλάκα και την τσιμεντοκονία. Έτσι, παίρνουμε τα λεγόμενα πλωτά/«κολυμβητά» δάπεδα. Στα κολυμβητά δάπεδα το δάπεδο είναι ανεξάρτητο από το υπόστρωμα (την κυρίως πλάκα). Δεν είναι ούτε κολλημένο ούτε καρφωμένο αλλά «κολυμπάει» πάνω στο ηχομονωτικό φύλλο που θα επιλεγθεί. Το ηχομονωτικό φύλλο, λοιπόν, ενέχει θέση αποσβεστήρα των δονήσεων που υφίσταται το δάπεδο – ανωδομή. Έτσι, οι δονήσεις αυτές δε μεταφέρονται στην πλάκα και συνεπώς και στους υποκείμενους χώρους. Είναι προφανές ότι όσο μικρότερη είναι η ακαμψία -δυναμική, εν προκειμένω- του ηχομονωτικού φύλλου τόσο περισσότερη απόσβεση θα υπάρχει. Από την άλλη μεριά, μικρή ακαμψία ισοδυναμεί με μεγάλη παραμόρφωση και οι δυο αυτές παράμετροι κάπου πρέπει να συμβιβασθούν. Τα περισσότερα ηχομονωτικά φύλλα υφίστανται μόνιμη παραμόρφωση με το χρόνο ακόμη κι όταν δεν αυξάνονται οι πιέσεις, ένα φαινόμενο που ονομάζεται *ερπυσμός*. Είναι πολύ σημαντικό το ηχομονωτικό φύλλο να ανθίσταται στη μόνιμη παραμόρφωση και να διατηρεί σε βάθος χρόνου τις ηχομονωτικές του ικανότητες.

- Το ελαστικό υλικό πρέπει να έχει ικανοποιητική διάρκεια ζωής, κάτω από τις συνθήκες που θα χρησιμοποιηθεί (στατικό και δυναμικό φορτίο, περιβάλλον, υγρασία κ.λπ.).
- Πρέπει να γίνει έλεγχος της υποχώρησης του ελαστικού υλικού σε σχέση με το βάρος της πλάκας του δαπέδου. Εφόσον πρόκειται για πλάκα σκυροδέματος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το βάρος του σκυροδέματος κατά την ώρα της σκυροδέτησης, η (πιθανή) ανομοιόμορφη φόρτιση πριν τη διάστρωση, καθώς και η καταπόνηση λόγω ερπυσμού.
- Πρέπει να μελετηθούν κατασκευαστικές λεπτομέρειες ώστε να αποφεύγονται ηχογέφυρες μεταξύ του πλωτού δαπέδου και των τοίχων ή της φέρουσας κατασκευής.

- Εφόσον πρόκειται για μεγάλη πλάκα με ανομοιόμορφη φόρτιση, είναι καλύτερα να χωρίζεται σε μικρότερες (με αρμούς), έτσι ώστε καθεμία από τις μικρότερες να έχει κατά το δυνατόν ομοιόμορφη φόρτιση.
- Πρέπει να μελετηθούν λεπτομέρειες για διέλευση αγωγών κλιματισμού, αποχέτευσης, σωληνώσεων κλπ., έτσι ώστε οι αγωγοί αυτοί να μην αποτελέσουν συνδέσμους (ηχογέφυρες) μεταξύ πλωτού δαπέδου και τοίχων ή φέρουσας κατασκευής.
- Πρέπει να προφυλαχθεί το ελαστικό υλικό (εφόσον απαιτείται) από την υγρασία της φέρουσας κατασκευής (αν υπάρχει) με χρήση κατάλληλου υλικού.
- Τα ελαστικά υλικά πρέπει να κατανεμηθούν ομοιόμορφα. Επίσης πρέπει να ληφθεί κάθε μέτρο για προστασία από τα νερά του σκυροδέματος ή τη βροχή, που μπορεί να μπει ακόμη και σε διπλανό δωμάτιο και λόγω ρύσεων να έλθει στο χώρο του πλωτού δαπέδου.
- Εφόσον απαιτείται, πρέπει να μελετηθούν λεπτομέρειες για την αντιμετώπιση ανεπιθύμητης μετακίνησης του πλωτού δαπέδου σε περίπτωση σεισμού (κυρίως σε περιπτώσεις κεκλιμένων δαπέδων).
- Πρέπει να εξεταστούν οι εγκαταστάσεις ώστε να είναι βέβαιο ότι δεν υπάρχει βλάβη, ούτε υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθεί βλάβη, λόγω πλωτού δαπέδου.
- Πρέπει να εξασφαλισθεί επαρκής αερισμός κατά την ξήρανση (όταν πρόκειται για πλάκα από σκυρόδεμα) και να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή ρηγμάτωσης του σκυροδέματος.
- Πρέπει να δοθεί προσοχή στον οπλισμό των γωνιών και όπου είναι προτιμότερο -ανάλογα και με τη μελέτη- να τοποθετείται διπλός οπλισμός (άνω και κάτω).
- Η κατασκευή, τοπικού πλωτού δαπέδου, δεν εξασφαλίζει πάντοτε ηχομόνωση στον από κάτω χώρο, διότι αυτός μπορεί να ενοχλείται από κτυπογενείς θορύβους σε παρακείμενους χώρους που βρίσκονται στο ίδιο ή σε άλλο επίπεδο.
- Για την κατασκευή ξύλινων πλωτών δαπέδων είναι προτιμότερη η χρήση (ως ελαστικού υποστρώματος) ειδικών ελαστικών εφεδράνων, επάνω στα οποία



καρφώνονται ή βιδώνονται τα καδρόνια του δαπέδου. Η απλή «εναπόθεση» των καδρονιών σε ελαστικές λωρίδες, δεν εξασφαλίζει το δάπεδο από μελλοντική δημιουργία ηχογεφυρών περιμετρικά ή στα σημεία διέλευσης των σωληνώσεων των καλοριφέρ κ.λ.π.

#### 5.3.4 Ηχομόνωση σε πόρτες και παράθυρα

Οι πόρτες και τα παράθυρα αποτελούν ευαίσθητες επιφάνειες για τη διέλευση των ήχων, λόγω των πολλών αρμών που περιλαμβάνουν και των ελαφρών υλικών από τα οποία αποτελούνται. Για να βελτιωθεί η ηχομονωτική τους ικανότητα πρέπει:

- Τα διαδοχικά παράθυρα να είναι περιορισμένου μεγέθους και να διαχωρίζονται από ένα τμήμα τοίχου.
- Τα πόμολα και οι κλειδαριές των κουφωμάτων να είναι προσαρμοσμένα αεροστεγώς.
- Τα τζάμια να είναι διπλά ή τριπλά, με όσο το δυνατό μεγαλύτερο πάχος διάκενου και πετασμάτων.
- Οι αρμοί μεταξύ της κάσας και των φύλλων των θυρών και παραθύρων να σφραγίζουν αεροστεγώς όταν αυτά είναι κλειστά.

#### 5.4 Ακουστική μελέτη κτιριοδομικής προστασίας

Η Ακουστική Μελέτη έχει σαν στόχο την εξασφάλιση της τήρησης των ορίων ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας, όπως αυτά προσδιορίζονται στον Κ.Κ./Άρθρο 12 και το Τεχνικό Πρότυπο DIN 4109: “Sound insulation in buildings; requirements and verifications”. Όλοι οι χρήστες ενός κτιρίου πρέπει να μπορούν να διαμένουν και να εκτελούν πνευματικές ή άλλες εργασίες, μέσα σε ιδανικές συνθήκες ακουστικής άνεσης.

Η Ακουστική Μελέτη εξετάζει:

- τις συνθήκες θορύβου, που επικρατούν στο εξωτερικό του κτιρίου και οφείλονται π.χ. σε συγκοινωνιακά μέσα, θορυβώδεις εγκαταστάσεις κλπ., ώστε να προσδιορισθεί σωστά η ηχομόνωση του εξωτερικού κελύφους,

σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία VDI 2719: “Sound insulation of windows and their auxiliary equipment”,

- την επάρκεια ηχομείωσης των εσωτερικών χωρισμάτων και κουφωμάτων από αερόφερτο και κτυπογενή θόρυβο, κατά περίπτωση, σύμφωνα με τα Τεχνικά Πρότυπα DIN 4109 και EN ISO 12354: “Estimation of the acoustic performance of buildings from the performance of elements”,
- το είδος, την γεωμετρία και τις ιδιότητες των εσωτερικών επενδύσεων χώρων, ώστε ο χρόνος αντήχησης των χώρων ανάλογα με την χρήση τους να είναι σύμφωνα με το Τεχνικό Πρότυπο DIN 18041: “Acoustical quality in small to mediumsized rooms”,
- την ηχοπροστασία των διαφόρων χώρων από τον θόρυβο, που δημιουργείται από τις εγκαταστάσεις, που εξυπηρετούν το ίδιο το κτίριο, σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία VDI 2081: “Noise generation and noise reduction in air-conditioning systems” και τις συστάσεις της ASHRAE (ASHRAE Handbook 2007 – Chapter 47: “Noise and vibration control” και
- την ηχοπροστασία προς ξένες ιδιοκτησίες, από τον θόρυβο, που δημιουργούν οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου υπό μελέτη, ώστε να τηρούνται τα όρια θορύβου, που επιβάλλει το Π.Δ. 1180/81.

Εκτός από όλα τα ανωτέρω αναφερθέντα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ακουστική ιδιαιτερότητα του κάθε χώρου ανάλογα με τη χρήση του (χώροι διαμονής και εργασίας, χώροι συνάθροισης κοινού, χώροι διδασκαλίας, χώροι κλασσικής και συμφωνικής μουσικής, χώροι εγγραφής και αναπαραγωγής μουσικής με ηλεκτροακουστική εγκατάσταση, εκκλησίες κ.α.)

Η Ακουστική Μελέτη αποτελείται από την προμελέτη, την οριστική μελέτη και την μελέτη εφαρμογής.

#### 5.4.1 Προμελέτη

Τα ελάχιστα περιεχόμενα της προμελέτης είναι τα ακόλουθα:

- Προσδιορισμός της κατηγορίας και της κλάσης του κτιρίου.

- Περιγραφή των γενικών αρχών ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας.
- Μέτρηση της εξωτερικής στάθμης θορύβου στην θέση του έργου για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ηχομόνωσης του κελύφους του κτιρίου (σύμφωνα με VDI 2719) και αναγραφή στο τοπογραφικό σκαρίφημα. Επίσης, μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της στάθμης θορύβου από τα κυκλοφοριακά στοιχεία της περιοχής λαμβάνοντας υπόψη και άλλες πηγές θορύβου στην θέση του έργου, σύμφωνα με την μεθοδολογία που περιγράφεται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/49.
- Πίνακας απαιτήσεων ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας.

#### 5.4.2 Οριστική μελέτη

Τα ελάχιστα περιεχόμενα της οριστικής μελέτης είναι τα ακόλουθα:

- Τεχνική έκθεση των αρχών ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας.
- Αναγραφή των απαιτήσεων ηχομόνωσης στα σχέδια της ακουστικής μελέτης.
- Σύνταξη καταλόγου των διαφόρων τύπων χωρισμάτων με τον σταθμισμένο δείκτη ηχομείωσης της κατασκευής.
- Σύνταξη καταλόγου των διαφόρων τύπων πατωμάτων με την σταθμισμένη κανονικοποιημένη ηχητική πίεση κτυπογενούς ήχου της κατασκευής.
- Υπολογισμός του φαινόμενου σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης από τον σταθμισμένο δείκτη ηχομείωσης.
- Περιγραφή των γενικών αρχών των μέτρων ηχοπροστασίας των χώρων από τους θορύβους των ΗΜ εγκαταστάσεων.
- Προτάσεις για την ορθή ακουστική των χώρων του έργου.

#### 5.4.3 Μελέτη εφαρμογής

Τα ελάχιστα περιεχόμενα της μελέτης εφαρμογής είναι τα ακόλουθα:

- Επικαιροποίηση των τμημάτων της οριστικής μελέτης.
- Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σε ενδεικτική μορφή.

- Υπολογισμοί των μέτρων ηχοπροστασίας των χώρων από τους θορύβους των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, πίνακας ηχοπαγίδων κλιματισμού, εδράσεις.
- Τεχνική περιγραφή κατασκευών με σημασία για την ηχομόνωση-ηχοπροστασία.
- Υπολογισμός του χρόνου αντήχησης των χώρων και περιγραφή των ακουστικών εσωτερικών επενδύσεων που χρησιμοποιούνται.
- Κατάλογος των διαφόρων τύπων χωρισμάτων και κουφωμάτων, έλεγχος των αρχιτεκτονικών και μηχανολογικών σχεδίων για πληρότητα, όσον αφορά τις ακουστικές εφαρμογές.

#### 5.4.4 Μετρήσεις ελέγχου

Οι αναγκαίες ακουστικές μετρήσεις ελέγχου κατά την διάρκεια ή μετά το τέλος της κατασκευής θα γίνουν σύμφωνα με τα ακόλουθα Τεχνικά Πρότυπα:

- EN ISO 140 - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements.
- EN ISO 717 - Rating of sound insulation in buildings and of building elements.
- EN ISO 3382 - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.
- EN ISO 10052 - Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound – Survey method.

#### 5.5 Τα ηχομονωτικά υλικά

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στη σημερινή οικοδομή. Είναι όμως σημαντικό να αναφέρουμε πως η ενασχόληση του κεφαλαίου θα έχει να κάνει με υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε απλές κατοικίες σπιτιών και όχι σε χώρους με αυξημένες απαιτήσεις ακουστικής και ηχοπροστασίας, όπως είναι για παράδειγμα αμφιθέατρα διαλέξεων, θέατρα, καμπίνες ηχογράφησης κ.α., όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένα υλικά και τεχνολογίες.

Τα υλικά, λοιπόν, τα οποία χρησιμοποιούνται στη σημερινή οικοδομή χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

- Τα ηχομονωτικά υλικά
- Τα ηχοαπορροφητικά υλικά
- Τα αντικραδασμικά υλικά

Η κατηγοριοποίηση αυτή κάθε άλλο παρά αυστηρή είναι, αφού τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα ανήκουν στις 2 ή και στις 3 κατηγορίες που προαναφέρθηκαν, ταυτόχρονα.

#### 5.5.1 Πολυαιθυλένιο

Πρόκειται για ένα από τα πολυμερή που ανήκουν στην κατηγορία των *θερμοπλαστικών*, πλαστικών δηλαδή, που αποκτούν μεγαλύτερη πλαστικότητα, δηλαδή ευκολία στο να παραμορφωθούν και να αποκτήσουν το σχήμα που επιθυμούμε, κάθε φορά που θερμαίνονται. Στη σύγχρονη ηχομόνωση, το συναντάμε υπό διάφορες μορφές ή/και σε συνδυασμό με άλλα υλικά:

- Το *αφρώδες διογκωμένο πολυαιθυλένιο* είναι υλικό με κλειστές κυψέλες που παράγεται από θερμομονωτικό πολυμερές που, με μια διαδικασία συνεχούς εξέλασης και διόγκωσης, παίρνει τη μορφή ρολοποιημένου φύλλου. Το υλικό είναι εύκαμπτο και συμπιεστό, δεν οξειδώνεται, δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια και έχει άριστη συνεργασία με τα συνήθη οικοδομικά υλικά (τσιμέντο, γύψο, ασβέστη, άμμο). Είναι άριστο ηχομονωτικό υλικό για κτυπογενείς θορύβους, ενώ επίσης παρουσιάζει πολύ καλή θερμομονωτική ικανότητα. Είναι εύκολο στη μεταφορά, στην κοπή και την τοποθέτηση και προσαρμόζεται σε οποιοδήποτε σχήμα απαιτεί η προς επίστρωση επιφάνεια, εξασφαλίζοντας την ηχομόνωση σε δάπεδα μεταξύ των ορόφων (δημιουργία κολυμβητών ή πλωτών δαπέδων), καθώς και σε σωληνώσεις που τοποθετούνται κάτω από τα δάπεδα, εμποδίζοντας τη διάδοση του ήχου μέσω των πατωμάτων. Το υλικό είναι κατάλληλο για εφαρμογή σε ποικιλία κατασκευών δαπέδου, όπως σε δάπεδο

σκυροδέματος ή ξηράς κατασκευής με τελική επιφάνεια laminate, κεραμικών πλακιδίων, μαρμάρου, μοκέτας κ.α.

- Υπάρχει ακόμη ένα σύνθετο ηχομονωτικό υλικό για ενίσχυση ελαφρών δομικών στοιχείων και σωληνώσεων. Αποτελείται από συνδυασμό δύο στρώσεων λείου πολυαιθυλενίου, με ενδιάμεση στρώση ηχομονωτικού φύλλου μολύβδου. Εφαρμόζεται για ηχομόνωση αερόφερτου θορύβου και διατίθεται σε συσκευασίες ρολοποιημένου φύλλου. Το φύλλο μολύβδου, λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους και της ειδικής εύκαμπτης σύνθεσης του, προσφέρει πολύ καλά ηχομονωτικά αποτελέσματα. Τα δύο φύλλα αφρώδους πολυαιθυλενίου προστατεύουν το φύλλο μολύβδου και το καθιστούν ασφαλές, αλλά και εύκολο στην τοποθέτηση. Τοποθετείται με κόλλα σε επίπεδες ή καμπύλες επιφάνειες (καθαρές από υγρά και σκόνη). Για καλύτερα ηχομονωτικά αποτελέσματα οι αρμοί θα πρέπει να επικαλύπτονται.
- Υπάρχει επίσης ένα ηχομονωτικό και αντικραδασμικό υλικό που χρησιμοποιείται για την μείωση του κτυπογενούς θορύβου σε πλωτά/ηχομονωτικά δάπεδα, δάπεδα με τελική επιφάνεια πλακιδίου, παρκέ και laminate. Κατασκευάζεται από ελαστικό αφρώδες πολυαιθυλένιο διασταυρωμένων μοριακών αλυσίδων και φέρει επένδυση φράγματος υδρατμών με υπερκάλυψη. Διατίθεται σε μορφή ρολών.
- Έχουμε ακόμη ένα αντικραδασμικό και θερμομονωτικό υλικό από διογκωμένο φύλλο πολυαιθυλενίου με επικάλυψη φύλλου επαλουμινιωμένου πολυπροπυλενίου. Είναι ιδανικό για ανάκλαση ήχου και θερμότητας στην ενδοδαπέδια θέρμανση. Προσφέρει εξαιρετικό φράγμα θερμότητας και υδρατμών, ενώ είναι κατάλληλο για πλωτά δάπεδα με σταθερότητα στο χρόνο και φυσική αντοχή στην υγρασία και την πίεση των υδρατμών. Διατίθεται σε μορφή ρολών.
- Υπάρχει επίσης ένα υπόστρωμα κατασκευασμένο από ειδικό μίγμα πολυαιθυλενίου, το οποίο έχει στην επιφάνειά του ακρυλική κόλλα πάνω στην οποία επικολλούνται τα παρκέτα. Διαθέτει άριστες ηχομονωτικές ιδιότητες, δημιουργεί ευχάριστη αίσθηση βαδίσματος και αποτρέπει τη



δημιουργία κενών αέρος κάτω από τις σανίδες των παρκέτων. Επίσης, αποτρέπει το άνοιγμα των ενώσεων μεταξύ των παρκέτων λόγω της συστολοδιαστολής, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται έντονα στην περίπτωση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και παράλληλα προσφέρει πιστοποιημένη θερμική αγωγιμότητα για χρήση επάνω από ενδοδαπέδια θέρμανση. Τέλος, δεν αλλοιώνεται και δεν απελευθερώνει επιβλαβείς ουσίες. Το υπόστρωμα αυτό διατίθεται σε 2 τύπους: υπόστρωμα με κόλλα στην επάνω επιφάνεια στην οποία επικολλούνται τα παρκέτα και υπόστρωμα με κόλλα και στις δυο επιφάνειές του (στην άνω επιφάνεια επικολλούνται τα παρκέτα, ενώ η κάτω επικολλάται στην τσιμεντοκονία ή σε οποιαδήποτε στεγνή, λεία και επίπεδη επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα μονολιθικό σύστημα μεταξύ τσιμεντοκονίας και παρκέτου).

- Τέλος, υπάρχει και ένα προϊόν ιδιαίτερα αποτελεσματικό για ηχομόνωση κτυπογενούς θορύβου σε δάπεδα. Παράγεται από XLPE (ελαστικό εξηλασμένο αφρώδες πολυαιθυλένιο κλειστών κυψελίδων με διασταυρωμένες μοριακές αλυσίδες / crosslinked). Η δομή κλειστών κυψελίδων προσδίδει ελαστικότητα (συμπίεση και επαναφορά) λόγω του εγκλωβισμού αέρα στις αεροστεγείς κυψελίδες και επιπλέον άριστη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας. Η διασταύρωση των μοριακών αλυσίδων προσδίδει χαμηλή μόνιμη παραμόρφωση λόγω φορτίου, υψηλή θερμική και μηχανική αντοχή και αντοχή σε χημικά περιβάλλοντα, στην υπεριώδη ακτινοβολία και τη γήρανση, μεγάλη διάρκεια ζωής με σταθερή απόδοση. Τα συστατικά του είναι φιλικά προς το περιβάλλον και δεν περιέχουν HFC. Διατίθεται σε μορφή ρολών.

### 5.5.2 Πολυουρεθάνη

Η γνωστή από τη θερμομόνωση, πολυουρεθάνη αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ηχομονωτικά υλικά σήμερα. Η πολυουρεθάνη είναι ένα από τα πλέον σημαντικά και ασταθή μέλη της οικογένειας των πλαστικών. Η διόρθωση ή/και η απορρόφηση του ήχου είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των



μηχανικών και ελαστικών ιδιοτήτων της πολυουρεθάνης και της μορφολογίας της επιφάνειας του υλικού. Οι ελαστικές ιδιότητες του αφρού είναι τέτοιες, έτσι ώστε με την παραμόρφωση, που υφίσταται όταν εισέρχεται ένα ηχητικό κύμα να γίνεται και απορρόφηση μέρους της ενέργειας. Η κυψελωτή δομή του αφρού διευρύνει την "απορροφητική επιφάνεια", αυξάνοντας την ικανότητα ηχοαπορρόφησης. Το μέρος του ήχου που δεν απορροφάται από μια κυψέλη, ανακλάται στα τοιχώματά της ή κάποιας γειτονικής, με αποτέλεσμα σε κάθε πρόσπτωση να χάνεται μέρος της ηχητικής ενέργειας και η ηχοαπορρόφηση να αυξάνεται. Συνδυάζοντας δε, το αφρώδες υλικό με ηχοανακλαστικά υλικά (ενσωματωμένα ως εσωτερική στρώση - σάντουιτς- μέσα στη μάζα του αφρού), μπορούν να καλυφθούν σημαντικές απαιτήσεις ηχομόνωσης. Τα προϊόντα παράγονται σε μορφή φύλλων και ρολλών. Η τελική εξωτερική επιφάνεια μπορεί να είναι βαμμένη ή επικαλυμμένη με διάφορα υλικά (λεπτή ελαστική μεμβράνη, ύφασμα, φύλλο αλουμινίου) για διάφορους λόγους (αισθητικούς, προστασίας, πρόσθετης ηχοαπορρόφησης). Η κάτω επιφάνεια μπορεί να είναι αυτοκόλλητη για ευκολότερη τοποθέτηση. Τα ηχοαπορροφητικά/ηχομονωτικά υλικά από αφρό πολυουρεθάνης έχουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής, για την ακουστική βελτίωση ή ηχομόνωση οποιουδήποτε κτιριακού χώρου και για τη μείωση του βιομηχανικού θορύβου σε χώρους παραγωγής και μηχανολογικών εγκαταστάσεων.



### 5.5.3 Πολυεστέρας

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στην ηχομόνωση παράγονται, εν προκειμένω, από πολυεστερικές, θερμοσυγκολλητές ίνες μεγάλης αντοχής. Παράγονται έτσι, θερμομονωτικά και ηχοαπορροφητικά υλικά τα οποία:



- Είναι οικολογικά, φιλικά προς τον άνθρωπο και μη καρκινογόνα.
- Δεν επηρεάζονται από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου, την υγρασία και δεν προσβάλλονται από μούχλα, βακτηρίδια και μικροοργανισμούς.
- Είναι αυτοσβενύμενα και δεν παράγουν τοξικά αέρια ή καπνούς σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα διαφόρων πυκνοτήτων και παχών.
- Είναι σχετικά εύκαμπτα και συνεπώς, εύκολα στην τοποθέτηση.

Οι εφαρμογές που μπορεί να έχουν τα υλικά από πολυεστέρα είναι πολλές:

- Ψευδοροφές, χωρίσματα, τοίχοι και πατώματα κτιρίων, όπου απαιτείται ένας συνδυασμός θερμικής και ακουστικής μόνωσης.
- Ηχομόνωση και ρύθμιση ακουστικής σε κτίρια γραφείων και κατοικιών, studio ηχογραφήσεων, γυμναστήρια, clubs, κέντρα διασκέδασης και γενικότερα σε χώρους αναψυχής.
- Ιδιαίτερα κατάλληλα για νοσοκομεία, χειρουργεία και σχολικά συγκροτήματα.
- Ανακατασκευές κτιρίων.

### 5.5.4 Ανακυκλωμένο ελαστικό

Παράγονται υλικά, ηχομονωτικά και αντιδονητικά, από μίγμα συνθετικών και φυσικών ελαστομερών από ανακύκλωση P.F.U. (μη χρησιμοποιήσιμου λάστιχου)



και ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιείται υγρή πολυουρεθάνη. Τα επιστρώματα αυτά πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας πρωτοποριακές συμπιεστικές τεχνικές που δίνουν στο προϊόν άριστα τεχνικά, φυσικά και ηχητικά

χαρακτηριστικά. Έχουν υψηλές μηχανικές αντιστάσεις, άριστες ικανότητες απορρόφησης κραδασμών, είναι ανθεκτικά στις τριβές και παρουσιάζουν άριστα χαρακτηριστικά ελαστικότητας. Χρησιμοποιούνται σαν διαχωριστικά επιστρώματα σε πλωτά δάπεδα για την ελάττωση κτυπογενών ήχων. Είναι ιδανικά για να εφαρμοστούν σε πλάκα οροφής, σε τσιμέντο με προσμείξεις και σαν υποδάπεδο κατά της δόνησης σε εμπορικά κέντρα, δημόσια κτίρια, studio, συνεδριακούς χώρους, βιομηχανικούς χώρους κ.λ.π. Τέλος, λόγω της μεγάλης επιφανειακής μάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την μείωση αερόφερτου θορύβου σε τοιχοποιία με διπλό τούβλο, σε επένδυση τοιχοποιίας με ξηρά δόμηση κ.α. Διατίθενται σε μορφή ρολών.

#### 5.5.5 Φελλός

Ο φελλός είναι ο εξωτερικός φλοιός της φελλοδρυός (*Quercus Suber*), δένδρο με κύρια εξάπλωση στη δυτική Μεσόγειο. Η κυψελωτή δομή του (περιέχει εκατομμύρια κυψέλες με αέρα ανά  $m^3$ ) και η ικανότητά του να ανακτά το αρχικό του σχήμα μετά από συμπίεση του προσδίδει τις εξαιρετικές του ιδιότητες, σαν ηχομονωτικό, θερμομονωτικό και αντικραδασμικό υλικό. Διατίθεται σε ρολά και φύλλα διαφόρων διαστάσεων και σε διάφορα πάχη από 2 έως 6mm. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του, τόσο



αυξάνεται η ηχομείωση που προσφέρει. Ο φελλός χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα σε δάπεδα από μασίφ ξύλο, multilayer και laminate που εφαρμόζονται καρφωτά, κολλητά ή πλωτά, αλλά και κάτω από κεραμικά πλακίδια ή μοκέτες. Επιπρόσθετα, το υπόστρωμα από φελλό, εξομαλύνει μικροανωμαλίες του υποστρώματος και προστατεύει το δάπεδο από ρηγματώσεις. Χαρακτηριστικά των υλικών παραγόμενα από φελλό μικρής κοκκομετρίας και πολυουρεθανικό συνδετικό υλικό είναι η εξαιρετική αντοχή τους σε ιδιαίτερες συνθήκες θερμοκρασίας, έκθεσης σε λάδια, οξέα κ.λ.π., καθιστώντας τα κατάλληλα για χώρους μηχανοστασίων και η μείωση του κτυπογενούς θορύβου σε πλωτά δάπεδα. Παράγονται σε μορφή ρολών.

#### 5.5.6 Προβατόμαλλο

Το πρόβειο μαλλί είναι από τα αρχαιότερα μονωτικά που χρησιμοποιούσαν στις πρωτόγονες κατοικίες. Είναι το ιδανικό υλικό για την κατασκευή, σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής δόμησης. Είναι



ελαστικό και διαπνέον, αποτελεί άριστη κλιματιστική ίνα σε κρύο και ζέστη ενώ χαρακτηρίζεται για την αξιόλογη υγροσκοπική του ιδιότητα. Η ιδιαιτερότητα του αποτελείται στο ότι είναι αδιάβροχο και παράλληλα απορροφάει την υγρασία. Αυτό σημαίνει ότι απομακρύνει το νερό στην υγρή του μορφή και παράλληλα έχει την ικανότητα να απορροφήσει τον υδρατμό έως και το 33% του βάρους του χωρίς να εμφανιστεί υγρασία. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται μια φυσική ρύθμιση της υγρασίας στο εσωτερικό των κατοικιών και μειώνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης που φέρνει μελλοντικές φθορές στην δομή. Για την κατασκευή του ηχομονωτικού υλικού από προβατόμαλλο το κουρεμένο χωριάτικο πρόβειο μαλλί, πλένεται με φυσικό σαπούνι και υποβάλλεται σε αντισκωρική επεξεργασία. Στη συνέχεια ξαίνεται και θερμοσυγκολλάται στους 180°, θερμοκρασία που παράλληλα εξασφαλίζει την αποστείρωση του υλικού. Χάρη στην ιδιαίτερη μοριακή δομή του, το πρόβειο μαλλί προτείνεται ως άριστη και φυσική θερμοηχητική μόνωση, εναλλακτική στις ορυκτές ίνες. Επίσης, το μαλλί

είναι μια ανανεώσιμη και ανακυκλώσιμη πρώτη ύλη και η διαδικασία μεταποίησης της σε μονωτική πλάκα απαιτεί μια ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

Χρησιμοποιείται για θερμική και ηχητική μόνωση σε στέγαστρα, οροφές, εσωτερικά χωρίσματα, προσόψεις και ξύλινες κατασκευές. Είναι ιδανικό για καινούργιες κατασκευές και αναπαλαιώσεις αφού πρόκειται για ελαφρύ υλικό με αποστραγγιστικές ιδιότητες. Διατίθεται σε μορφή πλακών και ποικιλία διαστάσεων.

### 5.5.7 Καλαμπόκι

Ένα νέο ηχοαπορροφητικό, θερμομονωτικό και οικολογικό υλικό είναι αυτό που είναι κατασκευασμένο από ίνες προερχόμενες από κόκκους καλαμποκιού. Αποτελείται αποκλειστικά από ίνες που παράγονται με εξέλαση και διαδοχική πλέξη πολυγαλακτικού οξέος (PLA), πολυμερούς του γαλακτικού οξέος, που



προέρχεται από την ελεγχόμενη ζύμωση κόκκων καλαμποκιού. Το PLA έχει δείκτη πρόσληψης οξυγόνου (Limit Oxygen Index) LOI περίπου 26, που το καθιστά από τη φύση του δύσφλεκτο και αυτοσβεννύμενο, με περιορισμένη έκλυση καπνού κατά την καύση του. Δεν παράγονται επίσης κατά την καύση του τοξικά αέρια. Οι ίνες του έχουν ελάχιστη διάμετρο 21 μm, μέση διάμετρο 34 μm και μέσο μήκος 51 mm. Η θερμοκρασία λειτουργίας του είναι από -30 έως +120 °C. Είναι πρωτότυπο και καινοτόμο προϊόν, που παρουσιάζει ένα χωρίς σύγκριση θετικό, από οικολογική άποψη, ισοζύγιο σε ολόκληρο τον κύκλο της ζωής του και παράλληλα χαμηλού ολικού κόστους, κάτι που δεν είναι δυνατό στην περίπτωση των προϊόντων από συνθετικές ίνες.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του υλικού είναι πολλά και σημαντικά:

- Είναι απόλυτα φιλικό προς την ανθρώπινη υγεία σε όλη τη διάρκεια του κύκλου της ζωής του, δηλαδή την προέλευση της πρώτης ύλης, την παραγωγή, τη μεταφορά και αποθήκευση καθώς και τη χρήση του.
- Δεν απελευθερώνει ίνες στην ατμόσφαιρα.
- Δεν είναι καρκινογόνο.
- Δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, βακτηριδίων, μυκήτων και εντόμων.
- Έχει εξαιρετική ηχοαπορροφητική ικανότητα, ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες.
- Είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον αφού οι ίνες από καλαμπόκι είναι 100% βιοδιασπάσιμες και όταν ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους, μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν. Θαλασινό νερό και χώμα με μικροοργανισμούς, μετατρέπουν τις ίνες από καλαμπόκι σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό σε μια περίοδο δύο έως τριών ετών.

#### 5.5.8 Κέναφ

Πρόκειται για ένα ηχοθερμομονωτικό υλικό από Κέναφ, μια φυτική ίνα όμοια με την κάνναβη που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια. Το ομώνυμο φυτό (επιστημονική ονομασία: *hibiscus cannabinus*) από το οποίο βγαίνει η ίνα



ανήκει στην οικογένεια των μαλαχοειδών και είναι μια πλήρως αειφορική καλλιέργεια με εποχιακή σοδειά. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται προέρχεται από ιταλική βιολογική καλλιέργεια. Κάνοντας ένα συνολικό οικολογικό απολογισμό του υλικού αυτού, πολλές είναι οι ιδιότητες του Κέναφ:

- το φυτό αυτό απορροφά περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα από κάθε άλλο είδος καλλιέργειας,
- είναι καθαριστικό του εδάφους από τοξικά στοιχεία όπως τα βαριά μέταλλα,

- προσκομίζει μεγάλες ποσότητες οξυγόνου στο έδαφος,
- έχει καλή αντοχή στην ξηρασία, ενώ η καλλιέργεια της δεν απαιτεί χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων γιατί το Κέναφ δεν περιέχει πρωτεϊνικές ουσίες.

Τα υπολείμματα από το διαχωρισμό της ίνας χρησιμοποιούνται ως σανό και καύσιμα βιομάζας. Η διαδικασία μεταποίησης, από φυτό σε ολοκληρωμένο μονωτικό προϊόν, απαιτεί μια μέτρια κατανάλωση ενέργειας. Για να κατασκευαστεί το εν λόγω ηχομονωτικό υλικό, οι ίνες Κέναφ αναμιγνύονται με ένα ινώδες πλέγμα, συμπυκνώνονται μηχανικά και συγκολλούνται με θερμική μέθοδο, χωρίς κανένα χημικό πρόσθετο. Το τελικό προϊόν έχει χαρακτηριστικά υψηλής διαπνοής, αντοχής και ελαστικότητας. Τα χαρακτηριστικά της μοριακής δομής του Κέναφ χαρίζουν στο υλικό άριστη μονωτική ικανότητα από θερμότητα και ήχο, αξιοσημείωτη αντοχή στις καταπονήσεις από τις καιρικές συνθήκες και καλή ελαστικότητα. Είναι ένα ελαφρύ και ελαστικό υλικό που διατίθεται σε πλάκες και ρολό για να τοποθετείται εύκολα. Στο εσωτερικό του περικλείεται υψηλή ποσότητα αέρα που παρέχει άριστη θερμική μόνωση. Απρόσβλητο από έντομα και τρωκτικά, έχει και άριστη αντοχή στην μούχλα και στο σάπισμα. Επίσης, το προϊόν αυτό είναι πλήρως ανακυκλώσιμο.

Τέλος, είναι ιδανικό υλικό για οικολογική δόμηση και άριστη λύση για διαμόρφωση φυσικά κλιματιζόμενων και ευχάριστων εσωτερικών χώρων.

Χρησιμοποιείται για θερμική και ηχητική μόνωση των διάκενων σε διπλούς τοίχους, εσωτερικά χωρίσματα, προσόψεις, πατώματα, στέγαστρα. Είναι ιδανικό για καινούργιες κατασκευές και αναπαλαιώσεις μιας και αποτελεί ένα ελαφρύ υλικό με άριστες αποστραγγιστικές ιδιότητες. Διατίθεται σε μορφή ρολών και πλακών διαφόρων μεγεθών και παχών.

#### 5.5.9 Υλικά περιορισμένης χρήσης

Παρακάτω θα αναφερθούν κάποια υλικά των οποίων η χρήση είναι περιορισμένη σε σχέση με τα υπόλοιπα του είδους.

- *Ανακυκλωμένο καουτσούκ*: Πρόκειται για υλικό γενικής χρήσης που διαθέτει μεγάλη ηχομονωτική και αντικραδασμική ικανότητα. Είναι κατάλληλο για απλά ή σύνθετα πλωτά δάπεδα, τοίχους από τούβλα, γυψοσανίδες και ανακαίνιση ορόφων.
- *Βαμβακερές ίνες*: Πρόκειται για την κατασκευή σύνθετου υλικού αποτελούμενου από 2 στρώσεις ηχοαπορροφητικού υλικού βαμβακερών ινών και άκαυστων ρητινών με ενδιάμεση στρώση ηχομονωτικής στρώσης βισκοελαστικού ελαστομερούς EPDM. Η χρήση του περιορίζεται σε κατασκευή ανάμεσα σε διπλό τούβλο.
- *MDF*: Το MDF αποτελείται από ίνες ξύλου που προέρχονται από κορμούς, υπολείμματα υλοτομίας, πριστηρίων κ.τ.λ. Η χρήση του στον τομέα της ηχομόνωσης γίνεται μέσω ενός συστήματος ηχοαπορροφητικών στοιχείων από MDF με επένδυση μελαμίνης για την επένδυση οροφών, τοίχων και διαχωριστικών πετασμάτων. Προσφέρει ακουστική άνεση σε συνδυασμό με αισθητική παρουσία σε αίθουσες κάθε είδους εκδηλώσεων, κτίρια γραφείων και κατοικίες. Η μορφή του επιτρέπει πολλαπλές λύσεις συναρμολόγησης με ελάχιστη απώλεια υλικού και μεγάλη ευκολία τοποθέτησης. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης όλων των υλικών.

#### 5.5.10 Αντικραδασμικά υλικά

Τα αντικαραδασμικά υλικά, είναι ειδικά υλικά, από υψηλής τεχνολογίας συνθετικά ελαστικά και/ή μέταλλα, που μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν για την αντιμετώπιση δονήσεων, κρούσεων και κτυπογενούς θορύβου σε δομικές και



βιομηχανικές κατασκευές. Χρησιμοποιούνται ως αντικραδασμικές βάσεις μηχανών, αντικραδασμικές αναρτήσεις ηχομονωτικών ψευδοροφών ή μηχανημάτων, ελαστικά εφέντρανα ανάμεσα σε δομικά μέρη προκατασκευών, αντικραδασμικά ξύλινων δαπέδων κ.λ.π. Με τα συγκεκριμένα υλικά υπάρχει η δυνατότητα μείωσης

του θορύβου των βηματισμών σε ξύλινα δάπεδα και αύξησης ηχομόνωσης των γυψοχωρισμάτων. Επίσης, κάποια από αυτά είναι ιδανικά για αναπαλαιώσεις παραδοσιακών κτιρίων με ξύλινα φέροντα πατώματα.

#### 5.5.11 Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά τα οποία αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και έχουν σημαντικές ηχομονωτικές ιδιότητες είναι τα εξής:

- Διογκωμένος περλίτης (ηχομόνωση)
- Υαλοβάμβακας (ηχοαπορρόφηση)
- Πετροβάμβακας (ηχοαπορρόφηση)
- Ξυλόμαλλο (ηχομόνωση)
- Διογκωμένη και αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (ηχομόνωση)
- Πεπιεσμένο άχυρο (ηχομόνωση)
- Αφρομπετόν (ηχομόνωση)
- Περλομπετόν (ηχομόνωση)



# Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

## Νέες τεχνολογίες

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, ο τομέας της ηχομόνωσης και της ηχοαπορρόφησης, τουλάχιστον στον ελλαδικό χώρο, δεν είναι στον ίδιο βαθμό αναπτυγμένος όπως αυτός της θερμομόνωσης. Αυτά που εξετάζονται λεπτομερώς είναι η ανάγκη για υγρομόνωση και θερμομόνωση και στη συνέχεια, τις περισσότερες φορές, ακριβώς επειδή πολλά από τα θερμομονωτικά υλικά παρουσιάζουν σημαντικές ηχομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες, οι ανάγκες μιας κατασκευής για ηχοπροστασία καλύπτονται –μερικώς τις περισσότερες φορές– από τα υλικά αυτά. Κατ' επέκταση και οι νέες τεχνολογίες στον τομέα της ηχομόνωσης δεν παρουσιάζουν σημαντικές εξελίξεις και καινοτομίες. Για το λόγο αυτό, παρακάτω θα παρουσιαστούν συνοπτικά κάποιες από τις σημαντικότερες νέες τεχνολογίες και ανακαλύψεις στον τομέα που μας ενδιαφέρει, οι οποίες εφαρμόζονται είτε επίσημα είτε σε πειραματικό στάδιο σε χώρες του εξωτερικού.

### 6.1 Πλακάκια από λάτεξ και πλαστικό

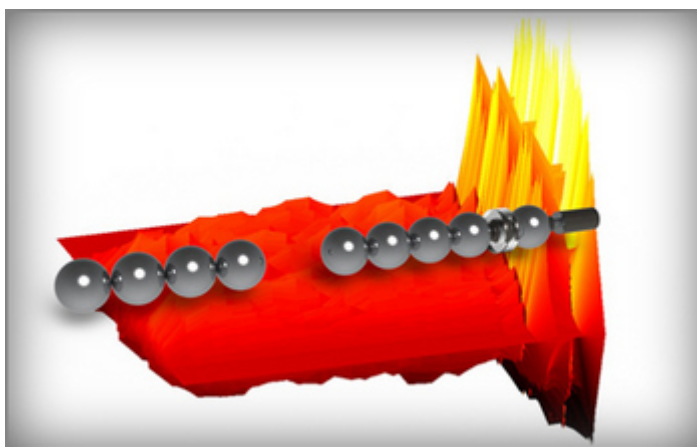
Πρόκειται για μια νέα επινόηση μιας ομάδας επιστημόνων στο Χονγκ Κονγκ οι οποίοι ισχυρίζονται πως μία μέρα το συγκεκριμένο υλικό θα μπορούσε να μειώσει τη στάθμη του θορύβου ακόμα και σε έντονα θορυβώδη μέρη, όπως τα αεροδρόμια.

Οι Ιάπωνες επιστήμονες έχουν επινοήσει λοιπόν, ένα σύστημα από λεπτά πλακάκια, τα οποία όταν συγκεντρώνονται σε ένα μεγάλο πάνελ μπορούν να μειώσουν σε σημαντικό βαθμό το θόρυβο σε ένα τεράστιο φάσμα, συμπεριλαμβανομένων και των χαμηλών συχνοτήτων που με ευκολία παραβιάζουν τους τοίχους των διαμερισμάτων και των σπιτιών. Κάθε ομάδα από αυτά τα πλακάκια έχει πάχος 3mm και πλάτος λιγότερο από μισή ίντσα. Όταν τα ηχητικά κύματα χτυπήσουν το πάνελ, το εσωτερικό μέρος της μεμβράνης δονείται σε αντίθετη φάση σε σχέση με το εξωτερικό μέρος. Αυτό σημαίνει ότι τα ηχητικά κύματα αλληλοεξουδετερώνονται και πως ο ήχος δε διαπερνά το πάνελ. Αυτό που επιτυγχάνεται με τη νέα αυτή

τεχνολογία είναι πως απορροφώνται και κάποιες φορές εξουδετερώνονται οι ήχοι χαμηλής συχνότητας, πράγμα το οποίο δε γίνεται με τις σημερινές ευρέως διαδεδομένες τεχνολογίες.

## 6.2 Τοποθέτηση ρουλεμάν στο εσωτερικού τοίχου

Πρόκειται για την ανάπτυξη ενός μηχανισμού, που αποτελείται από ορισμένου μεγέθους σφαιρίδια, από μία ομάδα ερευνητών του California Institute of Technology. Ο μηχανισμός αυτός, σύμφωνα με τους ερευνητές επιτρέπει στα



ακουστικά κύματα να ταξιδέψουν προς μία μονόδρομη κατεύθυνση, με ελεγχόμενες συχνότητες. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως τα ηχητικά κύματα τα οποία διέρχονται από την αλυσίδα των σφαιριδίων προς μία κατεύθυνση μπορούν και διέρχονται κανονικά, ενώ αν η αποστολή των κυμάτων γίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση οι πορεία τους σταματάει. Αυτός ο μηχανισμός φέρνει την ιδέα της ουσιαστικής ηχομόνωσης πιο κοντά στην πραγματικότητα. Για παράδειγμα, έστω πως υπάρχουν δύο δωμάτια, Α και Β. Αυτή η νέα τεχνολογία θα επέτρεπε σε κάποιον στο δωμάτιο Α να ακούσει ήχους που προέρχονται από το δωμάτιο Β, παρόλα αυτά, θα δέσμευε τους ήχους από το δωμάτιο Α να ακουστούν στο δωμάτιο Β. Τα σφαιρίδια μπορούν να είναι κατασκευασμένα από κεραμικό, σκληρό πλαστικό και μέταλλο, ενώ για να υπάρχει το επιθυμητό αποτέλεσμα σε ήχους εντός του γνώριμου, για τον άνθρωπο, ηχητικού φάσματος, το μέγεθος των σφαιριδίων πρέπει να κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά έως μερικά εκατοστά.

# Μέρος 3<sup>ο</sup>

## Συμπεράσματα

Κλείνοντας την παραπάνω εργασία όσον αφορά στα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα στον τομέα της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης, αλλά και στις νέες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί ή αναπτύσσονται πάνω σε αυτούς τους τομείς, παρατηρούμε πως η επιλογή υλικών και τρόπου εφαρμογής της εκάστοτε μόνωσης κάθε άλλο παρά εύκολη είναι.

Δεν είναι εφικτό να υπάρξει μία σαφής και συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία να αποτελεί αλάνθαστο οδηγό στην επιλογή τύπου ηχοθερμομόνωσης. Όλα τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα και στους δύο τομείς έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η επιλογή τους έγκειται κάθε φορά στις απαιτήσεις της εκάστοτε κατασκευής αλλά και του κάθε κατασκευαστή.

Για παράδειγμα, ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας είναι δύο υλικά με πολύ καλές ιδιότητες, που κατατάσσονται όμως σε εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά, γεγονός το οποίο τα καθιστά επίφοβα στη χρήση τους. Οι πολυστερίνες από την άλλη (αφρώδης εξηλασμένη και διογκωμένη) έχουν επίσης πολύ καλές ιδιότητες, δεν παρέχουν όμως σημαντική πυρασφάλεια. Τα μονωτικά σκυροδέματα, πέραν των υπόλοιπων προτερημάτων τους, βελτιώνουν σημαντικά την αντισεισμική συμπεριφορά της κατασκευής από τη μία, από την άλλη όμως η κατασκευή τους αποτελεί μια εμπειρική διαδικασία ενώ το κόστος παραγωγής και κατασκευής τους είναι αρκετά υψηλό. Σε ότι αφορά στα ανακυκλώσιμα και οικολογικά υλικά, αποτελούν εξ ορισμού μία εξαιρετική λύση, πολλές φορές όμως τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους δεν είναι τόσο ισχυρά όσο κάποιων άλλων υλικών. Οι νέες τεχνολογίες από την άλλη, έχουν εξαιρετικές προοπτικές και κάτι παραπάνω από αξιολογικά τεχνικά χαρακτηριστικά, πολλές από αυτές όμως βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο ή σε στάδιο διερεύνησης.

Η παραπάνω συλλογιστική πορεία θα μπορούσε να γίνει και για τα ηχομονωτικά υλικά ή και για τα θερμομονωτικά υλικά ακόμα, πολύ πιο αναλυτικά, δε θα είχε όμως ιδιαίτερο νόημα. Το συμπέρασμα θα ήταν το ίδιο: δεν είναι δυνατή η κατηγοριοποίηση των υλικών κατ' απόλυτο τρόπο.

Παρόλα αυτά, το μόνο σίγουρο είναι πως οι νέες τεχνολογίες στον κάθε τομέα (περιορισμένες στον τομέα της ηχομόνωσης για λόγους που έχουν προαναφερθεί)

είναι, σε γενικές γραμμές, ιδανικότερες από τις παλαιότερες τεχνικές. Επίσης, στα πλαίσια των νεότερων απαιτήσεων περί βιοκλιματικού σχεδιασμού και οικολογικής δόμησης, αποτελεί επιτακτική ανάγκη η ολοένα και αυξανόμενη χρήση αλλά και βελτίωση από διάφορες απόψεις, των ανακυκλώσιμων και οικολογικών υλικών. Τέλος, ας μην ξεχνάμε πως οι παραπάνω τομείς της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης, υφίστανται για την καλύτερη διαβίωση του ανθρώπου και αυτό το σκοπό πρέπει πρωτίστως να εξυπηρετούν.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Χρήστος Γ. Αθανασόπουλος, *«Προστασία κτιρίων»*, Αθήνα, 1997
- [2] Βασίλειος Κ. Παπαθανασόπουλος, *«Μονώσεις τοίχων & ταρατσών: μονωτικά υλικά»*, Αθήνα, 1958
- [3] Συλλογή άρθρων από το περιοδικό "Σωστό σπίτι", *«Για τη σωστή θέρμανση και μόνωση του σπιτιού σας»*, Ακίδα, Αθήνα, 1983
- [4] Reinhard Wendehorst, *«Δομικά υλικά»*, Μόσχος Γκιούρδας, Αθήνα, 1981
- [5] Πρακτικά Δεύτερης Ετησίας Επιστημονικής Συνάντησης 20-21 Ιουνίου 1981, *«Ακουστική: από το αρχαίο θέατρο μέχρι σήμερα»*, Οργάνωση: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος-Τμήμα Μαγνησίας, Ελληνική Ακουστική Εταιρεία, University Studio, Θεσσαλονίκη, 1981
- [6] Κανονιστικές Διατάξεις για εφαρμογή του Νόμου 3661/08, *«Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού Τομέα (ΚΕΝΑΚ)»*, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Αθήνα, 2008
- [7] Α.Γ. Κορωναίος, Γ.Ι. Πουλάκος, *«Τεχνικά Υλικά»*, Τόμος 2, ΕΜΠ, Αθήνα, 2005
- [8] Πάνος Κοσμόπουλος, *«Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός»*, Δεύτερη βελτιωμένη έκδοση, University Studio Press, 2007
- [9] Άγις Μ. Παπαδόπουλος Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ., *«Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών»*, Θεσσαλονίκη, 2004
- [10] ΤΕΙ Κρήτης, Σημειώσεις του μαθήματος *«Τεχνολογία Δομικών Υλικών»*
- [11] Τεχνικό Περιοδικό: ΚΤΙΡΙΟ, *Αρχιτεκτονική και Τεχνολογία*, Μάρτιος-Απρίλιος 2010

- [12] Πουρζιτίδης Κωνσταντίνος, Σημειώσεις του μαθήματος «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κατασκευών Ωπλισμένου Σκυροδέματος και Οικιστικών Συνόλων», Ξάνθη, Δεκέμβριος 2011
- [13] Ιωάννης Καββαδίας, Εργασία με τίτλο «Θερμική Άνεση» για το μάθημα «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος και Οικιστικών Συνόλων Ι», Ξάνθη, Νοέμβριος 2011
- [14] Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης», Στα πλαίσια του προγράμματος «Ε.Π.Ε. 3.4.6», Δεκέμβριος 1999
- [15] Χρήστος Γ. Αθανασιάδης, «Κατασκευή κτιρίων – Σύνοψη και τεχνολογία», Δ΄ Έκδοση, Αθήνα, 1981
- [16] <http://www.buildings.gr/greek/greek.htm>
- [17] <http://www.giannikos-epe.gr/techdocs/911274.pdf>
- [18] <http://www.ktirio.gr>
- [19] <http://maconwaterproofing.blogspot.gr>
- [20] <http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=205&la=1&catid=184>
- [21] <http://www.anakainizo.com>
- [22] <http://www.koursounis.gr/index0bd4.html?page=constructions>
- [23] <http://www.greekarchitects.gr/gr/home>
- [24] <http://www.4pi.gr/hitech/data/pdf/0201.pdf>
- [25] [http://www.protectivo.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=133:neopor&catid=59:2008-11-25-18-45-13&Itemid=172](http://www.protectivo.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=133:neopor&catid=59:2008-11-25-18-45-13&Itemid=172)
- [26] <http://www.domomarket.gr/index.php?pg=1>

- [27] [http://www.nanophos.com/gr/index\\_el.html](http://www.nanophos.com/gr/index_el.html)
- [28] <http://monodomiki.gr/index.php?sess=8c331f8823eae384c5eefc7bfba25a36>
- [29] [http://www.brm.gr/?page\\_id=2](http://www.brm.gr/?page_id=2)
- [30] [http://www.palagkas.gr/product\\_catalog.jsp?extLang=](http://www.palagkas.gr/product_catalog.jsp?extLang=)
- [31] <http://www.rizakos.gr/gr/monosi.asp>
- [32] <http://www.fibran.gr/frontend/articles.php?cid=49>
- [33] <http://www.ktirio.gr/>
- [34] <http://www.psem.gr/index.php?pN=%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83>
- [35] <http://www.nanoprotect-hellas.gr/index.htm>
- [36] <http://www.noisecontrol.gr/>
- [37] <http://www.iselco.gr/products5.php?lang=1&wh=5>
- [38] <http://www.choromonotiki.gr/show.cat.asp?cid=13>
- [39] <http://www.alphacoustic.com/default.asp>
- [40] <http://www.alto.gr/default.php?pname=Home&la=1>
- [41] [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE\\_HOME/TEE\\_HOME\\_NEW](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE_HOME/TEE_HOME_NEW)
- [42] [http://www.window.gr/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://www.window.gr/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)
- [43] <http://www.monoiso.gr/ixomonosi.html>
- [44] <http://www.econ3.gr/>
- [45] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%8D%CE%BB%CE%B7:%CE%9A%CF%8D%CF%81%CE%B9%CE%B1>



[46] <http://www.amds.gr/default.aspx>

[47] <http://blogs.discovermagazine.com/80beats/2010/02/23/new-latex-plastic-material-could-stop-even-rumbling-bass-sound/>

[48] [http://news.cnet.com/8301-17938\\_105-20085105-1/super-soundproofing-is-all-about-little-balls/](http://news.cnet.com/8301-17938_105-20085105-1/super-soundproofing-is-all-about-little-balls/)

[49] Περιοδικό *"ECON<sup>3</sup>"*, Τεύχος 11, Ιούλιος-Σεπτέμβριος 2010

[50] <http://www.knaufinsulation.gr>

[51] <http://www.kelyfos.eu/site/index.php>

