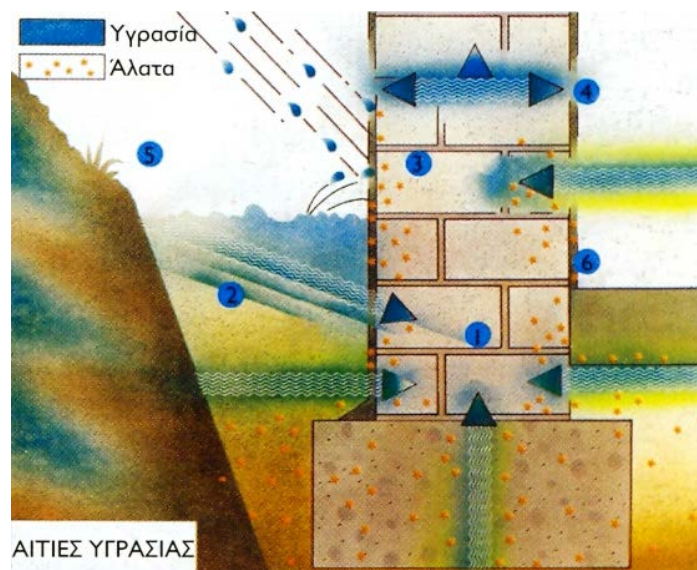




Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

### ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ  
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: Δέδε Βασιλική

Ματιάτου Ελευθερία

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ: Μπουρμπαχάκη Ασπασία

Τσουκάτου Στυλιανή

-ΙΟΥΝΙΟΣ 2008-



Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ  
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: Δέδε Βασιλική  
Ματιάτου Ελευθερία

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ: Μπουρμπαχάκη Ασπασία  
Τσουκάτου Στυλιανή

-ΙΟΥΝΙΟΣ 2008-

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....σελ. 1	
1.1 θερμική προστασία.....σελ. 1	
1.2 θερμομονωτικά υλικά.....σελ. 9	
1.3 θερμομόνωση δομικών στοιχείων.....σελ. 44	
1.4 επεμβάσεις μόνωσης σε υφιστάμενα κτίρια.....σελ. 66	
2. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ.....σελ. 73	
2.1 διάδοση του ήχου.....σελ. 74	
2.2 ορισμοί.....σελ. 79	
2.3 μέτρηση – ανάλυση του ήχου.....σελ. 83	
2.4 ηχοαπορροφητικά υλικά και διατάξεις.....σελ. 93	
2.5 ηχομόνωση κατά τη μελέτη.....σελ. 102	
2.5.1 μόνωση αερόφερτων ήχων.....σελ. 103	
2.5.2 ηχομόνωση σε κρουσιγενή ήχο.....σελ. 134	
3. ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ	
3.1 στεγανοποίηση κτιρίων.....σελ. 162	
3.2 στεγανοποιητικά υλικά.....σελ. 171	
3.3 προστασία δομικών στοιχείων από την υγρασία.....σελ. 204	
3.3.1 στεγανοποίηση υπογείου.....σελ. 205	
3.3.2 θερμική και υγρασιακή προστασία δωματίων....σελ. 244	
3.3.3 προστασία εξωτερικών όψεων.....σελ. 281	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ. 296	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....σελ. 297	

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θερμομονωτική προστασία των κτιρίων στη χώρα μας είναι υποχρεωτική σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων που τέθηκε σε ισχύ το 1979. Πρόκειται για ένα νομοθετικό πλαίσιο που διέπει θέματα σχετικά με τη φυσική των κτιρίων· κυρίως καθορίζει τις απαιτήσεις για τη θερμική προστασία των κατασκευών και επιβάλλει τη σύνταξη σχετικής μελέτης θερμομόνωσης ως αναπόσπαστο τμήμα της οικοδομικής αδείας για κάθε νέο κτίριο ή προσθήκη σε υφιστάμενη κατασκευή.

Ο κανονισμός είναι πλέον καιρός να ανανεωθεί και να εκσυγχρονιστεί, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα τεχνικά δεδομένα τόσο στον τομέα της παραγωγής θερμομονωτικών υλικών, όσο και σε αυτόν της εφαρμογής τους, αλλά και τις νέες απαιτήσεις που προκύπτουν από την άσκηση μια ορθολογικής ενεργειακής πολιτικής σε όλο το εύρος της οικοδομικής δραστηριότητας. Βασικοί στόχοι αυτής της ανανέωσης είναι αφενός η προστασία του περιβάλλοντος με την παραγωγή και προώθηση υλικών και τεχνικών εφαρμογής φιλικών προς αυτό και αφετέρου η εξασφάλιση ενός άνετου εσωκλίματος στις κτιριακές κατασκευές, με κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών, αύξηση των εσωτερικών κερδών και αξιοποίηση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο Κανονισμός έχει πετύχει, οι έννοιες της θερμομόνωσης και της θερμοπροστασίας να γίνουν στοιχειώδης συνείδηση στον περισσότερο κόσμο· όχι μόνο στους κατασκευαστές, αλλά και στους ιδιώτες, ιδιοκτήτες ή αγοραστές ενός ακινήτου. Η απουσία θερμομόνωσης καθιστά το κτίριο προβληματικό και τη αξία του στοιχείο ισχυρά διαπραγματεύσιμο.

Ο άνθρωπος ζητά και βρίσκει προστασία στα κτίρια του, πρέπει όμως να τα προστατεύσει από μια σειρά επιζήμιων και επικίνδυνων επιδράσεων:

Οι ζημιές στις οικοδομές προκαλούνται από:

- τη γήρανση των υλικών,
- τις επιβλαβείς ουσίες του ατμοσφαιρικού αέρα,
- την υγρασία και τα υπόγεια νερά,
- τους θορύβους και του κραδασμούς,
- τη φωτιά και τους κεραυνούς.

Εσωτερικοί κίνδυνοι στην οικοδομή οφείλονται σε:

- νερά (θέρμανση και υδραυλικές εγκαταστάσεις),
- υγρασία του χώρου και των υλικών,
- ταλαντώσεις και εσωτερικούς κραδασμούς,
- φωτιά και εκρήξεις.

Οι νέες απαιτήσεις και η εξέλιξη της αγοράς των δομικών υλικών με την παράλληλη έλλειψη νέων ειδικών εργατοτεχνιτών, επιβάλλουν τον ορθολογισμό και την ανάπτυξη της τεχνολογίας στην οικοδομική. Δημιουργήθηκαν, λοιπόν, νέα οικοδομικά συστήματα και υλικά, που φέρνουν μαζί τους τον κίνδυνο για νέες ελλείψεις και ζημιές, η απομάκρυνση και αποφυγή των οποίων είναι υπόθεση της φυσικής των οικοδομών. Χωρίς τις γνώσεις και τα αποτελέσματα της έρευνας δεν είναι δυνατόν να λυθούν τα προβλήματα τα σχετικά με την προστασία των κτιρίων.

### **Θερμοπροστασία**

Η θερμοπροστασία περιλαμβάνει όλα εκείνα τα μέτρα που είναι απαραίτητα στην κατασκευή ενός κτιρίου ώστε να μειωθεί η θερμική ροή μεταξύ εσωτερικού χώρου και εξωτερικού αέρα αφενός και αφετέρου μεταξύ χώρων διαφορετικής θερμοκρασίας. Περιέχει δηλαδή τους τρόπους μείωσης των θερμικών απωλειών και συνεπειών τους κατά τους χειμερινούς μήνες.

Πέρα όμως από αυτό σε γενικές γραμμές, η θερμομόνωση αφορά την ευχάριστη διαβίωση του ανθρώπου κατά τις διάφορες μεταλλαγές της εξωτερικής θερμοκρασίας. Αφορά δηλαδή την προστασία των ανθρώπων αλλά και των δομικών υλικών και των επίπλων από τις αρνητικές επιδράσεις που έχουν σχέση με την απώλεια θερμοκρασίας ή την υπέρμετρη αύξηση της:

- η χαμηλή θερμοκρασία είναι ενοχλητική και προκαλεί ασθένειες,
- η υψηλή θερμοκρασία μειώνει την ενεργητικότητα και προκαλεί επίσης ασθένειες,
- η ανεπαρκής μόνωση από τις εξωτερικές θερμοκρασίες μπορεί να θέσει σε κίνδυνο διάφορα αγαθά αλλά και τη διαδικασία παραγωγής, προκαλεί επιπλέον δαπάνες θέρμανσης ή ψύξης,
- οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας οδηγούν πολλά δομικά υλικά σε διαστολοσυστολές με αποτέλεσμα ζημιές στο εσωτερικό και τις όψεις του κτιρίου.

### **Ηχομόνωση**

Στον τομέα των ηχομονώσεων η έρευνα και η εξέλιξη εντείνονται μετά το 1945 και οδήγησαν σε σημαντικές διαπιστώσεις για την κατασκευή των κτιρίων με ελαφρά υλικά. Η αιτία για την καθυστερημένη αυτή εξέλιξη βρίσκεται στη δυσκολία του προβλήματος και κατά ένα μέρος στο ότι οι δαπάνες για μια σωστή ηχομόνωση της οικοδομής δεν έχουν αντιστάθμισμα, όπως στην περίπτωση της θερμομόνωσης, όπου προκύπτει οικονομία στα έξοδα θέρμανσης και κλιματισμού.

Μια προστασία από τους ήχους σε χώρους κατοικίας και εργασίας για την καταχώρηση της υγείας και παραγωγικότητας των ενοίκων, ιδιαίτερα στη εποχή μας με τη συνεχή αύξηση των ενοχλητικών θορύβων, είναι επειγόντως απαραίτητη. Από όλες τις πλευρές υπάρχει δυσανεμία για την ηχοαγωγιμότητα των σημερινών οικοδομών, που καταστρέφει την ησυχία της κατοικίας.

### **Υγραμόνωση**

Οι μεγαλύτερες και πιο συχνές ζημιές των κτιρίων προέρχονται από την υγρασία. Η υγρασία καταστρέφει την ποιότητα των υλικών και μειώνει την θερμομονωτικότητά τους. Η προστασία, λοιπόν, έγκειται πρώτον στην απομάκρυνση των κινδύνων από τα νερά και τις επιδράσεις τους στα δομικά υλικά και δεύτερο στην καλύτερη θερμομόνωση του κτιρίου.

Το μέγεθος των ζημιών εξαρτάται από τις ιδιότητες των υλικών και τη σωστή ή όχι τοποθέτησή τους. Αιτία για ζημιές σε πετρώδη και φυτικά υλικά είναι η απορροφητικότητα και η διαλυτικότητά τους. Τα μεταλλικά υλικά κινδυνεύουν από τη σκουριά. Ανάλογα με τη φύση τους, η υγρασία δεν παρουσιάζεται σαν άμεσος κίνδυνος αλλά τα καταστρέφει βαθμιαία. Η υγρασία σε τοίχους, πλάκες, οροφές κλπ. καταστρέφει συνήθως το επίχρισμα, το χρώμα ή την ταπετσαρία και στη συνέχεια τα γειτονικά ξύλινα στοιχεία ή τα αποθηκευμένα αγαθά. Συμπτώματα της υγρασίας είναι και τα εξανθήματα στο σκυρόδεμα ή τη λιθοδομή, ιδιαίτερα στα κονιάματα των αρμών, όταν, δε, ο πάγος εισχωρήσει στα υγρά αυτά σημεία της οικοδομής, ο κίνδυνος και για τη στατική ακόμα υπόσταση του κτιρίου γίνεται μεγάλος. Η υγρασία σε ξύλινες κατασκευές έχει σαν αποτέλεσμα το σκίσιμο και το πετσικάρισμα και σαν χειρότερη επίπτωση το σπογγώδες σάπισμά τους.

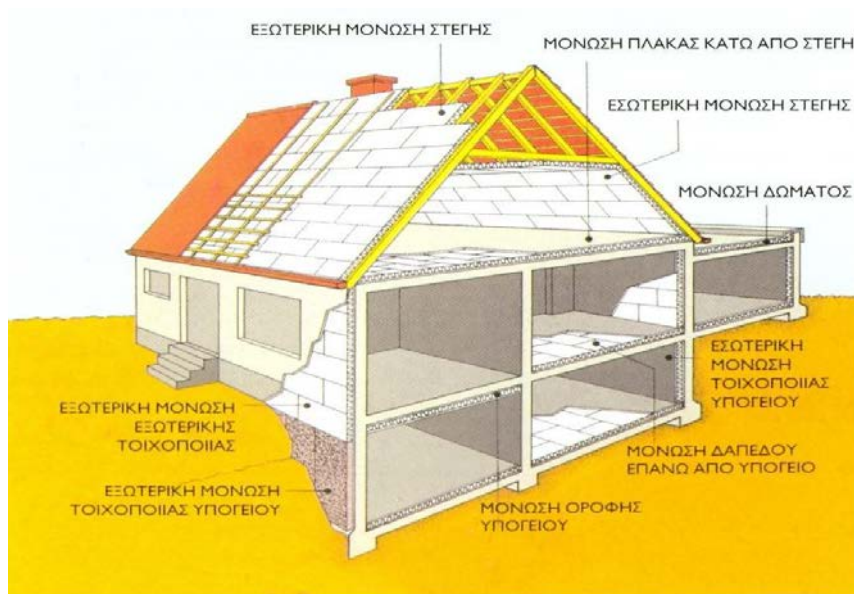
## **1.ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ**

### **1.1. ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

#### **Η ροή της θερμότητας**

Η θέρμανση ενός χώρου κατά τη χειμερινή περίοδο στόχο έχει να εξασφαλίσει θερμικά άνετο εσωκλίμα, καλύπτοντας τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον και εξασφαλίζοντας μια επιθυμητή θερμοκρασία. Οι απώλειες αυτές κατά κανόνα οφείλονται:

- Στην αγωγιμότητα μέσα από τους τοίχους, τα δάπεδα, τις στέγες και τα δώματα.
- Στην αγωγιμότητα μέσα από τους υαλοπίνακες των κουφωμάτων.
- Στη μεταφορά του αέρα μέσω των σχισμών, που σχηματίζονται μεταξύ κουφωμάτων και κελύφους ή μεταξύ των φύλλων των κουφωμάτων λόγω κακής συναρμογής τους.
- Στη μεταφορά του αέρα μέσω των ρωγμών ή μέσω άλλων οπών στο περίβλημα.
- Στο φυσικό ή τεχνητό αερισμό των χώρων. Αντίστοιχα, το καλοκαίρι η ψύξη του χώρου με κλιματισμό έχει στόχο να μειώσει τη θερμοκρασία σε επίπεδα πολλές φορές χαμηλότερα της εξωτερικής θερμοκρασίας. Όμως, με την εσωτερική ψύξη του χώρου η ποσότητα της απορριπτόμενης εξωτερικά θερμότητας ανεβάζει την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε υψηλότερα επίπεδα. Απαιτείται τότε ακόμη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των χώρων και δημιουργείται έτσι μια επαναλαμβανόμενη αδιέξοδη κατάσταση, ιδίως στις πυκνοδομημένες μεγαλουπόλεις.(εικόνα 1,σελ.2)



**Εικόνα 1 Η θερμομόνωση στόχο έχει να περιορίζει στο ελάχιστο τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και να επιτυγχάνει τη δημιουργία ενός ευχάριστου εσωκλίματος με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και το μικρότερο κόστος.**

### **Η συμβολή της θερμομόνωσης**

Η θερμομόνωση στόχο έχει να περιορίζει στο ελάχιστο τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και να επιτυγχάνει τη δημιουργία ενός ευχάριστου εσωκλίματος με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς με το μικρότερο δυνατό κόστος. Παράλληλα όμως συμβάλλει:

- Στην αποταμίευση θερμότητας με την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υλικών.
- Στη διατήρηση υψηλών εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών και στην αποτροπή εμφάνισης δρόσου σ' αυτές.
- Στη μείωση των πιθανοτήτων σχηματισμού εσωτερικής συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών μέσω των δομικών στοιχείων των κατασκευών.
- Στην προστασία των δομικών στοιχείων του περιβλήματος του κτιρίου από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις.



Επιπλέον, η συμβολή της είναι σημαντική και στην προστασία του περιβάλλοντος, επειδή με την επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας

- αφενός μειώνεται η κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και
- αφετέρου μειώνεται η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή καυσαερίων.

Έχει εκτιμηθεί ότι με τη θερμική προστασία ενός συνηθισμένου κτιρίου μπορεί να εξοικονομηθεί μέχρι και 45% της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει και το 60%. Από την άλλη, έχει υπολογιστεί ότι η αγορά και τοποθέτηση των θερμομονωτικών υλικών σε ένα νεοαναγειρόμενο κτίριο σπανίως υπερβαίνει το 2% με 4% του αρχικού συνολικού κόστους κατασκευής.

### **Θερμογέφυρες**

Ένα σημαντικό πρόβλημα στη θερμομόνωση των κτιρίων αποτελούν οι θερμογέφυρες. Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται εκείνα τα τμήματα του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου, η θερμομονωτική προστασία των οποίων υπολείπεται σημαντικά αυτής του υπόλοιπου περιβλήματος. Στα τμήματα αυτά, η ροή θερμότητας είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία και μεγαλύτερος και ο κίνδυνος πρόκλησης φθορών.

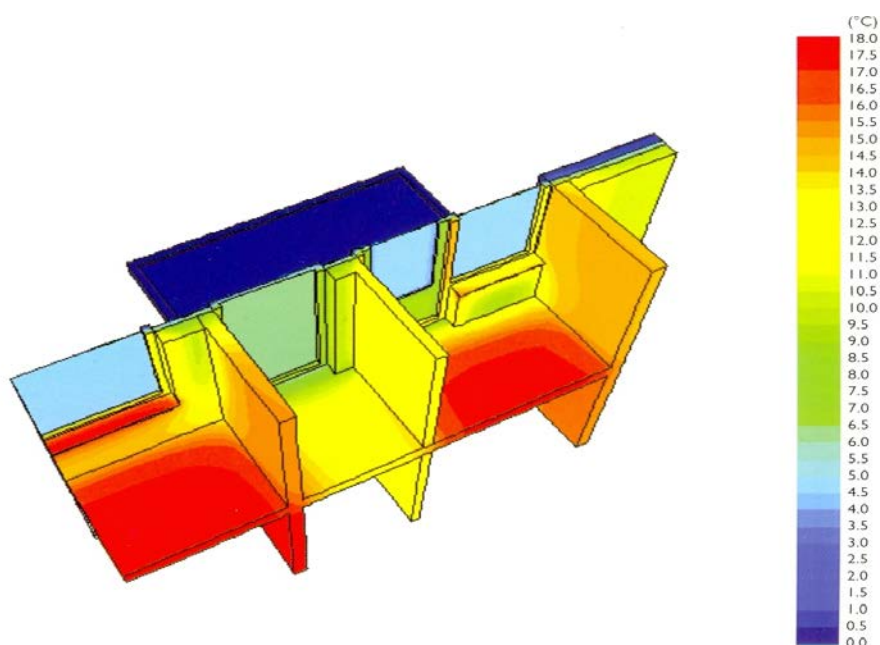
### **Οι συνέπειες λόγω θερμογεφυρών**

Οι συνέπειες από τη δημιουργία θερμογεφυρών σε ένα κτίριο μπορούν να συνοψιστούν στα εξής :

- Απώλειες θερμότητας.
- Εμφάνιση χαμηλών επιφανειακών θερμοκρασιών.
- Περιορισμός του αισθήματος θερμικής άνεσης.
- Συμπύκνωση υδρατμών.
- Ανάπτυξη μούχλας.
- Επιφανειακές φθορές.

Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης των θερμογεφυρών είναι ο εκ των προτέρων καλός σχεδιασμός της θερμικής προστασίας της κατασκευής, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι θερμογέφυρες.

Οι θερμογέφυρες πρέπει να εντοπίζονται εγκαίρως και να λαμβάνονται μέτρα εξάλειψής τους. Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης των θερμογεφυρών είναι ο εκ των προτέρων καλός σχεδιασμός της θερμικής προστασίας της κατασκευής, ώστε αυτές να μειωθούν στο ελάχιστο. Ωστόσο, θα πρέπει να καταστεί σαφές ότι πλήρης εξάλειψή τους δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί. Δεν υπάρχει συμβατική κατασκευή που να μην παρουσιάζει σε κάποια σημεία της θερμογέφυρες. Ο στόχος είναι τα σημεία αυτά να είναι μικρής έκτασης και όσο το δυνατό λιγότερα.



Εικόνα 2 Θερμική απεικόνιση των ενεργειακών ροών στις επιφάνειες ενός κτιρίου.

### Θέσεις θερμογεφυρών

Τις πιο συνηθισμένες θέσεις εμφάνισης θερμογεφυρών αποτελούν οι δοκοί και τα υποστυλώματα όταν δεν θερμομονώνονται, όπως και τα διαζώματα ενίσχυσης (σενάζ) και οι προεξοχές σκυροδέματος από τον κύριο όγκο του κτιρίου (αρχιτεκτονικές προεξοχές, εξώστες κτλ.). (εικόνα 2)

Ειδικότερα, τα πλέον συνήθη σημεία που λειτουργούν ως θερμογέφυρες είναι:

- Οι δοκοί και τα υποστυλώματα, όταν δεν θερμομονώνονται. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται είτε στο στάδιο της κατασκευής με την εφαρμογή της θερμομονωτικής στρώσης και σ' αυτά -όπως άλλωστε οφείλει να προβλέπει σε κάθε νέα κατασκευή η μελέτη θερμομόνωσης- είτε εκ των υστέρων με τη θερμομόνωση των στοιχείων αυτών.

- Οι προεκτάσεις της πλάκας των ορόφων που αποτελούν οι εξώστες του κτιρίου. Το πρόβλημα εμφανίζεται στην εσωτερική γωνία της δοκού με την οροφή. Είναι δυνατό να αντιμετωπισθεί είτε εκ κατασκευής, με την ενσωμάτωση χωρίς υπολογισμό μιας λωρίδας θερμομονωτικού υλικού πλάτους 40 - 60 cm στον ξυλότυπο της πλάκας της οροφής και κατά μήκος της δοκού για όσο τμήμα αναπτύσσεται ο πρόβολος, είτε εκ των υστέρων, με την ανάπτυξη θερμομονωμένης ψευδοροφής. Σε υφιστάμενη κατασκευή η καλύτερη λύση είναι η κατασκευή μιας θερμομονωμένης ψευδοροφής.

- Οι γωνίες συνάντησης των δαπέδων με τους περιμετρικούς τοίχους, όταν βρίσκονται επάνω από pilotis, ημιυπόγειο ή υπόγειο η οροφή των οποίων δεν είναι θερμομονωμένη. Αντιμετωπίζονται με τη θερμομόνωση της κάτω επιφάνειας της πλάκας και των δοκών της.

- Τα κουτιά για τα ρολά των κουφωμάτων, επάνω από τα πρέκια, όταν δεν είναι θερμομονωμένα ή είναι κακώς θερμομονωμένα. Το πρόβλημα διορθώνεται με τη θερμομόνωση αυτών των κουτιών από την εσωτερική τους πλευρά .

- Τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις παράπλευρες τοιχοποιίες. Αντιμετωπίζεται είτε εκ των προτέρων, είτε εκ των υστέρων με τη θερμομονωτική προστασία των αρμών. Συνήθως προτιμάται ο αφρός πολυουρεθάνης, αφενός επειδή προσφέρει καλή προστασία, θερμομονωτική και στεγανοποιητική, και αφετέρου επειδή με τη διόγκωσή του σφηνώνει καλύτερα το κούφωμα στην προεπιλεγμένη θέση.

### **Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ**

Το μέγεθος που καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα ενός υλικού είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Ορίζει τη ροή θερμότητας, που διέρχεται από τη μονάδα επιφάνειας ενός υλικού, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο απέναντι επιφανειών του είναι ίση με τη μονάδα. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας συμβολίζεται με το γράμμα λ και στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) μετράται σε W/(mK). Παλαιότερη μονάδα μέτρησης ήταν τα kcal/(mh°C) και έτσι απαντάται ακόμη σε ορισμένα συγγράμματα ή διαφημιστικά φυλλάδια εταιριών. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του λ ενός υλικού, τόσο καλύτερη είναι η θερμομονωτική του ικανότητα. Ο ξηρός και ακίνητος αέρας θεωρείται ότι παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή του λ. Έχει καταγραφεί  $\lambda=0.023$  W/(mK). Η τιμή αυτή ανταποκρίνεται σε πολύ μικρά πάχη στρώσεων αέρα, όπως αυτά μέσα στις κυψελίδες των θερμομονωτικών υλικών.

Σε μεγαλύτερα πάχη η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του αέρα αυξάνεται και η θερμομονωτική του ικανότητα μειώνεται, επειδή αυτός παύει να είναι ακίνητος και αυξάνεται η αγωγιμότητά του.

Αντιθέτως, η αύξηση του πάχους ενός θερμομονωτικού υλικού δεν σημαίνει μείωση της θερμικής του αγωγιμότητας, επειδή προφανώς δεν αυξάνεται ταυτόχρονα και το μέγεθος των κυψελίδων του. Τουναντίον, βελτιώνεται η προσφερόμενη θερμική προστασία, επειδή αυξάνεται το πάχος του υλικού με τις θερμομονωτικές ιδιότητες. Προκειμένου να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η θερμομονωτική ικανότητα ορισμένων υλικών, είναι δυνατόν κατά την παραγωγή τους να αντικατασταθεί ο αέρας που περιέχεται στις κλειστές κυψελίδες με άλλα αέρια, όπως διφθοροδιχλωρομεθάνιο (φρέον), διοξείδιο του άνθρακα κτλ. Όμως με την πάροδο του χρόνου στα υλικά αυτά παρατηρείται διαρροή των αερίων από τα τοιχώματα των κυψελίδων και κατά συνέπεια αύξηση της τιμής του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

### **ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΛΟΓΩ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ**

#### **Το φαινόμενο της διάχυσης των υδρατμών**

Σε κάθε εξωτερικό υδρατμοδιαπερατό δομικό στοιχείο, όταν μεταξύ των δύο όψεών του επικρατεί διαφορετική συγκέντρωση υδρατμών, οι συγκεντρώσεις τείνουν να εξισωθούν. Αναπτύσσεται τότε μια ροή υδρατμών από την πλευρά με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση προς αυτήν με τη μικρότερη μέσω του δομικού στοιχείου, που οφείλεται στη διαφορετική πίεση που ασκούν οι υδρατμοί στις δύο όψεις. Ταυτόχρονα, προς την αντίθετη κατεύθυνση της πορείας των υδρατμών αναπτύσσεται μια ροή μορίων αέρα μέσω και πάλι του διαχωριστικού δομικού στοιχείου, που τείνουν να καταλάβουν τις θέσεις που εγκατέλειψαν τα μόρια των υδρατμών.

Εφόσον κατά τη διάχυση των υδρατμών η μερική τους πίεση φτάσει, λόγω πτωτικής πορείας της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, στο σημείο κορεσμού, ένα μέρος των υδρατμών συμπυκνώνεται και σχηματίζει την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης ενώ το υπόλοιπο συνεχίζει την πορεία του προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η υγρασία που σχηματίζεται εισχωρεί στους πόρους των υλικών και από εκεί είτε απομακρύνεται αργότερα διά της εξάτμισης και των τριχοειδών αγγείων είτε εγκλωβίζεται και παραμένει μέσα σ' αυτούς.

Το προσφορότερο σημείο για να σχηματιστεί συμπύκνωση υδρατμών, είναι η ψυχρή πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης, διότι εκεί παρατηρείται απότομη πτώση της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια και της πίεσης κορεσμού, η οποία σ' εκείνη τη θέση ταυτίζεται με τη μερική πίεση των υδρατμών.

Η οπτική διάγνωση αυτής της μορφής υγρασίας είναι πρακτικά αδύνατη, επειδή δημιουργείται στο εσωτερικό του τοίχου και δεν φτάνει μέχρι την επιφάνειά του. Ανιχνεύεται ή με τη λήψη δείγματος του προσβεβλημένου δομικού στοιχείου, ή με μαθηματικό υπολογισμό. Το φαινόμενο παρατηρείται:

- σε χώρους με δυσμενείς εξωτερικές κλιματικές συνθήκες,
- σε πολύ υγρούς χώρους,
- σε χώρους, οι τοίχοι των οποίων είναι καλυμμένοι στην εξωτερική τους επιφάνεια με στρώσεις πρακτικά αδιαπέραστες από τους υδρατμούς (προστατευτικές επαλείψεις, διακοσμητικά πλακίδια κτλ.) και επίσης,
- σε σύνθετα δομικά στοιχεία με λανθασμένη διαδοχή των στρώσεων τους.

### Το φράγμα υδρατμών

Υλικά που παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών και παρεμποδίζουν τη διέλευσή τους μέσα από τη μάζα του δομικού στοιχείου λειτουργούν ως φράγματα υδρατμών. Η αντίσταση αυτή είναι χαρακτηριστική για κάθε υλικό και ορίζεται από το συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών ( $\mu$ ).

Ο συντελεστής αυτός συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα  $\mu$ , είναι αδιάστατο μέγεθος, και δηλώνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η αντίσταση που προβάλλει το υλικό στη διάχυση των υδρατμών από την αντίσταση που προβάλλει ένα στρώμα αέρα ίδιου πάχους και ίδιας θερμοκρασίας, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.

Ως φράγματα υδρατμών μπορούν να θεωρηθούν οι διάφοροι τύποι ασφαλοπάνων, οι ασφαλικές επαλείψεις, ορισμένες αδιάβροχες βαφές που δεν είναι υδρατμοδιαπερατές, φύλλα αλουμινίου, φύλλα πολυαιθυλενίου και άλλων πλαστικών υλών, μαρμάρινες επικαλύψεις κτλ.

Αν ένα τέτοιο υλικό τοποθετηθεί στην εξωτερική όψη του δομικού στοιχείου, παρεμποδίζει τη διέλευση των υδρατμών και ευνοεί τη συμπύκνωσή τους.

Οι υγροποιημένοι υδρατμοί προσβάλλουν τη θερμομονωτική στρώση, καθώς και τις άλλες στρώσεις της τοιχοποιίας και μειώνουν τη θερμική της προστασία.

Επιπλέον, μπορεί να προκαλέσουν φουσκώματα, αποκολλήσεις στεγανοποιητικών στρώσεων και σχισμές στην επιφάνειά τους, αποκολλήσεις μαρμάρων και άλλες βλάβες, λιγότερο ή περισσότερο σοβαρές.

### **Η αντιμετώπιση**

Όσο περισσότερο προς την εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου βρίσκεται η θερμομονωτική στρώση, τόσο μικρότερος είναι ο κίνδυνος να σχηματιστεί συμπύκνωση λόγω διάχυσης των υδρατμών. Θεωρητικά, αν η θερμομόνωση τοποθετηθεί στην εξωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου, ο κίνδυνος αυτός σχεδόν εκλείπει. Στην περίπτωση αυτή όμως το θερμομονωτικό υλικό κινδυνεύει να φθαρεί από τη βροχή, από την επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και από άλλους εξωτερικούς κλιματικούς παράγοντες, γι' αυτό και η λύση αυτή δεν εφαρμόζεται. Οι στρώσεις των υλικών μέσα στο δομικό στοιχείο πρέπει σε γενικές γραμμές -και όσο αυτό είναι δυνατό- να ακολουθούν τέτοια σειρά ώστε:

- ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  να βαίνει βελτιούμενος (μειούμενος) από την εσωτερική προς την εξωτερική στρώση και
- ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών να βαίνει επίσης μειούμενος από την εσωτερική προς την εξωτερική στρώση.

Κατά γενική αρχή και για τα δεδομένα του ελληνικού χώρου δεν υπάρχει λόγος τοποθέτησης φράγματος υδρατμών μέσα σε μια τοιχοποιία. Η τοιχοποιία πρέπει να αφήνεται ελεύθερη να "αναπνέει" και τίποτα να μην παρεμποδίζει τη διάχυση των υδρατμών. Ακόμη και αν παρατηρηθεί συμπύκνωση, θα πρέπει η σχηματισθείσα υγρασία, όταν το επιτρέψουν και πάλι οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, να μπορεί με την εξάτμιση να απομακρυνθεί.

Αν ωστόσο αυτό δεν είναι δυνατό (π.χ. υπάρχει ασφαλόπανο εξωτερικά σε υπόγειο τοίχο για να τον προστατεύσει από την υγρασία εδάφους ή υπάρχει για αρχιτεκτονικούς λόγους ορθομαρμάρωση, διακοσμητικά πλακίδια κτλ.), τότε θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για τοποθέτηση ενός μεγαλύτερης ή τουλάχιστον ίσης αξίας φράγματος υδρατμών (δηλαδή με μεγαλύτερη ή ίδια τιμή του συντελεστή  $\mu$ ) σε θέση προηγούμενη της θερμομονωτικής στρώσης, ώστε να ανακόψει την πορεία των διαχεόμενων υδρατμών πριν ακόμη αυτοί φτάσουν στην ψυχρή όψη του θερμομονωτικού υλικού και συμπυκνωθούν.

Σε μια δικέλυφη αεριζόμενη τοιχοποιία, αν δεν υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος λόγος που να το επιβάλλει, θα πρέπει να αποφεύγεται κάθε στρώση στο εσωτερικό κέλυφος, που θα μπορεί να λειτουργήσει ως φράγμα υδρατμών.

## **1.2 ΤΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

Η γνώση των ιδιοτήτων κάθε θερμομονωτικού υλικού είναι πολύτιμη για την επιλογή του κατάλληλου προϊόντος, που θα μπορεί καλύτερα να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

Αυτό που κατά κάποιο τρόπο είναι κοινό σε όλα, τα κάνει να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα υλικά και επιτρέπει να φέρουν το χαρακτηρισμό "θερμομονωτικά", είναι η δομή της μάζας τους. Πρόκειται κατά κανόνα για υλικά, τα οποία αποτελούνται από πλήθος ινών, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται αέρας ή από πλέγμα κλειστών ή ανοικτών κυψελίδων, εντός των οποίων περιέχεται αέρας (ή σπανιότερα κάποιο άλλο αέριο), που θεωρείται πρακτικά ακίνητος. Ο ακίνητος αέρας, παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα, επιτρέπει δηλαδή πολύ δύσκολα τη μετάδοση της θερμότητας μέσω αυτού.

Η στερεή φάση των υλικών αυτών, ανάλογα με την πυκνότητά τους, κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 3% και 15% του όγκου τους, γι' αυτό και στη συντριπτική τους πλειοψηφία τα θερμομονωτικά υλικά είναι πολύ ελαφρά.

Σήμερα στην αγορά κυκλοφορεί πλήθος θερμομονωτικών υλικών, που καλύπτει ικανοποιητικά τις απαιτήσεις του συνόλου σχεδόν των κατασκευών. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν προδιαγραφές για τα θερμομονωτικά υλικά και δεν είναι εύκολα ελέγξιμα τα χαρακτηριστικά που δίνουν για τα προϊόντα τους οι εταιρίες παραγωγής τους. Έτσι κανείς θα πρέπει να αρκεστεί στις αναφορές ξένων προδιαγραφών και κυρίως στις γερμανικές, δεδομένου ότι σ' αυτές στηρίχτηκε και η σύνταξη του Ελληνικού Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων.

## **ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

### **Η επίδραση της θερμοκρασίας**

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ) αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος για κάθε υλικό και δίνεται από πίνακα στον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων.

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ενός υλικού έχει υπολογιστεί στο εργαστήριο σε θερμοκρασία 10°C σε ξηρή κατάσταση και έχει προσαυξηθεί κατά ένα ποσοστό υγρασίας που καλείται "πρακτική υγρασία". Η πρακτική υγρασία είναι ουσιαστικά η υγρασία που προσλαμβάνει το υλικό από το περιβάλλον του, υπό κανονικές συνθήκες. Στην πραγματικότητα, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μειώνεται η θερμομονωτική του ικανότητα. Μάλιστα, η επί μακρόν έκθεση ορισμένων θερμομονωτικών υλικών σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 70°C), όπως αυτές που αναπτύσσονται σε λέβητες, σε δίκτυα θέρμανσης, σε τοιχοποιίες πίσω από θερμαντικά σώματα, προκαλούν αλλοίωση της υφής τους και επιφέρουν θραύση των κυψελών τους ή συρρίκνωση της μάζας τους. Γι' αυτό συνιστάται να χρησιμοποιούνται ανόργανα ινώδη θερμομονωτικά υλικά.

### **Η επίδραση της υγρασίας**

Η τιμή του  $\lambda$  επηρεάζεται άμεσα και από την υγρασία. Υλικά που έχουν εμποτιστεί με υγρασία μειώνουν ή ακόμη και χάνουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και αυξάνουν αντίστοιχα τη θερμική τους αγωγιμότητα.

Ακόμη πιο καταστροφικός είναι ο παγετός. Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του μηδενός (0°C) το νερό μετατρέπεται σε πάγο, αυξάνοντας παράλληλα τον όγκο του κατά το 1/10 του αρχικού, με αποτέλεσμα στα εμποτισμένα με νερό υλικά να επέρχεται διαρραγή του ιστού τους και σταδιακή αποσάθρωσή τους.

### **Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας**

Τα αφρώδη οργανικά θερμομονωτικά υλικά και κυρίως τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά κινδυνεύουν άμεσα από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμένουν επί μακρόν εκτεθειμένα σ' αυτήν.



Οι ακτίνες του ήλιου αλλοιώνουν σταδιακά το υλικό, μειώνοντας την αντοχή του και καθιστώντας το πιο εύθραυστο. Έτσι, χάνει τις θερμομονωτικές του ιδιότητες και σταδιακά καταστρέφεται.

Για το λόγο αυτό, όλα τα υλικά αυτών των κατηγοριών μέχρι τη χρήση τους πρέπει να παραμένουν προφυλαγμένα σε υπόγειους ή σκιασμένους χώρους και μέσα σε κατάλληλη συσκευασία. Μετά την τοποθέτησή τους πρέπει σύντομα να επικαλύπτονται (π.χ. επίχριση εξωτερικά θερμομονωμένης δοκού ή υποστυλώματος).

### **Η μεταβολή των διαστάσεων**

Όπως όλα σχεδόν τα υλικά, έτσι και τα θερμομονωτικά, μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους με την άνοδο της θερμοκρασίας. Ορισμένα μάλιστα έχουν μεγάλους συντελεστές θερμοδιαστολής, αυξάνοντας σημαντικά την επιφάνειά τους. Γι' αυτό κατά την τοποθέτηση πρέπει να προβλέπεται η πιθανή επιμήκυνσή τους λόγω αύξησης της θερμοκρασίας και να λαμβάνονται μέτρα, ώστε να μην αναπτύσσονται τάσεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ανασήκωσή τους.

Στα θερμομονωτικά υλικά όμως που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες, μετά την ψύξη τους παρατηρείται μια μικρή συρρίκνωση των αρχικών τους διαστάσεων και μια ελάττωση του όγκου τους της τάξης του 0,2% ως 0,4%. Αυτό οφείλεται στην απομάκρυνση της υγρασίας που απέκτησαν κατά τη διαδικασία παραγωγής τους. Μπορεί να αποφευχθεί με τεχνητή γήρανση του υλικού κατά το στάδιο παραγωγής, ώστε αυτό να αποκτήσει σταθερές διαστάσεις.

### **Η χημική συμπεριφορά**

Ορισμένα οργανικά θερμομονωτικά υλικά προσβάλλονται από ποικιλία χημικών διαλυτών, όπως είναι οι βενζίνες, το ασετόν, το βενζόλιο κ.ά. Επίσης τα περισσότερα αφρώδη οργανικά υλικά επηρεάζονται από την πίσσα και τη ρευστή άσφαλτο. Κατά τις κατασκευές των δωματίων, οι ασφαλτικές μεμβράνες δεν πρέπει να επικολλώνται επάνω σε πολυστερινικής προέλευσης υλικά, διότι υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους.

Ομοίως, ορισμένες κόλλες και χημικοί διαλύτες μπορούν να καταστρέψουν θερμομονωτικά υλικά, που έχουν ως πρώτη ύλη το ξύλο ή διάφορα άλλα είδη φυτών (άχυρα, καλάμια κτλ.).

### **Η αντίσταση στη φωτιά**

Όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά. Τα περισσότερα από αυτά δεν αναφλέγονται και δεν συντηρούν τη φωτιά. Τέτοια είναι ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, το αφρώδες γυαλί, ο περλίτης κ.ά. Αντιθέτως, τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης, φυσικά ή τεχνητά, έχουν κακή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά και κατατάσσονται στην κατηγορία των μη άκαυστων υλικών. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πολυστερινικά και πολουρεθανικά υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστυρόλη, πολουρεθάνη κ.ά.) και τα παράγωγα από ξύλα και φυτά (ξύλομαλλο, φελλός, καλάμια, γιούτα).

### **Η μηχανική αντοχή**

Το θέμα της αντοχής των υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία είναι πολύ σημαντικό, αν η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το θερμομονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής (π.χ θερμομονωτικά τούβλα).

Κατά ανάλογο τρόπο αξιολογείται η μηχανική αντοχή των θερμομονωτικών υλικών, όταν πρόκειται να τοποθετηθούν σε δώμα ή σε δάπεδο και πρόκειται να ασκηθούν σ' αυτό ισχυρά φορτία. Επίσης, η γνώση της αντοχής των θερμομονωτικών υλικών σε εφελκυσμό είναι χρήσιμη, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενες κατασκευές ή να τοποθετηθούν σε ψευδοροφές με μεγάλα ανοίγματα.

Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού πολλές φορές πρέπει να συνεκτιμηθεί και σειρά άλλων ιδιοτήτων, όπως η φθορά με το χρόνο, η προσβολή του από έντομα και τρωκτικά, η συνεργασιμότητά του με άλλα υλικά κτλ

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζει και το κόστος του υλικού, η διακίνησή του στην αγορά, η δυνατότητα μεταφοράς και τοποθέτησής του και άλλοι παράγοντες, που σχετίζονται με την ιδιαιτερότητα της κάθε κατασκευής.

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ											
ΥΛΙΚΟ	Χρώμα	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Σταθερότητα όγκου	Αντοχή σε έλκτομα & τρωκτικά	Αντοχή σε διαλύτες	Αντοχή σε ηλιακή ακτινοβολία	Συμπεριφορά σε φωτιά	Αντοχή σε θερμοκρασία	Συντελ. θερμικής αγωγιμότητας λ στους 10°C (W/mK)	Συντελ. αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ	Αντοχή σε συμπίεση
ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	Κίτρινο ή λευκό	20 ως 120	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ, εκτός από υδροχλωρικό οξύ	ΝΑΙ	Άκαυστο	Μέχρι 250 ως 400°C	0,041	1,1 ως 2,0	Μικρή*
ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	Φαικόκτρινο	50 ως 180	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Άκαυστο	Μέχρι 250 ως 600°C	0,041		Μικρή*
ΔΙΟΡΓΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	Λευκό	Απαιτείται ≥ 20	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Μη άκαυστο ως δύσκολα αναφλέξιμο	-70 ως +80°C	0,041	40 - 70	Καλή
ΑΦΡΩΔΗΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	Γαλάζιο, ανοικτό πράσινο	26 - 40	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Αυτοσβενόμενο	-50 ως +75°C	0,027 - 0,035	100 - 200	Άρκετά καλή
ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗ	Κίτρινο	30 - 80	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Αυτοσβενόμενο	-50 ως +110°C	0,022	50 - 100	Ικανοποιητική
ΞΥΛΟΜΑΛΛΟ	Φαίο	380 - 415	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Ανθεκτικό έως άκαυστο		0,081 - 0,093	5 - 7	Μεγάλη
ΑΦΡΩΔΕΣ ΓΥΑΛΙ	Φαίο	125 - 138	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (εκτός από υδροφθορικό οξύ)	ΝΑΙ	Άκαυστο	-260 ως +430°C	0,050 - 0,063	Άπειρος	Μεγάλη
ΤΟΥΒΛΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ	Όπως τα κοινά τούβλα	700 - 850	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Όπως τα κοινά τούβλα	ΝΑΙ	Άκαυστο	Όπως τα κοινά τούβλα	Από λ=2,25 για d=7,5 cm μέχρι λ=0,63 για d=22,5 cm (συντελεστής θερμοδιαφυγής λ=λ/d)	8 - 12	Πολύ μεγάλη
ΠΕΡΙΠΤΗΣ	Λευκό	50 - 140	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Άκαυστο	Μέχρι 800 - 1250 °C	0,064		Μικρή

\* Οι ακήρητες πλάκες υαλοβάμβακα και πετροβάμβακα παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή σε συμπίεση.

### Ταξινόμηση θερμομονωτικών υλικών (πίνακας)

Για την ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών θα μπορούσε κανείς να επιλέξει πολλά κριτήρια, όπως για παράδειγμα την προέλευσή τους (οργανικά ή ανόργανα), τη δομή τους (ινώδη, κυψελώδη ή κοκκώδη), την παρασκευή τους (φυσικά ή τεχνητά), τις ιδιότητές τους (προσβαλλόμενα και μη προσβαλλόμενα από την υγρασία, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κτλ.). Ωστόσο, η ταξινόμηση αυτή δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για το μηχανικό ή τον κατασκευαστή, παρά μόνο για μια συστηματικότερη γνώση των ιδιοτήτων τους. Έτσι, θα μπορούσε να τα κατατάξει κανείς σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα ελαφρά και στα βαριά θερμομονωτικά υλικά ή καλύτερα στα μικρού και μεγάλου ειδικού βάρους. Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στοιχεία σε μια κατασκευή και ο κατ' εξοχήν ρόλος τους είναι η θερμική της προστασία. Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τη σύστασή τους σε:

- ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας ή ορυκτοβάμβακας)
- οργανικά ινώδη (ξύλομαλλο, μοριοσανίδες, υλικά φυτικών ή ζωικών ινών)

- κυψελώδη (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη, ουρική φορμαλδεΐδη, φελλός)

- κοκκώδη (κίσηρη ή ελαφρόπετρα, περλίτης, βερμικουλίτης)

Τα βαριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως κύρια δομικά υλικά και ενίοτε να συμμετέχουν στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής, παραλαμβάνοντας μέρος των φορτίων. Στα βαριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να συμπεριληφθούν τα θερμομονωτικά τούβλα, τα θερμομονωτικά τσιμεντότουβλα, τα ελαφροσκυροδέματα και τα κυψελωτά σκυροδέματα.

### Υαλοβάμβακας

Είναι ινώδες υλικό ορυκτής προέλευσης με κύρια συστατικά το διοξείδιο του πυριτίου, την ανθρακική σόδα και το δολομίτη. Παρασκευάζεται σε θερμοκρασία τήξης με φυγοκέντριση ρευστής μάζας του υλικού, το οποίο εκσφενδονίζεται υπό μορφή λεπτών ινών γυαλιού πάχους 3 ως 20  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$ ). Οι ίνες συσσωματώνονται παγιδεύοντας αέρα και δημιουργούν το υλικό σε πυκνότητες που κυμαίνονται από 13 ως 100  $\text{kg/m}^3$

- Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών του υαλοβάμβακα και όσο μεγαλύτερο το μήκος τους, τόσο καλύτερη θερμική προστασία προσφέρει, όμως και τόσο ακριβότερο είναι το υλικό. Ο καθαρός υαλοβάμβακας χωρίς προσμείξεις και με επιμήκειες και μικρής διαμέτρου ίνες, που φέρει την εμπορική ονομασία "υαλόμαλλο" θεωρείται ως υλικό υψηλών θερμομονωτικών απαιτήσεων. Ο υαλοβάμβακας στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρήση του, όπως :

- Ως πάπλωμα σε ρολά.(εικόνα 3<sup>α</sup>, σελ.15)

- Ως πάπλωμα προστατευμένο από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου.(εικόνα 3<sup>β</sup>, σελ.15)

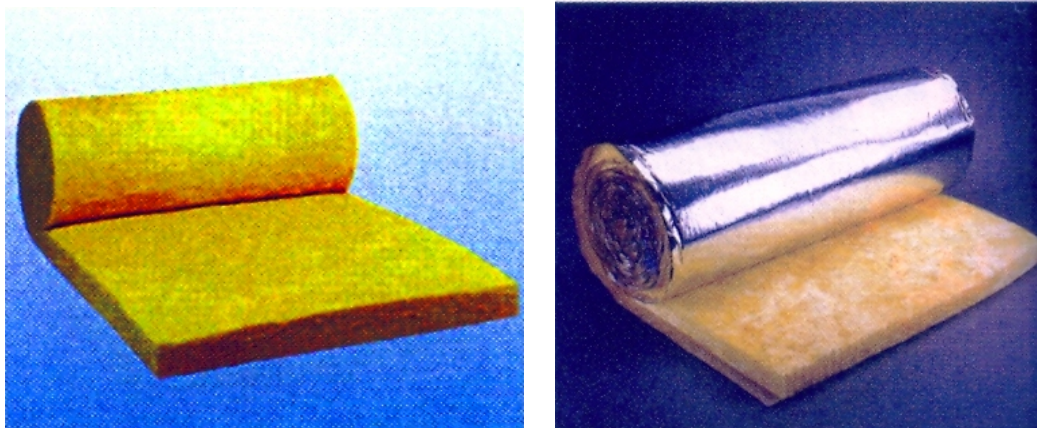
- Ως πάπλωμα ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα (κοτετσόσυρμα).

- Ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες (ανάλογα με την πυκνότητά τους).

- Ως ενισχυμένες πλάκες με υαλοϋφασμα.

- Ως κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων.

Ο υαλοβάμβακας εκτός από θερμομονωτικό είναι και καλό ηχομονωτικό υλικό. Επίσης, λόγω της ινώδους μορφής του σε ελεύθερη κατάσταση δεν συγκρατεί την υγρασία. Όταν όμως βρίσκεται κλεισμένος μέσα στα άλλα δομικά υλικά επιτρέπει στην υγρασία που εγκλωβίζεται στο δομικό στοιχείο να τον προσβάλλει και να εξαπλωθεί σε όλη του την έκταση.



Εικόνα 3 α. υαλοβάμβακας σε ρολό. β. υαλοβάμβακας προστατευόμενος από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου.

### Ιδιότητες υαλοβάμβακα

Ο υαλοβάμβακας έχει χρώμα κίτρινο ή λευκό. Είναι άοσμος. Παρουσιάζει σταθερότητα όγκου. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά και δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις (προσβάλλεται όμως από το υδροχλωρικό οξύ). Δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. Είναι άκαυστο υλικό και αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που δίνουν οι κατασκευάστριες εταιρίες, ο υαλοβάμβακας, ανάλογα με τον τύπο του, μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασίες χρήσης που φθάνουν τους 250 - 400°C. Έχει μικρή αντοχή σε συμπίεση, γι' αυτό και δεν προσφέρεται για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις. Έχει σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης:

- συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

$$\lambda = 0,041 \text{ W/(mK) στους } 10^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 0,058 \text{ W/(mK) στους } 100^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 0,077 \text{ W/(mK) στους } 2000^{\circ}\text{C}$$

Οι κατασκευάστριες εταιρίες, ανάλογα με τον τύπο, δίνουν στους 10°C τιμές από 0,030 ως 0,045 W/(mK), συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών:  $\mu = 1,1$  ως 2,0.

### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση υαλοβάμβακα

Μια κακή ή λανθασμένη τοποθέτηση του υαλοβάμβακα στα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής μπορεί να αναιρέσει τις θετικές του ιδιότητες και να προκαλέσει ζημιές στην κατασκευή:

- Όταν τοποθετείται σε δικέλυφη τοιχοποιία, το πάπλωμα υαλοβάμβακα πρέπει να στερεώνεται καλά με τη χρήση μεταλλικού πλέγματος και να συγκρατείται με ειδικά καρφιά (βύσματα), ώστε να μην κατακάθεται στις κατώτερες θέσεις λόγω βάρους.

- Στις δοκούς και στα υποστυλώματα πρέπει να τοποθετούνται σκληρές πλάκες μεγάλης πυκνότητας, που θα στερεώνονται πάντοτε με συρματόπλεγμα για τη συγκράτηση και την καλή πρόσφυση του επιχρίσματος.

- Η χρήση παπλώματος υαλοβάμβακα που έχει επικολλημένη στη μια του όψη φύλλο αλουμινίου, πρέπει να γίνεται μόνον όταν είναι απαραίτητη -λόγω της λειτουργίας των χώρων- η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών. Επίσης το φύλλο του αλουμινίου πρέπει να βρίσκεται προς τη θερμή πλευρά της στρώσης του υαλοβάμβακα, για να μην προκαλείται συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών και προσβολή του υλικού από την υγρασία.

- Δεν πρέπει να τοποθετείται πάπλωμα υαλοβάμβακα σε δομικά στοιχεία, στα οποία ασκούνται ισχυρά γραμμικά ή σημειακά φορτία, είτε λόγω ιδίου βάρους των άνωθεν αυτού στρώσεων είτε λόγω ανεξάρτητων κινητών ή σταθερών φορτίων. Υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης του παπλώματος και ουσιαστικά ακύρωσης της θερμομονωτικής του ικανότητας.

- Η τοποθέτηση του υαλοβάμβακα πρέπει να γίνεται με γάντια, λόγω των μικρών τριμμάτων υάλου που αφήνει. Για τον ίδιο λόγο πρέπει να τοποθετείται στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων και να μην επικοινωνεί με τον ελεύθερο αέρα του εσωτερικού χώρου των κτιρίων.

Όταν βρίσκεται κλεισμένος μέσα στα άλλα δομικά υλικά, πρέπει να προστατεύεται από κάθε είδους υγρασία:

- Να μην τοποθετείται στην εξωτερική όψη κατακόρυφων δομικών στοιχείων που προσβάλλονται από τη βροχή.

- Να τοποθετείται σε δομικά στοιχεία που επιτρέπουν τη διάχυση των υδρατμών και αν για κάποιο λόγο αυτό δεν είναι εφικτό, να προστατεύεται από φράγμα υδρατμών.

- Να προστατεύεται καλά από κάποια ανώτερη στεγανοποιητική στρώση, όταν τοποθετείται σε δώμα και από κάποια κατώτερη στεγανοποιητική στρώση, όταν τοποθετείται σε δάπεδα.

Σημειώνεται πάντως ότι σήμερα ορισμένες εταιρίες παράγουν προϊόντα υαλοβάμβακα που λόγω της επεξεργασίας τους θεωρείται ότι έχουν υδροαπωθητικές ιδιότητες και δεν προσβάλλονται τόσο εύκολα από την υγρασία.

#### **Πετροβάμβακας (εικόνα 4)**

Πρόκειται για ινώδες υλικό, που ως πρώτη ύλη έχει ορυκτό ασβεστολιθικής προέλευσης. Παρασκευάζεται με εκσφενδόνιση, κατά τρόπο ανάλογο του υαλοβάμβακα. Στο εμπόριο κυκλοφορεί υπό μορφή παπλώματος ενισχυμένου με μεταλλικό πλέγμα, σκληρών πλακών, κογχυλίων και χύμα υπό κοκκώδη μορφή, επεξεργασμένος με θερμοσκληρυντικές ρητίνες.

Λόγω της αντοχής του όμως σε υψηλότερες θερμοκρασίες χρησιμοποιείται περισσότερο σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για τη μόνωση λεβήτων, δεξαμενών, σωληνώσεων κτλ.

Είναι ακριβότερο υλικό από τον υαλοβάμβακα και στην Ελλάδα η χρήση του δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένη.



**Εικόνα 4 Μονωτικές πλάκες και ρολά πετροβάμβακα.**

### **Ιδιότητες πετροβάμβακα**

Παρουσιάζει ιδιότητες παρεμφερείς με αυτές του υαλοβάμβακα. Έχει χρώμα φαιοκίτρινο. Παρουσιάζει σταθερότητα όγκου. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά και δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις. Δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. Είναι άκαυστο υλικό και αντέχει σε θερμοκρασίες υψηλότερες του υαλοβάμβακα. Μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασίες χρήσης που φθάνουν τους 250 - 600°C. • Έχει ειδικό βάρος που κυμαίνεται από 50 ως 180 kg/m<sup>3</sup>

• Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι:

$\lambda := 0,041 \text{ W/(mK)}$  στους 10°C

$\lambda := 0,048 \text{ W/(mK)}$  στους 100°C

$\lambda := 0,066 \text{ W/(mK)}$  στους 200°C

Ο πετροβάμβακας προσβάλλεται από την υγρασία κατά τρόπο ανάλογο αυτού του υαλοβάμβακα. Γι' αυτό πρέπει και αυτός να προστατεύεται από κάθε είδους υγρασία.

### **Ορυκτοβάμβακας**

Είναι συγγενές υλικό προς τον πετροβάμβακα. Ως έννοια μάλιστα συχνά ταυτίζεται με αυτόν. Παράγεται από ηφαιστειακά πετρώματα που αναμειγνύονται με άνθρακα και ασβεστόλιθο σε θερμοκρασία περίπου 1500°C. Έχει ιδιότητες ίδιες σχεδόν με του πετροβάμβακα. Στην Ελλάδα, ωστόσο, ακόμη δεν έχει βρει ευρεία εφαρμογή.

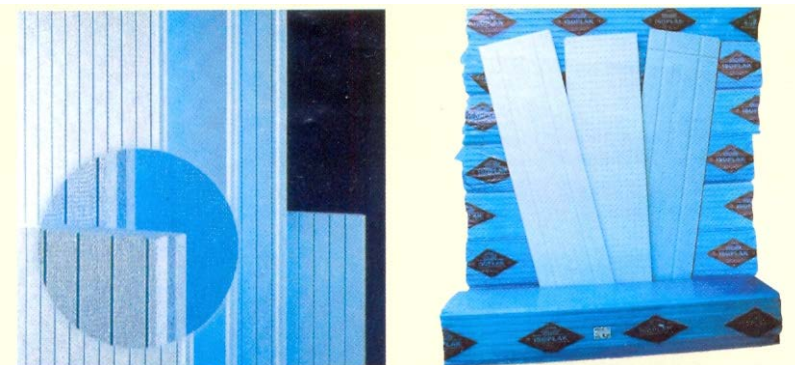
### **Διογκωμένη πολυστερίνη**

Πρόέρχεται από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών πλαστικών. Παράγεται με πολυμερισμό από το μονομερές στυρένιο. Μετά την επεξεργασία σε ατμό προκύπτει το προϊόν που αποτελείται από διογκωμένους συγκολλημένους κόκκους στυρολίου.

Έχει δομή κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή μόνο το 2% ως 5% του όγκου αποτελεί τη στερεά ύλη. Τον υπόλοιπο όγκο καλύπτει ο αέρας, που αποτελεί και το μέσο διόγκωσης.



Είναι φθηνό, εύκολα παραγόμενο και εύχρηστο υλικό και γι' αυτό βρίσκεται πολλές εφαρμογές. Για τον ίδιο λόγο όμως παρασκευάζεται και από πολλούς μικρούς παραγωγούς, ορισμένοι των οποίων δεν διαθέτουν τον κατάλληλο βιομηχανικό εξοπλισμό με αποτέλεσμα την παραγωγή προϊόντων κακής ποιότητας, που όμως εξ όψεως είναι δύσκολο να ελεγχτούν. Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών διαφόρων παχών. (εικόνα 5)



Εικόνα 5 Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης.

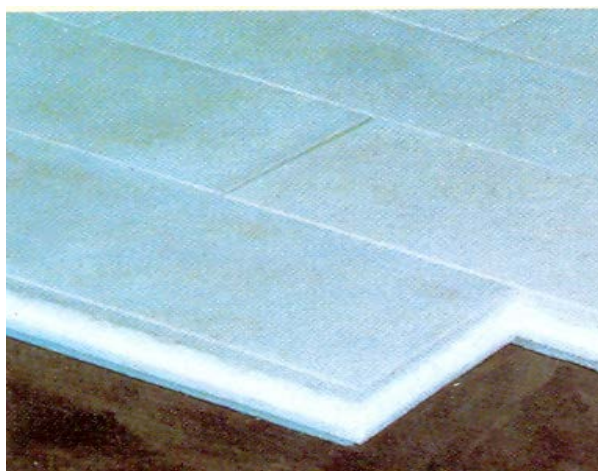
Προσφέρεται για τη θερμική προστασία:

- τοιχοποιίας με μόνωση στον πυρήνα,
- δοκού, υποστύλωματος και τοιχίου με προτιμότερη την τοποθέτησή της στην εσωτερική πλευρά,
- δαπέδου και δώματος που προστατεύονται στεγανοποιητικά,
- ψευδοροφής,
- πλάκας οροφής κάτω από στέγη.

Η διογκωμένη πολυστερίνη δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, επειδή δεν παρουσιάζει ηχομονωτικές ιδιότητες.

### **Ιδιότητες διογκωμένης πολυστερίνης**

Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει χρώμα λευκό και είναι άοσμο υλικό. Το ειδικό της βάρος ποικίλει από 8 ως 30 kg/m<sup>3</sup>. Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης κτιρίων επιβάλλει τη χρήση του υλικού με ειδικό βάρος ίσο ή μεγαλύτερο των 20 kg/m<sup>3</sup>. Πάντως, πολύ εύκολα η διογκωμένη πολυστερίνη μπορεί να νοθευτεί με ανάμειξη γύψου, που της προσδίδει μεγαλύτερο βάρος και να δώσει την ψευδαίσθηση ότι πρόκειται για υλικό μεγάλης πυκνότητας.



**Εικόνα 6 Πρεσαριστή πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης με επικάλυψη από ειδικό υπόλευκο προστατευτικό χυτό ινοπλισμένο τσιμεντοκονίαμα.**

Η διογκωμένη πολυστερίνη δεν παρουσιάζει σταθερότητα όγκου, ώστε μπορεί να εμφανιστούν κενά μεταξύ των πλακών με την πάροδο του χρόνου. (εικόνα 6)

Αυτό αντιμετωπίζεται:

- είτε με τη χρήση πλακών μετά από μακρόχρονη αποθήκευση (περίπου 2 με 3 μήνες μετά την παραγωγή),
- είτε με τη χρήση πλακών με αναβαθμίδα (πατούρα) στις άκρες τους. ώστε να υπάρχει πάντοτε επικάλυψη στη θέση των αρμών.

Η διογκωμένη πολυστερίνη προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά. όπως και από ποικιλία χημικών διαλυτών, όπως η ακετόνη (ασετόν), ο αιθέρας, το βενζόλιο, οι βενζίνες. οι κετόνες, η ρευστή άσφαλτος και από υλικά που περιέχουν πίσσα. Γι' αυτό ακόμη και η "εν ψυχρώ" επίστρωση ασφαλτοπάνων επάνω από αυτήν πρέπει να αποφεύγεται.

Φθείρεται όταν μένει επί μακρόν εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία.

Κατατάσσεται στην κατηγορία των μη άκαυστων υλικών, αν και με την προσθήκη ορισμένων ουσιών μπορεί να καταστεί δύσκολα αναφλέξιμη.

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές αντέχει σε θερμοκρασίες από  $-70^{\circ}\text{C}$  ως  $+80^{\circ}\text{C}$ . Η περιορισμένη αυτή αντοχή της στις υψηλές θερμοκρασίες ενίοτε μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα, ιδίως όταν τοποθετείται ως θερμομονωτικό υλικό σε δώματα, στα οποία η θερμοκρασία των υλικών κατά τη διάρκεια του θέρους μπορεί να αγγίξει τις οριακές τιμές αντοχής της.

Παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή σε συμπίεση. Μπορεί να παραλάβει τάσεις από 5 N/cm<sup>2</sup> ως 20 N/cm<sup>2</sup>. ανάλογα με την πυκνότητά της. Όταν όμως σε μια επιφάνεια θερμομονωμένη με διογκωμένη πολυστερίνη πρόκειται να ασκηθούν πολύ ισχυρά μοναχικά φορτία, υπάρχει κίνδυνος παραμόρφωσης και θραύσης των υπερκείμενων υλικών. Γι' αυτό σε ανάλογες περιπτώσεις πρέπει να μεσολαβούν στρώσεις από ισχυρά υλικά, που παραλαμβάνουν τα μοναχικά φορτία και τα μετατρέπουν σε γραμμικά.

Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης έχει:

- συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,041 \text{ W/(mK)}$  στους 10°C

- συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών

$\mu = 25-40$  για πυκνότητα 13-20 kg/m<sup>3</sup>

$\mu = 40-70$  για πυκνότητα 20-30 kg/m<sup>3</sup>

Λόγω των κλειστών κυρίως κυψελίδων που τη συνθέτουν δεν συγκρατεί παρά μικρές μόνον ποσότητες νερού, που εγκλωβίζονται στα κενά μεταξύ των κυψελίδων ή σε κυψελίδες που παρουσιάζουν διακοπές της επιδερμίδας τους.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση της διογκωμένης πολυστερίνης**

- Κατά την τοποθέτηση της διογκωμένης πολυστερίνης στις τοιχοποιίες πρέπει να αποφεύγεται η χρήση φράγματος υδρατμών, εκτός αν η τοποθέτησή του κριθεί απαραίτητη.

- Όταν τοποθετείται σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού, πρέπει να καλύπτεται από μεταλλικό ή πλαστικό πλέγμα, ώστε να διευκολύνει την πρόσφυση του επιχρίσματος επάνω σ' αυτό (οπλισμός επιχρίσματος). Το πλέγμα πρέπει να "αγκαλιάζει" και το παραπλεύρως δομικό στοιχείο κατά 10 cm τουλάχιστον (π.χ. προκειμένου για δοκό ή υποστύλωμα πρέπει να "αγκαλιάζει" τα τούβλα της τοιχοποιίας πλήρωσης). ώστε αργότερα υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας να μη δημιουργούνται επιμήκεις σχισμές λόγω διαφορετικής συστολοδιαστολής των δομικών υλικών.

- Προκειμένου να μονωθούν δοκοί ή υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, είναι σκόπιμο να προβλεφθεί η τοποθέτηση της διογκωμένης πολυστερίνης στον ξυλότυπο μαζί με τον οπλισμό, ώστε μετά την έγχυση του σκυροδέματος και την πήξη του να γίνει ένα σώμα μ' αυτό.

Σε αντίθετη περίπτωση, αν η διογκωμένη πολυστερίνη τοποθετηθεί εκ των υστέρων, υπάρχει ο κίνδυνος αποκόλλησής της και πτώσης της μαζί με το επίχρισμα. Ωστόσο, αν δεν είναι δυνατό να τοποθετηθεί με τον ξυλότυπο, μια καλή στερέωση επιτυγχάνεται με ισχυρά βύσματα και ταυτόχρονη κόλληση με ειδικές κόλλες.

### **Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη**

Είναι αφρώδες πλαστικό υλικό, συγγενές της διογκωμένης πολυστερίνης, αλλά με πολύ καλύτερες ιδιότητες απ' αυτήν. Έχει την ίδια χημική σύσταση, αλλά διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας.

Έχει δομή πυκνών μικρών κλειστών πολυεδρικών κυψελίδων διαμέτρου 0,05 - 0.50 mm. Το τελικό προϊόν αποτελείται κατά 3% - 4% του όγκου του από στερεά ύλη, που αποτελούν τα τοιχώματα των κυψελίδων και κατά το υπόλοιπο 96% - 97% από αέρα. Είναι υλικό ακριβότερο της διογκωμένης πολυστερίνης. Είναι όμως ευρύτερα διαδεδομένο και έχει πολλές οικοδομικές χρήσεις. Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών με ή χωρίς αναβαθμίδα (πατούρα) σε πλάτη από 1,1 ως 1,2 m και πάχη από 20 ως 80 mm. Έχει ευρύτατο πεδίο εφαρμογών. Χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό υλικό σε:

- εξωτερικές τοιχοποιίες με μόνωση στον πυρήνα,
- δοκάρια, τοιχία και υποστυλώματα με τοποθέτηση είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά,
- δάπεδα σε ευπρόσβλητες από την υγρασία κατασκευές,
- δώματα συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου,
- ψευδοροφές,
- πλάκες οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένες στέγες,
- ψυκτικούς θαλάμους.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν επίσης πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης με επικολλημένη στη μια τους όψη γυψοσανίδα. Ο τύπος αυτός προσφέρεται για θερμομόνωση, όταν πρόκειται να τοποθετηθεί από την εσωτερική πλευρά του τοίχου, ιδίως σε υφιστάμενες κατασκευές που χρήζουν περαιτέρω θερμικής προστασίας. Στερεώνονται στην υφιστάμενη τοιχοποιία με ειδικές κόλλες που έχουν ως βάση τη γύψο ή το τσιμέντο. Ανάλογες είναι και οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με τη μια τους όψη επικαλυμμένη με προστατευτικό χυτό κονίαμα πάχους 1,0 ως 2,0 cm. Οι πλάκες αυτές είναι κατάλληλες για τη θερμομόνωση αντεστραμμένου δώματος.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης**

- Κατά την τοποθέτηση της αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης στις τοιχοποιίες πρέπει να αποφεύγεται η χρήση φράγματος υδρατμών, εκτός αν απαιτείται. Στα συμβατικά δώματα (η στεγανοποιητική στρώση σε ανώτερη θέση της θερμομονωτικής) θεωρείται απαραίτητο και τοποθετείται, ενώ στα αντεστραμμένα (η θερμομονωτική στρώση σε ανώτερη θέση της στεγανοποιητικής) δεν χρειάζεται, διότι το ρόλο του φράγματος υδρατμών παίζει η στεγανοποιητική στρώση.

- Στα στοιχεία του φέροντα οργανισμού καλό είναι η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη να τοποθετείται εκ κατασκευής μέσα στον ξυλότυπο, ώστε μετά την έγχυση του σκυροδέματος και την πήξη του να αποτελεί ενιαίο σώμα με αυτό. Σε αντίθετη περίπτωση, υπάρχει ο κίνδυνος αποκόλλησης και πτώσης της μαζί με το επίχρισμα. Αν δεν είναι δυνατό να τοποθετηθεί με τον ξυλότυπο, μια καλή στερέωση επιτυγχάνεται με ισχυρά βύσματα και ταυτόχρονη κόλληση με ειδικές κόλλες.

- Σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού (δοκούς, υποστυλώματα, τοιχία) προτιμάται η χρήση πλακών αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, των οποίων η εξωτερική επιφάνεια είναι τραχεία και παρουσιάζει αυλακώσεις, προκειμένου να επιτευχτεί καλύτερη πρόσφυση του επιχρίσματος. Συνιστάται, ωστόσο, να παρεμβάλλεται και μεταλλικό πλέγμα (συνήθως κοτετσόσυρμα), που θα "αγκαλιάζει" το δομικό στοιχείο και θα καλύπτει τουλάχιστον κατά 10 cm εκατέρωθεν και την τοιχοποιία.

### **Ιδιότητες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης**

Είναι άοσμο υλικό με διάφορα χρώματα, ανάλογα με την εταιρία που το παράγει. Είναι συνήθως γαλάζιο ή ανοικτό πράσινο. Το ειδικό βάρος του, ανάλογα με τη χρήση του, είναι από 26 ως 40 kg/m<sup>3</sup>. Παρουσιάζει σταθερότητα όγκου με μικρές συστολές της τάξης του 0.08%. Όπως και η διογκωμένη πολυστερίνη, έτσι και η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά.

Προσβάλλεται επίσης από ποικιλία διαλυτών. Γι' αυτό και κατά τη χρήση της θα πρέπει να μην έρθει σε επαφή με υλικά που μπορεί να έχουν επάνω της διαλυτική επίδραση (βενζίνες, κετόνες, πίσσα, διαφόρων ειδών κόλλες κτλ.).

Πρέπει να αποφεύγεται η επί μακρόν έκθεσή της στην ηλιακή ακτινοβολία. Η υπεριώδης ακτινοβολία αποχρωματίζει την επιφάνειά της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες. Για το λόγο αυτό πριν τη χρήση της πρέπει να προστατεύεται σε σκιερούς χώρους και να καλύπτεται με μεμβράνες συνθετικού υλικού ανοικτού χρώματος, ενώ μετά τη χρήση της πρέπει σύντομα να επικαλύπτεται με τις υπόλοιπες στρώσεις του δομικού στοιχείου (τοιχοποιία, επίχρισμα κτλ). Θεωρείται αυτοσβενόμενο υλικό και καίγεται χωρίς τη δημιουργία επιβλαβών καπνών.

Δεν επιτρέπεται επίσης να εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές αντέχει σε θερμοκρασίες από  $-50^{\circ}\text{C}$  ως  $+75^{\circ}\text{C}$ . Η περιορισμένη αυτή αντοχή της στις υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να δημιουργήσει πολλές φορές προβλήματα όταν τοποθετείται ως θερμομονωτικό υλικό σε δώματα.

Παρουσιάζει αρκετά καλή αντοχή σε συμπίεση. Μπορεί να παραλάβει τάσεις από  $20\text{ N/cm}^2$  ως  $50\text{ N/cm}^2$ , ανάλογα με την πυκνότητά της. Ωστόσο, θα πρέπει να αποφεύγεται η άσκηση πολύ ισχυρών μοναχικών φορτίων, επειδή υπάρχει ο κίνδυνος παραμόρφωσης. Γι' αυτό σε ανάλογες περιπτώσεις πρέπει να μεσολαβούν στρώσεις από ισχυρά υλικά, που παραλαμβάνουν τα μοναχικά φορτία και τα μετατρέπουν σε γραμμικά. Έχει:

- συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,027$  ως  $0,035\text{ W/(mK)}$  στους  $1^{\circ}\text{C}$
- συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών  $\mu = 100$  ως  $200$ .

Δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι ή παγωνιά. Λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων της δεν απορροφά υγρασία. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, η μέγιστη απορροφητικότητα φθάνει το  $0,1\%$  -  $0,2\%$  του όγκου του υλικού.

### **Πολυουρεθάνη**

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών μονωτικών υλικών, Παράγεται με την ανάμειξη δισοκυανικού και πολυόλης με την παρουσία καταλύτη. Ως μέσο διόγκωσης χρησιμοποιείται ο φθορισμένος υδρογονάνθρακας, ο οποίος σε αέρια φάση παρουσιάζει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Έχει δομή κλειστών κυψελών και η στερεά ύλη καταλαμβάνει το  $3\%$  -  $8\%$  του όγκου του. Το υπόλοιπο ποσοστό καταλαμβάνει το διογκωτικό αέριο και ο αέρας.

Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών ή προκατασκευασμένων πετασμάτων, που αποτελούνται από πλάκες πολυουρεθάνης με εκατέρωθεν λεπτά μεταλλικά φύλλα επίπεδης ή κυματοειδούς μορφής. Μπορεί επίσης να παρασκευαστεί επί τόπου στο έργο με εκτόξευση δια ψεκασμού.

Στην περίπτωση αυτή η εφαρμογή οφείλει να γίνει από έμπειρο και ειδικευμένο συνεργείο. Οι πλάκες πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικό υλικό σε:

- εξωτερικές τοιχοποιίες με μόνωση στον πυρήνα,
- δοκάρια, τοιχία και υποστυλώματα με τοποθέτηση είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά.
- δάπεδα σε ευπρόσβλητες από την υγρασία κατασκευές,
- δώματα συμβατικού ή αντεστραμμένου τύπου,
- ψευδοροφές
- πλάκες οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένες στέγες,
- ψυκτικούς θαλάμους, δεξαμενές κτλ.

Τα προκατασκευασμένα πετάσματα πολυουρεθάνης έχουν περισσότερο εφαρμογές σε λυόμενες κατασκευές, βιομηχανικά κτίρια, περίπτερα εκθέσεων, στα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και ως στοιχεία πλήρωσης.

Ο αφρός πολυουρεθάνης βρίσκει εφαρμογές στις ίδιες κατηγορίες δομικών στοιχείων με τις πλάκες πολυουρεθάνης, προτιμάται όμως ιδιαίτερα στις περιπτώσεις εκείνες που είναι ανέφικτη ή δύσκολη η εφαρμογή πλακών θερμομονωτικού υλικού, όπως για παράδειγμα σε κυλινδρικές ή σφαιρικές επιφάνειες ή επιφάνειες άλλου ακανόνιστου σχήματος. Επιπλέον εφαρμόζεται:

- σε εξωτερικές επιφάνειες προσόψεων,
- στη σφράγιση αρμών μεταξύ τοιχοποιίας και κουφωμάτων,
- στη μόνωση βιομηχανικών εγκαταστάσεων,
- στην προστασία σωληνώσεων,
- στις μονώσεις ψυγείων αυτοκινήτων κτλ.

### **Ιδιότητες πολυουρεθάνης**

Είναι άοσμο υλικό και έχει χρώμα κίτρινο. Το ειδικό του βάρος κυμαίνεται από 30 ως 80 kg/m<sup>3</sup>.

Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά. Δεν σαπίζει και δεν σχηματίζει μούχλα. Δεν διαβρώνεται από χημικές ουσίες, βενζίνη, πετρελαιοειδή, οξέα και βάσεις Παρουσιάζει επίσης υψηλή αντοχή στη θερμή ασφαλτο μέχρι 110°C επί μακρό χρονικό διάστημα.

Όπως και τα άλλα αφρώδη υλικά, επηρεάζεται από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες από  $-50^{\circ}\text{C}$  ως  $+110^{\circ}\text{C}$ .

Θεωρείται αυτοσβενόμενο υλικό και δεν εξαπλώνει τη φωτιά. Σε περίπτωση πυρκαγιάς όμως και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των  $200^{\circ}\text{C}$  εκλύει σε μικρές ποσότητες επικίνδυνα τοξικά αέρια.

Η αντοχή του είναι ικανοποιητική. Αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις από 20 μέχρι  $30 \text{ N/cm}^2$ . Υπάρχει πάντως ο κίνδυνος παραμόρφωσης, όταν πρόκειται να δεχθεί ισχυρά μοναχικά φορτία. Γι' αυτό καλό είναι σε ανάλογες περιπτώσεις να επικαλύπτεται από στρώσεις άλλων υλικών, που μπορούν να παραλάβουν τέτοια φορτία και να τα μετατρέψουν σε γραμμικό.

- Έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,022 \text{ W/(mK)}$  στους  $10^{\circ}\text{C}$ .

Όμως, επειδή με την πάροδο του χρόνου το εγκλωβισμένο στις κλειστές κυψελίδες αέριο διαχέεται και αντικαθίσταται με αέρα, η τιμή αυτή αυξάνεται και μπορεί να φτάσει μέχρι:  $\lambda = 0,027 \text{ W/(mK)}$ .

Το φαινόμενο μπορεί να επιβραδυνθεί, αν το υλικό τοποθετηθεί ανάμεσα σε στεγανά τοιχώματα.

Ομοίως, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ο συντελεστής  $\lambda$  αυξάνεται λόγω υγροποίησης του αερίου στις κυψέλες .

- Έχει συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών  $\mu = 50 - 100$ .

Ορισμένοι παραγωγοί δίνουν τιμή  $\mu = 80 - 150$ .

Δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι ή παγωνιά. Είναι αδιάβροχο υλικό λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του και η θεωρητικά αναρροφούμενη υγρασία θεωρείται μηδαμινή.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση πολυουρεθάνης**

- Παρουσιάζει εξαιρετικές συγκολλητικές ιδιότητες και προσκολλάται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά.

- Πρέπει και πάλι να τονιστεί ότι η θερμομόνωση με αφρό οφείλει να γίνεται μόνον από εξειδικευμένο και έμπειρο συνεργείο. Διαφορετικά μπορεί να προκληθούν αστοχίες και φθορές. Το συνηθέστερο πρόβλημα είναι η στρέβλωση και η κύρτωση δομικών στοιχείων μικρής αντοχής, λόγω της απότομης διόγκωσης του εκτοξευόμενου αφρού.



- Όπως συμβαίνει και με τα άλλα αφρώδη μονωτικά υλικά, η πολουρεθάνη, όταν τοποθετείται εξωτερικά, για να αποκτήσει καλή πρόσφυση με το επίχρισμα θα πρέπει να παρεμβληθεί μεταλλικό ή πλαστικό πλέγμα ως οπλισμός επιχρίσματος. Για τον ίδιο λόγο είναι σκόπιμο να ξυθεί η εξωτερική της επιδερμίδα, ώστε να αποκτήσει τραχεία επιφάνεια.

### Ξυλόμαλλο

Αποτελείται από ξυλώδεις ίνες, που έχουν αναμειχτεί και ορυκτοποιηθεί με τσιμέντο υψηλής αντοχής που προστατεύει το τελικό προϊόν από τη σήψη, τους μύκητες και τους μικροοργανισμούς και έχουν συμπιεστεί σε πλάκες κάτω από υψηλή θερμοκρασία. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται το ξύλο και σε συγγενή προϊόντα προς το ξυλόμαλλο χρησιμοποιούνται ροκανίδια, λεπτά κλαδιά, καλάμια, άχυρα και άλλα φυτικά προϊόντα υπό μορφή ινών. Το ξυλόμαλλο κυκλοφορεί στο εμπόριο σε διάφορους συνδυασμούς και ουσιαστικά σε δυο βασικούς τύπους:

- Απλές συμπαγείς πλάκες.
- Πλάκες τύπου σάντουιτς με εκατέρωθεν εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα. Είναι προφανώς ελαφρότερες των συμπαγών πλακών και συνδυάζουν τις ιδιότητες του ξυλόμαλλου και της διογκωμένης πολυστερίνης. Έτσι, ο πρώτος τύπος υπερτερεί του δεύτερου κυρίως στην παραλαβή ισχυρών φορτίων, ενώ ο δεύτερος υπερτερεί του πρώτου στη θερμική προστασία. (εικόνα 7, σελ 28)



**Εικόνα 7** Ως πρώτη ύλη για την κατασκευή ξυλόμαλλου χρησιμοποιείται το ξύλο και σε συγγενή προϊόντα χρησιμοποιούνται ροκανίδια, λεπτά κλαδιά, καλάμια, άχυρα και άλλα φυτικά προϊόντα σε υπό μορφή ινών.

Προτιμάται κυρίως :

- στη θερμομόνωση στοιχείων του φέροντα οργανισμού, στα οποία χρησιμοποιείται και ως παραμένον ξυλότυπος,
- στην εσωτερική θερμομόνωση οροφών μεγάλων χώρων, στους οποίους παραμένει ως εμφανές στοιχείο,
- σε πλάκες οροφής κάτω από στέγη και σε κεκλιμένες στέγες,
- στην εσωτερική θερμομόνωση δαπέδων, που πρόκειται να παραλάβουν υψηλά φορτία,
- στην εξωτερική θερμομόνωση υπόστυλων χώρων και ανοικτών διαβάσεων (πυλωτές), όπου επίσης συχνά παραμένει εμφανές και βάφεται με κάποιο χρώμα,
- στη θερμομόνωση μεγάλων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών που πρέπει να επιχρισθούν, λόγω της καλής πρόσφυσης των επιχρισμάτων στο ξυλόμαλλο,
- σε βιομηχανικούς και βιοτεχνικούς χώρους, σε χώρους, στους οποίους εκτός από θερμομονωτική απαιτείται και ηχητική προστασία.

Σε χώρους, στους οποίους η κύρια απαίτηση είναι η θερμομόνωση (και όχι η παραλαβή φορτίων ή η ηχομόνωση κτλ.) προτιμώνται οι πλάκες τύπου σάντουιτς και όχι οι συμπαγείς πλάκες, επειδή λόγω του μεγάλου συντελεστή  $\lambda$  χρειάζονται κατά κανόνα μεγάλα πάχη του υλικού για να καλυφθούν οι απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης. Αυτός είναι και ο λόγος που στις τοιχοποιίες πλήρωσης προτιμώνται συνήθως άλλα θερμομονωτικά υλικά.

### Ιδιότητες ξυλόμαλλου

Το ξυλόμαλλο είναι άοσμο, έχει χρώμα φαιό και εκτός από θερμομονωτικό θεωρείται και καλό ηχομονωτικό υλικό.

Είναι βαρύ υλικό με φαινόμενο ειδικό βάρος:

- για πλάκες πάχους από 25 ως 35 mm, 460 ως 415 kg/m<sup>3</sup>
- για πλάκες πάχους μεγαλύτερου των 50 mm, 380 kg/m<sup>3</sup> και μικρότερο.

Παρουσιάζει σταθερότητα διαστάσεων και θεωρείται υλικό ανθεκτικό στα χρόνια.

Προσβάλλεται από τρωκτικά και από έντομα που το χρησιμοποιούν ως φωλιά.

Παρουσιάζει αντίσταση στους χημικούς διαλύτες και στα ασφαλικά υλικά. Πρέπει όμως να αποφεύγεται η εν θερμώ διάσπρωση ασφαλτικών υλικών στην επιφάνειά του.

Δεν προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ορυκτοποίηση των ινών του ξύλου με το τσιμέντο προσδίδει στο ξυλόμαλλο αντίσταση κατά της φωτιάς και το προστατεύει. Ωστόσο, θεωρείται ότι καθίσταται πρακτικά άφλεκτο μόνο με την επίχριση του.

Έχει υψηλή αντοχή σε θλίψη και σε κάμψη, που ανάλογα με το πάχος της πλάκας φθάνει από 100 ως 180 N/cm<sup>2</sup>. Μπορεί να παραλάβει χωρίς προβλήματα τόσο γραμμικά όσο και μοναχικά φορτία, χωρίς κίνδυνο παραμόρφωσης.

- Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στους 10°C:

$$\lambda = 0,093 \text{ W/(mK)} \text{ για πλάκες πάχους 25-35 mm}$$

$$\lambda = 0,081 \text{ W/(mK)} \text{ για πλάκες πάχους } >50\text{mm}$$

Οι κατασκευάστριες εταιρίες δίνουν συντελεστή  $\lambda = 0,061 \text{ W/(mK)}$ .

- Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών είναι:  $\mu = 5 - 7$ .

Το ξυλόμαλλο απορροφά την υγρασία, μπορεί όμως και την επαναποδίδει στο περιβάλλον, όταν εκλείψουν οι συνθήκες προσβολής του.

### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση ξυλόμαλλου

- Η επιφάνειά του μπορεί να επιχριστεί, να καλυφθεί με ταπετσαρία ή να μείνει ελεύθερη. Συνεργάζεται πολύ καλά με κάθε τύπο επιχρίσματος. Λόγω της πορώδους υφής του πρέπει να αποφεύγονται επιχρίσματα πλούσια σε τσιμέντο, κυρίως στις τελικές στρώσεις, ώστε να μην προκαλείται ο κίνδυνος ρωγμών στην επιφάνειά τους. Ομοίως, για την αποφυγή ρωγμών λόγω συστολοδιαστολών, καλό είναι να τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα στους αρμούς μεταξύ δυο διαδοχικών πλακών ξυλόμαλλου. Εφόσον βαφεί, ως υλικό βαφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα κοινό διακοσμητικό υδατοδιαλυτό χρώμα.

- Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του σε δομικά στοιχεία εκτεθειμένα στο νερό. Πριν τη χρήση του πρέπει να αποθηκεύεται σε χώρους στεγνούς και μετά τη χρήση του να προστατεύεται από κάθε είδους υγρασία (βροχή, τριχοειδή, επιφανειακής συμπύκνωσης ή συμπύκνωσης λόγω διάχυσης).

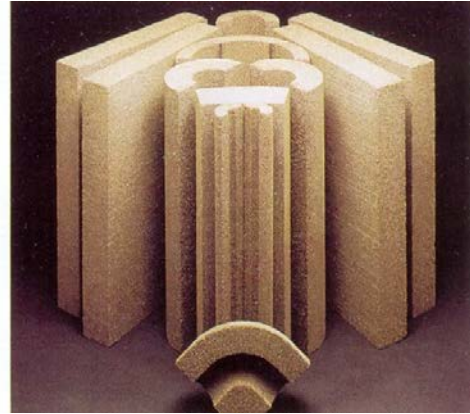
- Λόγω των υψηλών αντοχών του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ξυλότυπος σε στοιχεία φέροντα οργανισμού και μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος να μην αφαιρεθεί, αλλά να παραμείνει πλέον ως θερμομονωτική στρώση.

- Σε υπάρχουσες κατασκευές πρέπει να πακτώνεται γερά σε πυκνά διαστήματα και με μεγάλα βύσματα με μήκος τουλάχιστον διπλάσιο του πάχους της πλάκας του ξυλόμαλλου.

### Αφρώδες γυαλί

Είναι γνωστό και ως κυψελωτό γυαλί. Πρόκειται για υλικό ορυκτής προέλευσης με κυψελωτή δομή. Αποτελείται από πλήθος πολύ μικρών κυψελών ερμητικά κλειστών και ανεξάρτητων μεταξύ τους. Έχει ως βασικό υλικό την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με θερμική διεργασία αλεσμένου γυαλιού που έχει αναμειχτεί με άνθρακα. (εικόνα 8, σελ.31)

Το αφρώδες γυαλί δεν είναι ευρέως διαδεδομένο στη χώρα μας, αν και παρουσιάζει πολύ καλές ιδιότητες. Αυτό ίσως οφείλεται και στο πολύ υψηλό του κόστος, που είναι και το βασικό του μειονέκτημα.



**Εικόνα 8 α. Το κυψελωτό γυαλί σε δάπεδα και σε δώματα επικολλάται σε καθαρό υπόστρωμα με τη βοήθεια θερμής ή ψυχρής ασφάλτου. β. Πλάκες κυψελωτού γυαλιού διαφόρων παχών και σχημάτων.**

Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε πλάκες μικρών διαστάσεων 30 x 30, 45 x 45, 60 x 60 (cm) με ενιαίο πάχος που κυμαίνεται από 2,5 ως 12 cm ή με μεταβλητό πάχος για θερμομόνωση δωματίων που κυμαίνεται από 6 ως 18 cm. Είναι κατάλληλο για θερμική προστασία:

- τοιχοποιίας με θερμομόνωση εξωτερικά ή στον πυρήνα,
- συνολικών όψεων εξωτερικά,
- τοιχίων υπόγειων χώρων,
- δωματίων,
- πλακών οροφής κάτω από στέγη και κεκλιμένης στέγης με τοποθέτηση ανάμεσα στους αμείβοντες,
- δαπέδων σε επαφή ή όχι με το έδαφος,
- υπέργειων ή υπόγειων δεξαμενών και χώρων μηχανολογικών εγκαταστάσεων.

### Ιδιότητες αφρώδους γυαλιού

Είναι ελαφρό υλικό, αλλά μάλλον βαρύ για την κατηγορία των θερμομονωτικών υλικών. Το ειδικό του βάρος, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος, κυμαίνεται από 125 ως 138 kg/m<sup>3</sup>.

Έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής και παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα στις διαστάσεις του. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά. Δεν σαπίζει, δεν σχηματίζει μούχλα και μικροοργανισμούς. Δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις (προσβάλλεται όμως από το υδροφθορικό οξύ). Δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου.

Είναι άκαυστο υλικό και εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς. Αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με όρια από -260 ως +430 °C.

Έχει μεγάλη αντοχή σε συμπίεση (60 - 120 N/cm<sup>2</sup>) και σε κάμψη (περίπου 50 N/cm<sup>2</sup>). Γι' αυτό χρησιμοποιείται στη θερμομόνωση δαπέδων και άλλων επιφανειών, στα οποία ασκούνται υψηλά φορτία. Παρουσιάζει όμως ευαισθησία στα κρουστικά φορτία. Κόβεται εύκολα με συνηθισμένα εργαλεία και προσαρμόζεται στις διαστάσεις εφαρμογής του. Έχει:

- συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,050$  ως  $0,063$  W/(mK) στους 10°C,
- συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών  $\mu = \infty$ .

Είναι το μόνο θερμομονωτικό υλικό που παρουσιάζει πρακτικά μηδενική απορροφητικότητα και υδρατμοπερατότητα. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί στην κατασκευή ως φράγμα υδρατμών. Ωστόσο, κατά την εφαρμογή του πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την καλή σφράγιση των αρμών μεταξύ των πλακών του, απ' όπου είναι εύκολη η διείσδυση της υγρασίας στο δομικό στοιχείο.

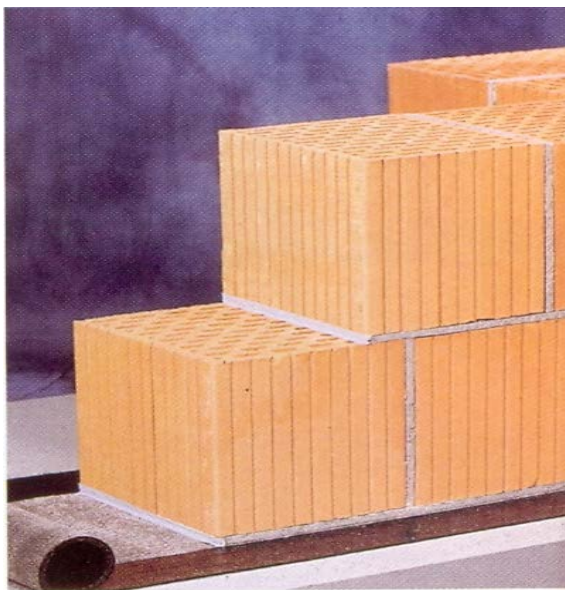
### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση αφρώδους γυαλιού

- Στις κατακόρυφες επιφάνειες στερεώνεται με ισχυρά βύσματα και με ειδικές ελαστικές κόλλες ασφαλικής βάσης. Σε θερμομόνωση τοιχοποιίας από την εσωτερική πλευρά μπορεί να επικαλυφθεί με γυψοσανίδες επένδυσης που θα επικολληθούν επάνω στο αφρώδες γυαλί με γυψόκολλα.

- Σε δάπεδα και σε δώματα επικολλάται σε καθαρό υπόστρωμα με τη βοήθεια θερμής ή ψυχρής ασφάλτου. Επειδή έχει σχεδόν ίδιο συντελεστή θερμικής διαστολής με το σκυρόδεμα, δεν παρουσιάζει ουσιαστικές παραμορφώσεις και δεν προκαλεί σχισμές στη στεγανοποιητική μεμβράνη. Στα συμβατικά δώματα δεν χρειάζεται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών, διότι το ρόλο αυτό τον παίζει το ίδιο το υλικό.

### Θερμομονωτικά τούβλα

Είναι τούβλα, στη μάζα των οποίων έχουν δημιουργηθεί πολλές μικρές σφαιρικές κοιλότητες με αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσμιξη στην άργιλο, πριν ακόμη ψηθεί, κόκκων διογκωτικού υλικού, συνήθως διογκωμένης πολυστερίνης. Με το ψήσιμο των τούβλων το διογκωτικό υλικό καίγεται και αφήνει στη μάζα της αργίλου κυψέλες με αέρα. (Εικόνα 9)



**Εικόνα 9 Θερμομονωτικά τούβλα.**

Στο εμπόριο τα θερμομονωτικά τούβλα κυκλοφορούν σε πολλές διαστάσεις σύμφωνα με τις προδιαγραφές των διάφορων εταιριών.

Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοιχοποιιών πλήρωσης, χωρίς τη χρήση κάποιου άλλου θερμομονωτικού υλικού. Εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίονται με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται και στα κοινά τούβλα.

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για την κατασκευή φερουσών εξωτερικών τοιχοποιιών μικρών κτισμάτων, εφόσον μπορούν να παραλάβουν τα φορτία και να καλύψουν τις απαιτήσεις του αντισεισμικού κανονισμού.

### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Οι κατασκευές με θερμομονωτικά τούβλα πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων με τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά ως προς τα εξής:

- Προσδίδουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και ευστάθεια στην τοιχοποιία και βελτιώνουν την αντισεισμική της συμπεριφορά.

- Σχηματίζουν μονοκέλυφη κατασκευή και συνεπώς δεν απαιτούν τη διαμόρφωση περιδέσμων ενίσχυσης (σενάζ).

- Αξιοποιούν στο μέγιστο τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων, αποδίδοντας τη συγκρατούμενη θερμότητα με χρονική υστέρηση που μπορεί να φθάσει μέχρι και τις 8 ώρες. Συμβάλλουν έτσι στη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου σε υψηλά επίπεδα αρκετές ώρες μετά τη διακοπή της θέρμανσης.

- Ευνοούν την "αναπνοή" των τοίχων και συμβάλλουν στη διαμόρφωση πιο υγιεινού και άνετου εσωκλίματος.

- Εξοικονομούν χρόνο και χρήμα κατά την κατασκευή. αφενός λόγω της ευκολίας με την οποία δουλεύονται τα μεγάλων διαστάσεων τούβλα και αφετέρου λόγω της δημιουργίας μονοκέλυφης τοιχοποιίας.

Αντιθέτως, μειονεκτούν στα εξής:

- Παρέχουν χαμηλότερη θερμική προστασία. Τα πάχη των θερμομονωτικών τούβλων σχεδόν οριακά καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Θερμομόνωσης. Μεγαλύτερα πάχη των τούβλων αποβαίνουν σε βάρος του ωφέλιμου χώρου του κτιρίου.

- Επιτρέπουν πιο εύκολα το σχηματισμό επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών. λόγω χαμηλότερης εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Ωστόσο, το φαινόμενο θα εκδηλωθεί μόνο για πολύ υψηλή σχετική υγρασία του εσωτερικού χώρου και πολύ χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία.

- Απορροφούν την υγρασία (λόγω βροχής, ανερχόμενη εκ του εδάφους, συμπύκνωσης κτλ.) και για όσο χρόνο είναι εμποτισμένα έχουν μειωμένη θερμομονωτική ικανότητα.

- Είναι ακριβότερα από τα κοινά τούβλα. Το συνολικό κόστος όμως, συγκριτικά με μια κατασκευή με άλλο θερμομονωτικό υλικό, εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής και το είδος του χρησιμοποιούμενου θερμομονωτικού υλικού.



### Ιδιότητες θερμομονωτικών τούβλων

Έχουν το χρώμα και τη μορφή των κοινών τούβλων. Είναι κατά 25% με 40% ελαφρότερα από τα κοινά διάτρητα τούβλα, με φαινόμενο ειδικό βάρος που εξαρτάται από το πλήθος και το μέγεθος των οπών τους και κυμαίνεται μεταξύ 700 και 850 kg/m<sup>3</sup>. Έχουν σταθερό όγκο, δεν προσβάλλονται από έντομα και τρωκτικά και αντιδρούν στις χημικές ενώσεις όπως όλα τα τούβλα. Δεν φθείρονται με την πάροδο του χρόνου, ούτε καταστρέφονται. Δεν καίγονται και δεν διαδίδουν τη φωτιά. Αντέχουν σε έντονες θερμοκρασιακές καταπονήσεις, στον παγετό και στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Μπορούν να παραλάβουν υψηλά φορτία, γραμμικά και μοναχικά. Η αντοχή τους σε θλίψη φθάνει μέχρι 500 N/cm<sup>2</sup>.

Για τον προσδιορισμό της θερμομονωτικής ικανότητας των τούβλων είναι προτιμότερο λόγω των οπών τους να λαμβάνεται υπόψη ο συντελεστής θερμοδιαφυγής  $\Lambda = \lambda/d$  (όπου  $d$  το πάχος του τούβλου) και όχι ένας θεωρητικός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  του συμπαγούς τμήματος. Έτσι, ο συντελεστής θερμοδιαφυγής  $\Lambda$  για τα διάφορα τυποποιημένα πάχη των θερμομονωτικών τούβλων είναι σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνουν οι κατασκευάστριες εταιρίες:

- Για  $d = 7,5$  cm  $\Lambda = 2,25$  W/(m<sup>2</sup>K)
- Για  $d = 10,0$  cm  $\Lambda = 1,71$  W/(m<sup>2</sup>K)
- Για  $d = 12,0$  cm  $\Lambda = 1,50 - 1,60$  W/(m<sup>2</sup>K)
- Για  $d = 18,0$  cm  $\Lambda = 0,98$  W/(m<sup>2</sup>K)
- Για  $d = 20,0$  cm  $\Lambda = 0,65 - 0,70$  W/(m<sup>2</sup>K)
- Για  $d = 22,5$  cm  $\Lambda = 0,63 - 0,69$  W/(m<sup>2</sup>K)

Τα θερμομονωτικά τούβλα παρουσιάζουν συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών:  $\mu = 8 - 12$ .

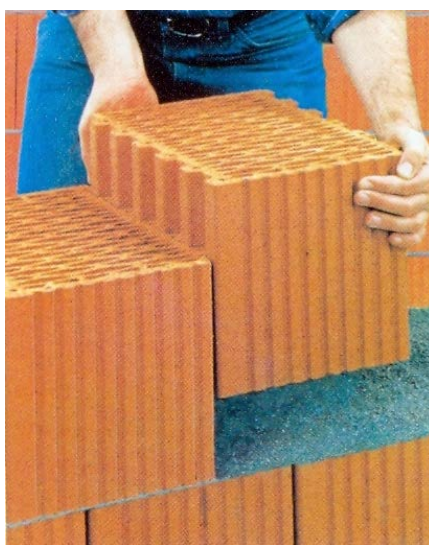
Λόγω της δομής τους, απορροφούν την υγρασία, έχουν όμως τη δυνατότητα πολύ εύκολα να την επαναποδώσουν στην ατμόσφαιρα και να στεγνώσουν. Ο πολύ μικρός συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών ευνοεί τη διάχυση των υδρατμών, επιτρέπει την "αναπνοή" των τοίχων και διαμορφώνει πιο ευχάριστο και υγιεινό περιβάλλον. Επίσης λόγω της ομοιογένειας της τοιχοποιίας (δεν αποτελείται από διαδοχικές στρώσεις με διαφορετικά θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά), η καμπύλη πιέσεων των υδρατμών είναι ομαλή και δυσχεραίνεται η εσωτερική συμπύκνωση των υδρατμών.

### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την κατασκευή με θερμομονωτικά τούβλα

Αυτό που θα πρέπει να προσέξει κανείς κατά την κατασκευή μιας τοιχοποιίας με θερμομονωτικά τούβλα είναι το συνδετικό τους κονίαμα να είναι χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας, ανάλογης των θερμομονωτικών τούβλων. Διαφορετικά οι μεταξύ τους αρμοί κινδυνεύουν να λειτουργήσουν ως θερμογέφυρες και να αποτυπωθούν με το πέρασμα του χρόνου επάνω στην επιφάνεια του επιχρίσματος με τη μορφή λεπτών σκουρόχρωμων λωρίδων.

### Πορώδεις τσιμεντόλιθοι

Λέγονται και θερμομονωτικά τσιμεντότουβλα. Θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως μια ειδική κατηγορία τσιμεντόλιθων, που συνδυάζει τις ιδιότητες των πορωδών τούβλων και των τσιμεντόλιθων. (Εικόνα 10) Παρασκευάζονται από χαλαζιακή άμμο, ασβεστόλιθο, τσιμέντο και νερό. Στη μάζα του αρχικού μείγματος προστίθενται ανάλογα με το επιδιωκόμενο προϊόν κόκκοι κίσηρης, στάχτη υψικαμίνου και διάφορα χημικά πρόσμεικτα, που συμβάλλουν στην απόκτηση πόρων και αφρώδους υφής. Είναι ελαφρότεροι από τους παλαιότερους κοινούς τσιμεντόλιθους. Τελευταία, με νέες μεθόδους παράγονται σε διάφορα μεγέθη και σχήματα και με επεξεργασμένη τη μια επιφάνεια, ώστε να χρησιμοποιούνται σε εμφανή τοιχοποιία, όπως επίσης και σε διάφορα χρώματα με τις κατάλληλες προσμείξεις. Οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι υ κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά υπερτερούν έναντι των αντίστοιχων πορωδών τούβλων στο γεγονός παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκολία στη δόση και δίνουν καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα. (εικόνα 10)



**Εικόνα 10** Θερμομονωτικά τσιμεντότουβλα.

Λόγω των κατάλληλα διαμορφωμένων πλευρών τους επιτρέπουν την εντορμία (θηλύκωμα) του ενός τσιμεντόλιθου γειτονικό του, χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος και χωρίς να σχηματίζονται θερμογέφυρες στους αρμούς μεταξύ των τσιμεντόλιθων. Η τοιχοποιία από πορώδεις τσιμεντόλιθους μπορεί να παραμείνει ανεπίχριστη και απευθείας να βαφεί με πλαστικά χρώματα. Ωστόσο, η εξωτερική όψη που δέχεται την επίδραση της βροχής, θεωρείται απαραίτητο να επιχρισθεί και να μη μείνει γυμνή, εξαιτίας της υδροαπορροφητικότητάς τους και του συνεπαγόμενου κινδύνου προσβολής τους από την υγρασία. Τοιχοποιίες που πρόκειται να καταπονηθούν έντονα από τη βροχή δε συνιστάται να κατασκευαστούν με πορώδεις τσιμεντόλιθους, εκτός αν ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα προστασίας. Θα πρέπει σ' αυτή την περίπτωση το πάχος της τοιχοποιίας, όπως και αυτής από πορώδη τούβλα, να είναι μεγαλύτερο του συνήθους (να προσεγγίζει τα 35 cm), προκειμένου να αντισταθμισθεί ενδεχόμενη μείωση των θερμομονωτικών της ιδιοτήτων, λόγω εμποτισμού της με τα νερά της βροχής.

Στην Ελλάδα οι πορώδεις τσιμεντόλιθοι δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι όμως τα τελευταία χρόνια κερδίζουν διαρκώς έδαφος, λόγω των καλών θερμοτεχνικών τους χαρακτηριστικών και της ευκολίας που παρουσιάζουν στη δόμησή τους.

### **Πορώδεις τσιμεντόλιθοι – τεχνικά χαρακτηριστικά**

Το φαινόμενο ειδικό βάρος τους κυμαίνεται μεταξύ 400 και 600 kg/m<sup>3</sup> ανάλογα με το πλήθος και το μέγεθος των πόρων. Όπως και τα θερμομονωτικά τούβλα, συνδυάζουν υψηλή θερμοχωρητικότητα λόγω της μάζας τους και καλή θερμική προστασία λόγω των κυψελίδων αέρα που περικλείουν. Επομένως, το χειμώνα συγκρατούν την παραγόμενη θερμότητα και την επαναποδίδουν αργότερα, όταν ο χώρος αρχίζει να ψύχεται, με τη διακοπή της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, ενώ το καλοκαίρι μειώνουν την επίδραση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του χώρου. Κατ' αυτό τον τρόπο περιορίζουν τις μεγάλες και απότομες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου, εξασφαλίζοντας ένα πιο άνετο εσώκλιμα. Παρ' όλα αυτά έχουν μικρότερη θερμοχωρητικότητα από ισοδύναμου πάχους συμπαγή δομικά υλικά και μεγαλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας  $k$  από ισοδύναμου πάχους θερμομονωτικά υλικά, όπως και από μια ισοδύναμου πάχους δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα.

Η αντοχή τους σε θλιπτικές καταπονήσεις φθάνει τα 500 N/cm<sup>2</sup>, ενώ η αντοχή τους σε εφελκυσμό δεν υπερβαίνει τα 100 N/cm<sup>2</sup>.

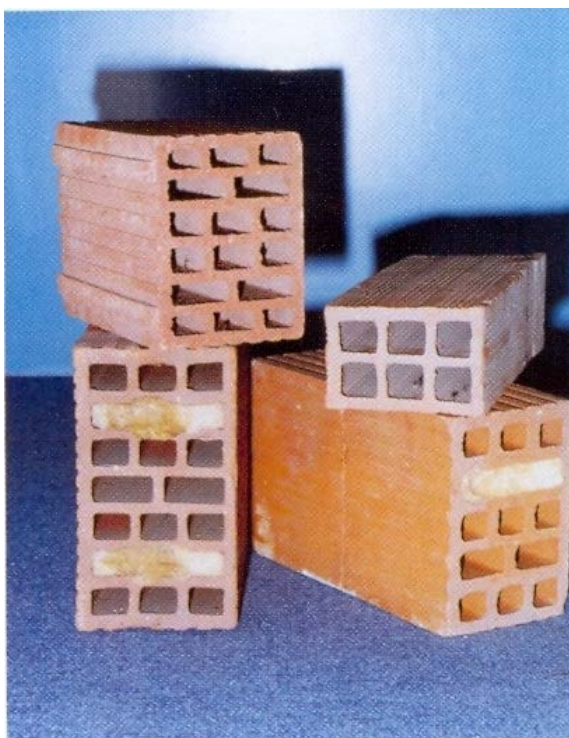
Είναι υδρατμοδιαπερατά δηλαδή επιτρέπουν τη διέλευση των υδρατμών μέσω της μάζας τους και αφήνουν τον τοίχο να "αναπνέει".

Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, όπως και των πορωδών τούβλων, είναι μικρός ( $\mu = 5 - 10$ ). Είναι υλικά που δεν αναφλέγονται και καθυστερούν τη μετάδοση της φωτιάς.

Παρουσιάζουν ευκολία στον τεμαχισμό τους σε αντίθεση με τους απλούς τσιμεντόλιθους. Ο τεμαχισμός τους ενδείκνυται πάντως να γίνεται με πριόνι και η διάνοιξη διαύλων για τη διέλευση σωληνώσεων υδραυλικών εγκαταστάσεων και ηλεκτρικών καλωδιώσεων με ειδικά μηχανήματα και όχι με κρουστικά εργαλεία.

### Συνδυασμοί τούβλων και θερμομονωτικών υλικών

Στην κατηγορία των θερμομονωτικών τούβλων θα μπορούσε να ενταχθεί και μια σειρά τούβλων, που έχουν αντικαταστήσει μια ενδιάμεση σειρά οπών με κάποιο θερμομονωτικό υλικό. (εικόνα 11) Έτσι, είναι σαν να παράγουν έτοιμο ένα δικέλυφο δομικό στοιχείο με θερμομόνωση στον πυρήνα (αφρό πολυουρεθάνης, αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη). Τα δυο κελύφη σε άλλα υλικά ενώνονται μεταξύ τους με το λεπτό φλοιό του δομικού υλικού και σε άλλα είναι κολλημένα στο θερμομονωτικό υλικό, δημιουργώντας ένα ενιαίο σώμα.



Εικόνα 11 Τούβλα με ενσωματωμένη μόνωση.

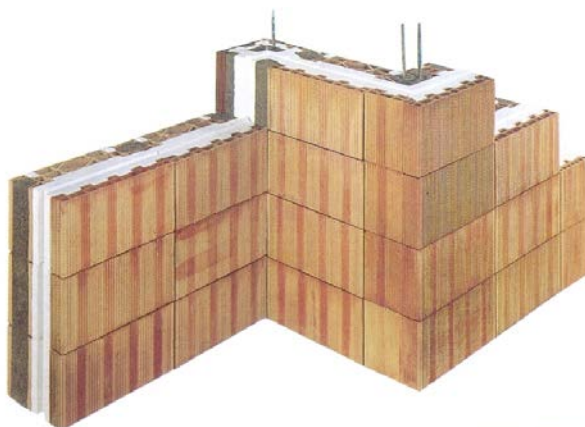
Στο εμπόριο οι συνδυασμοί τούβλων - θερμομονωτικών υλικών κυκλοφορούν σε πολλές διαστάσεις, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των διαφόρων εταιριών. χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοιχοποιιών πλήρωσης, χωρίς τη χρήση κάποιου άλλου θερμομονωτικού υλικού. Εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίονται με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται και στα κοινά τούβλα (εικόνα 12).

Στα υλικά αυτά θα μπορούσε να προσδώσει κανείς τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των θερμομονωτικών τούβλων. Επιπλέον, όμως, θα μπορούσε να προσάψει το αρνητικό της δημιουργίας ενός πλέγματος θερμογεφυρών στη θέση της συνένωσης των δύο κελυφών με το λεπτό φλοιό του βασικού δομικού υλικού.

### **Ιδιότητες τούβλων με ενσωματωμένη μόνωση**

Συνδυάζουν τις ιδιότητες των κοινών τούβλων και του θερμομονωτικού υλικού, που επιλέγεται να τοποθετηθεί στη μάζα τους. Το βάρος τους ελάχιστα διαφέρει από των κοινών τούβλων. Τα τούβλα δεν καίγονται και δεν διαδίδουν τη φωτιά, όμως το θερμομονωτικό υλικό συμπεριφέρεται ανάλογα με τις ιδιότητές του (εικόνα 12). Το ίδιο ισχύει για τη συμπεριφορά τους έναντι των χημικών ουσιών, των εντόμων, των τρωκτικών κτλ. Παραλαμβάνουν υψηλά φορτία, γραμμικά και μοναχικά και γενικώς παρουσιάζουν στις καταπονήσεις ιδιότητες παρεμφερείς με των κοινών τούβλων.

Η θερμική προστασία που προσδίδουν στην κατασκευή ποικίλλει και εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο θερμομονωτικό υλικό. Οι συντελεστές  $\Lambda$  ή  $k$  που δίνουν οι κατασκευάστριες εταιρίες καλύπτουν (στις περισσότερες περιπτώσεις οριακά) τις απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης.



**Εικόνα 12 Σύστημα δόμησης με δομικά κεραμικά στοιχεία με ενσωματωμένη μόνωση.**

Σ' αυτή την κατηγορία των τούβλων δεν μπορεί να οριστεί συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, επειδή αποτελούν σύνθεση υλικών με διαφορετικό συντελεστή. Πάντως, έναντι της υγρασίας συμπεριφέρονται ικανοποιητικά. Τα τούβλα απορροφούν την υγρασία, έχουν όμως τη δυνατότητα πολύ εύκολα να την επαναποδώσουν στην ατμόσφαιρα και να στεγνώσουν. Το θερμομονωτικό υλικό που συνήθως χρησιμοποιούν είναι απρόσβλητο από την υγρασία, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος συγκράτησης νερού. Επιτρέπουν την "αναπνοή" των τοίχων, αφήνοντας τους υδρατμούς να διαχέονται σχετικά εύκολα μέσω αυτών.

### Περλίτης

Πρόκειται για υαλώδες ορυκτό υλικό ηφαιστειακής προέλευσης, το οποίο αποτελεί την πρώτη ύλη για ποικιλία οικοδομικών εφαρμογών. Κύρια συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) και το οξείδιο του αργιλίου ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ενώ περιέχει ακόμη οξείδια του σιδήρου, του ασβεστίου, του νατρίου, του καλίου κ.ά.

Από το φυσικό περλίτη προκύπτει ο διογκωμένος περλίτης. Με αφυδάτωση σε υψηλές θερμοκρασίες, (μέχρι  $900^\circ\text{C}$ ), το υλικό διογκώνεται κατά 10 ως 20 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους διαμέτρου 0,5 ως 5,0 mm. Δημιουργείται έτσι ένα κοκκώδες υλικό με πολλές κλειστές κυψελίδες γεμάτες αέρα που του προσδίδουν μικρό βάρος και θερμομονωτικές ιδιότητες.

Χρησιμοποιείται σε ξηρή μορφή, ως περλιτόδεμα, και επίσης για την κατασκευή θερμομονωτικών κονιαμάτων.

- Στην ξηρή του μορφή εφαρμόζεται χύμα στα διάκενα μεταξύ διπλών τοίχων, σε πατώματα, σε κανάλια θερμοαγωγών, σε σωληνώσεις και σε ψυκτικούς θαλάμους. Το υλικό με μικρό ειδικό βάρος ( $50$  ως  $60 \text{ kg/m}^3$ ) είναι κατάλληλο ως θερμομονωτικό για χαμηλές θερμοκρασίες (ως  $-200^\circ\text{C}$ ), όπως για παράδειγμα στην αποθήκευση και μεταφορά υγραερίου, υγροποιημένου οξυγόνου, αζώτου, μεθανίου κτλ. Χρησιμεύει επίσης στην κατασκευή θερμομονωτικών τούβλων και ελαφρών προκατασκευασμένων στοιχείων .

- Ως περλιτόδεμα χρησιμοποιείται σε δώματα, σε δάπεδα, σε οροφές κάτω από στέγες, σε κεκλιμένες στέγες, επάνω από άλλα θερμομονωτικά υλικά για τη διαμόρφωση κλίσεων και για εξομαλύνσεις της επιφάνειας. Λόγω του σχετικά υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας απαιτεί μεγάλη πάχη για να καλύψει τις απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης.

Καλό είναι το περλιτόδεμα να συνοδεύει κάποιο άλλο θερμομονωτικό υλικό. Τα πολύ ελαφρά μείγματα περλιτοδέματος προσφέρονται για θερμομόνωση μόνο των επισκέψιμων και όχι των βατών δωματίων .

- Ως θερμομονωτικό επίχρισμα χρησιμοποιείται εσωτερικά ή εξωτερικά, καθώς και σε χώρους που απαιτούν υψηλή πυροπροστασία. Συμβάλλει στην αποφυγή θερμογεφυρών, ιδίως στις θέσεις των αρμών. Πάντως τα επιχρίσματα περλίτη ("περλοσοβάδες") σε καμιά περίπτωση δεν επαρκούν από μόνα τους για να προσδώσουν στην τοιχοποιία την απαιτούμενη από τον κανονισμό θερμική προστασία.

### **Σημείο ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση του περλίτη**

- Ο περλίτης σε ξηρή μορφή, σε κατακόρυφα στοιχεία, παρουσιάζει συχνά το φαινόμενο της καθίζησης. Γι' αυτό πρέπει η αρχική ποσότητα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα να συμπληρώνεται με νέες μικρές ποσότητες, που θα καλύπτουν τα σχηματιζόμενα κενά.

- Κατά την παρασκευή των περλιτοδεμάτων θα πρέπει να τηρούνται πιστά οι υποδείξεις των παραγωγών εταιριών, τόσο ως προς τις αναλογίες των υλικών, όσο και ως προς τον τρόπο ανάμειξης τους και διάστρωσης του τελικού προϊόντος. Αποκλίσεις από αυτές δημιουργούν συχνά κατασκευαστικές αστοχίες.

- Για την ανάμειξη του περλίτη με τα άλλα υλικά του περλιτοδέματος προτιμότερη είναι η χρήση της μπετονιέρας και όχι της αντλίας σκυροδέματος. Σε κάθε περίπτωση, το μείγμα πρέπει να έχει αρκετή πλαστικότητα και στην τελική του μορφή να μην έχει περισσέψει νερό.

### **Ιδιότητες περλίτη και περλιτοδέματος**

Οι κόκκοι περλίτη έχουν λευκό χρώμα με ελαφριά απόχρωση προς το φαιό. Είναι άοσμο υλικό και το φαινόμενο ειδικό του βάρους κυμαίνεται από 50 ως 140 kg/m<sup>3</sup> αναλόγως του τύπου του. Σε μορφή περλιτοδέματος (ανάμειξη περλίτη με τσιμέντο) το φαινόμενο ειδικό βάρους του ανέρχεται στα 300 ως 600 kg/m<sup>3</sup>, αναλόγως της αναλογίας ανάμειξης του τσιμέντου με τον περλίτη.

Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, δεν σαπίζει και δεν αναπτύσσει μύκητες. Παρουσιάζει σταθερότητα όγκου και πρακτικά έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής.

Ο διογκωμένος περλίτης δεν έχει υψηλή μηχανική αντοχή, γι' αυτό καλό είναι να αποφεύγεται επ' αυτού η άσκηση υψηλών μοναχικών φορτίων. όταν βρίσκεται σε ανώτερες στρώσεις των δομικών στοιχείων και δεν προστατεύεται από άλλες ισχυρής αντοχής, που θα μπορέσουν να παραλάβουν αυτά τα φορτία και να τα μεταφέρουν ως γραμμικά. Αντιθέτως, τα περλιτοδέματα παρουσιάζουν υψηλότερη αντοχή αναλόγως της περιεκτικότητας τσιμέντου.

Δεν επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Παρουσιάζει επίσης αδράνεια έναντι χημικών ουσιών (οξέα, καταλύτες κτλ.) και δεν προσβάλλει τα μέταλλα.

Είναι άκαυστο υλικό και δε μεταδίδει τη φωτιά. Μπορεί να αντέξει σε υψηλές θερμοκρασίες που φθάνουν τους 1200°C (σημείο τήξης 1250°C).

Όμως ο φυσικός περλίτης δεν πρέπει να εκτίθεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 800°C. επειδή διογκώνεται και θραύεται .

- Ο διογκωμένος περλίτης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στους 10°C:

- σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης  $\lambda = 0,064 \text{ W/(mK)}$ ,

- σύμφωνα με τις εταιρίες παραγωγής  $\lambda = 0,040 - 0,056 \text{ W/(mK)}$  .

- Το περλιτόδεμα έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στους 10°C

σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Για κατ' όγκο αναλογία τσιμέντου - περλίτη

Σύμφωνα με τον κανονισμό  
παραγωγής

1:4  $\lambda=0,198\text{W/(mK)}$

1:5  $\lambda=0,163\text{W/(mK)}$

1:6  $\lambda = 0,145 \text{ W/(mK)}$

1:7  $\lambda = 0,134 \text{ W/(mK)}$

1:8  $\lambda = 0,128 \text{ W/(mK)}$

1:20  $\lambda = 0,081 \text{ W/(mK)}$

Σύμφωνα με τις εταιρίες

$\lambda=0,124\text{W/(mK)}$

$\lambda=0,105\text{W/(mK)}$

$\lambda = 0,097\text{W/(mK)}$

$\lambda = 0,093 \text{ W/(mK)}$

$\lambda = 0,090 \text{ W/(mK)}$

Οι τιμές του κανονισμού ανταποκρίνονται σε σχετική ξηρότητα, ενώ οι τιμές που δίνουν οι εταιρίες σε ξήρανση δοκιμών εργαστηρίου μέχρι σταθερού βάρους στους 105°C.

Ο περλίτης θεωρητικά δεν προσβάλλεται εύκολα από την υγρασία και επιτρέπει τη διάχυση των υδρατμών. Ωστόσο, σε περίπτωση συμπύκνωσης των υδρατμών η υγρασία δύσκολα απομακρύνεται.



### Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση των θερμομονωτικών υλικών

Ένας σημαντικός παράγοντας που οφείλει να συνυπολογίζεται για την επιλογή του θερμομονωτικού υλικού είναι η "φιλικότητα" του προς το περιβάλλον. Θα πρέπει δηλαδή να συνυπολογίζεται κατά πόσο επιβαρύνει άμεσα ή έμμεσα το περιβάλλον. Διότι τα θερμομονωτικά υλικά συνεισφέρουν μεν στην προστασία του περιβάλλοντος με τη μείωση των θερμικών απωλειών και κατά συνέπεια με τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, άρα και τη μείωση της κατανάλωσης των ενεργειακών αποθεμάτων της γης και τον περιορισμό των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων. Δεν παύουν όμως να επιβαρύνουν το περιβάλλον κατά τη διαδικασία παραγωγής τους με την κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας και κατά την απόθεσή τους ως άχρηστα πλέον υλικά μετά την ολοκλήρωση του κύκλου της ζωής τους.

Σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει αναπτυχθεί ένα γενικότερο ενδιαφέρον στον τομέα αυτό που εκδηλώνεται τόσο από πλευράς πολιτείας με τη λήψη μέτρων περιβαλλοντικής προστασίας, όσο και από πλευράς πολιτών που επιδεικνύουν ιδιαίτερες ευαισθησίες σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος. Οι κατασκευαστές των υλικών υποχρεώνονται με την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του κτιρίου στην αποκομιδή των οικοδομικών προϊόντων, με τελικό στόχο την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίηση τους. Η υποχρέωση αυτή έχει περάσει και ως επιπλέον κόστος στο κόστος αγοράς του υλικού, στο οποίο επίσης συνυπολογίζεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος τόσο κατά το στάδιο της παραγωγής του, όσο και κατά τη διάρκεια της χρήσης του. Δυστυχώς, στην Ελλάδα δεν υπάρχει ακόμη η ανάλογη ευαισθητοποίηση. με αποτέλεσμα ο παράγοντας περιβαλλοντικό κόστος να μην συνυπολογίζεται σχεδόν ποτέ στην επιλογή του θερμομονωτικού υλικού. Τα λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον υλικά (αφρώδη οργανικά υλικά) καταλαμβάνουν σήμερα τη μερίδα του λέοντος στις πωλήσεις των εταιριών παραγωγής και εμπορίας θερμομονωτικών υλικών.

### **1.3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

#### **ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ**

##### **Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης**

Η τοιχοποιία καταλαμβάνει κατά κανόνα το μεγαλύτερο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτιρίου. Επομένως, όταν αυτή δεν είναι θερμομονωμένη, παρουσιάζει μεγάλες θερμικές απώλειες. Η θερμομόνωση μιας τοιχοποιίας μπορεί να επιτευχθεί με 4 εναλλακτικούς τρόπους:

- Με τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης στην εσωτερική πλευρά της τοιχοποιίας. Πρόκειται για μονοκέλυφη κατασκευή, στην οποία η θερμομονωτική στρώση έχει εξωτερικά το σύνολο της μάζας της τοιχοποιίας και καλύπτεται εσωτερικά από κάποιο επίχρισμα, από γυψοσανίδα, μοριοσανίδα ή άλλο ελαφρό πέτασμα.

- Με τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας. Αποτελεί μονοκέλυφη κατασκευή, στην οποία το σύνολο της μάζας της τοιχοποιίας βρίσκεται εσωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης και αυτή καλύπτεται εξωτερικά από επίχρισμα, μεταλλικό φύλλο, αδιάβροχο ελαφρό πέτασμα, ορθομαρμάρωση ή άλλου τύπου πλάκες.

- Με τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας. Είναι δικέλυφη κατασκευή που έχει ένα κέλυφος εσωτερικά και ένα εξωτερικά και στο ενδιάμεσο τη θερμομονωτική στρώση.

- Με τη χρήση θερμομονωτικών τούβλων, τσιμεντότουβλων ή άλλων θερμομονωτικά αυτοδύναμων μονάδων. Η κατασκευή είναι μονοκέλυφη και τα ίδια τα δομικά υλικά παίζουν και το ρόλο της θερμομονωτικής στρώσης.

Ο κανονισμός θερμομόνωσης δεν επιβάλλει την εφαρμογή κάποιου από τους παραπάνω τρόπους. Απαιτεί μόνο την τήρηση του ορίου του συντελεστή θερμοπερατότητας  $k$  για την τοιχοποιία. Ομοίως, η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στους τρεις πρώτους τρόπους, δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα του υπολογισμού στη μελέτη θερμομόνωσης, επειδή ο κανονισμός αντιμετωπίζει το πρόβλημα με τη στατική και όχι με τη δυναμική του μορφή. Στην πραγματικότητα όμως, τόσο το είδος της θερμομονωτικής προστασίας, όσο και η θέση του θερμομονωτικού υλικού, επηρεάζουν σημαντικά τη θερμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας.

Ο κάθε τρόπος μπορεί να θεωρηθεί ορθός ή λανθασμένος, ανάλογα με την εφαρμογή και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Είναι επίσης σκόπιμο, όποια λύση κι αν επιλεγεί, να ληφθεί υπόψη η συνεργασιμότητά των υλικών και να εξεταστεί το ενδεχόμενο δημιουργίας προβλημάτων από την εφαρμογή τους. Είναι συχνό το φαινόμενο να εμφανίζονται βλάβες στα κτίρια, που οφείλονται στην ασυμβατότητα των υλικών. Η γνώση των ιδιοτήτων τους θα βοηθήσει στη λήψη των κατάλληλων μέτρων και κυρίως στην αποφυγή σοβαρών λαθών, που συνήθως οφείλονται στη λανθασμένη σειρά τοποθέτησης των διαδοχικών στρώσεων στο δομικό στοιχείο (ανάπτυξη επιφανειακών τάσεων, δημιουργία σχισμών και αποκολλήσεων, εμφάνιση υγρασίας κτλ.).

### **Η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας**

Για την επιλογή του πλέον πρόσφορου τρόπου, το κυριότερο στοιχείο που πρέπει κάποιος να εκτιμήσει είναι η θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας και η ανάγκη αξιοποίησής της ή όχι.

- Αν η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί εξωτερικά, η θερμοχωρητικότητα θα αξιοποιηθεί, επειδή η μάζα των βαρέων υλικών θα βρίσκεται προς την εσωτερική πλευρά και θα προστατεύεται θερμομονωτικά. Αυτό σημαίνει ότι με την έναρξη της θέρμανσης του χώρου θα αντλεί θερμότητα από το εσωτερικό περιβάλλον, καθυστερώντας την άνοδο της θερμοκρασίας, θα την αποταμιεύει ως θερμική μάζα και θα την επαναποδίδει στο χώρο με τη διακοπή της θέρμανσής του.

- Αν η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί εσωτερικά, η θερμοχωρητικότητα δεν θα αξιοποιηθεί, επειδή η μάζα των βαρέων υλικών θα βρίσκεται προς την εξωτερική πλευρά και δεν θα προστατεύεται θερμομονωτικά. Αντιθέτως, η ροή θερμότητας προς αυτήν θα παρεμποδίζεται από τη θερμομονωτική στρώση. Στην περίπτωση αυτή ο χώρος με την έναρξη λειτουργίας της θέρμανσης θα θερμαίνεται πιο σύντομα και με τη διακοπή της θέρμανσης θα ψύχεται ομοίως πιο σύντομα.

- Αν η θερμομόνωση τοποθετηθεί στον πυρήνα επικρατεί μια ενδιάμεση κατάσταση. Η θερμοχωρητικότητα του τμήματος που βρίσκεται εσωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης αξιοποιείται, ενώ αυτού που βρίσκεται εξωτερικά δεν αξιοποιείται .

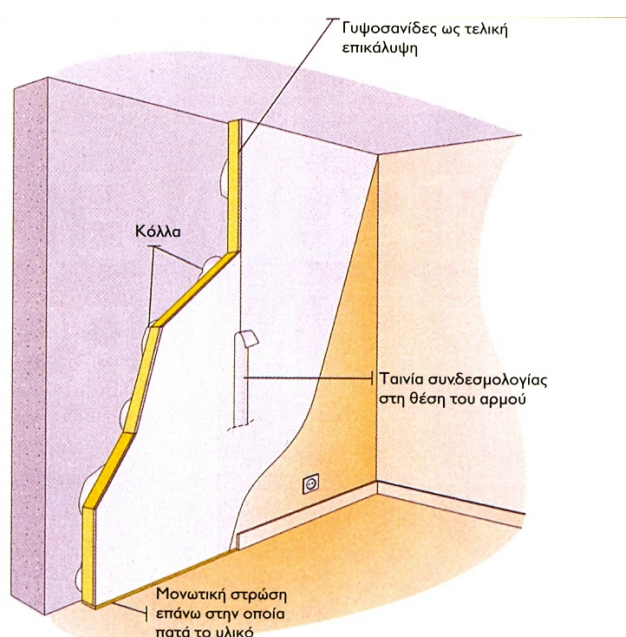
- Αν, τέλος, προτιμηθούν τα θερμομονωτικά τούβλα ή άλλα υλικά με αυξημένες θερμομονωτικές ιδιότητες, αξιοποιείται πλήρως η θερμοχωρητικότητα της μάζας των υλικών. Είναι όμως αυτή μικρότερη επειδή τα υλικά αυτά είναι ελαφρότερα.

Με την εξωτερική τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σχεδόν μηδενίζεται επίσης η πιθανότητα σχηματισμού συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών. Αντιθέτως, ο κίνδυνος αυτός είναι μεγαλύτερος, όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί εσωτερικά. Τα θερμομονωτικά υλικά που επιλέγονται να τοποθετηθούν εξωτερικά, δεν πρέπει να προσβάλλονται από την υγρασία.

Θα πρέπει ωστόσο, να ληφθεί υπόψη ότι σε ορισμένες περιπτώσεις για λόγους αρχιτεκτονικούς π.χ. (αρχιτεκτονικές προεξοχές) ή άλλους λόγους π.χ. (ηλεκτρολογικές ή μηχανολογικές εγκαταστάσεις), κάποιος από τους παραπάνω τρόπους θερμομόνωσης δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί ή σε ακόμη πιο σύνθετες περιπτώσεις η επιλογή του τρόπου αποτελεί μονόδρομο.

### Εσωτερική θερμική προστασία τοιχοποιίας

Προτιμάται σε κτίρια διακοπτόμενης χρήσης στα οποία ζητείται η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης και δεν ενδιαφέρει η θερμοκρασιακή διακύμανση μετά τη διακοπή της λειτουργίας του (δημόσιες υπηρεσίες, σχολεία, αίθουσες εκδηλώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι κτλ.). Είναι επίσης κατάλληλη για εξοχικές κατοικίες, που το χειμώνα χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο τα Σαββατοκύριακα. Εφαρμόζεται, ακόμη, και σε υφιστάμενες κατασκευές, λόγω της ευκολότερης τοποθέτησής της.



**Εικόνα 13 Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας με θερμομονωτικές πλάκες με επικολλημένη γυψοσανίδα.**

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμικής προστασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να στερεωθούν καλά επάνω στην τοιχοποιία (εικόνα 13,σελ.46). Συνήθως είναι σκληρά υλικά και μεταξύ αυτών και του επιχρίσματος παρεμβάλλεται ένα μεταλλικό ή πλαστικό πλέγμα που λειτουργεί ως οπλισμός στο επίχρισμα. Το πλέγμα βοηθάει το επίχρισμα να αναπτύξει καλύτερη συνάφεια με το θερμομονωτικό υλικό και αποτρέπει το σχηματισμό ρωγμών στην επιφάνειά του λόγω συστολοδιαστολών. Ιδίως στα σημεία επαφής ανομοιογενών υλικών (π.χ. σημείο επαφής του θερμομονωτικού υλικού του φέροντα οργανισμού με την τοιχοποιία πλήρωσης).

### **Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εσωτερικής θερμομόνωσης**

#### **Πλεονεκτήματα**

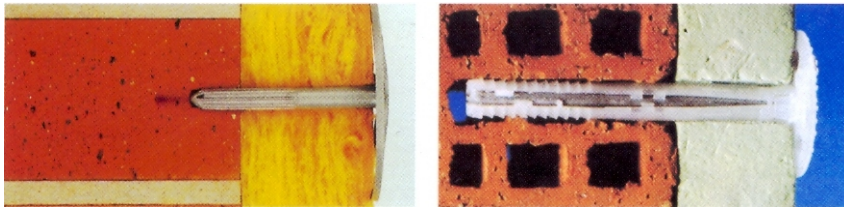
- Ευνοεί τη σύντομη θέρμανση του χώρου.
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερη προστασία των θερμομονωτικών υλικών, αλλά μόνο κάλυψή τους.
- Επιτρέπει την εκτέλεση των οικοδομικών εργασιών υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες.
- Παρέχει πλήρη ελευθερία στην αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων.

#### **Μειονεκτήματα**

- Δεν εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της υφιστάμενης τοιχοποιίας.
- Επιτρέπει τη γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων.
- Επιτρέπει το σχηματισμό θερμογεφυρών, κυρίως στα σημεία διακοπής της τοιχοποιίας από τις πλάκες των ορόφων.
- Αφήνει την τοιχοποιία απροστάτευτη στις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Ευνοεί το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών.

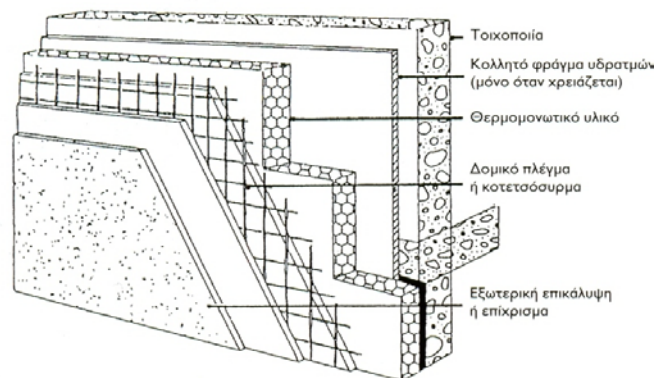
### Εξωτερική θερμική προστασία τοιχοποιίας

Η λύση αυτή προτιμάται σε κτίρια συνεχούς χρήσης (κατοικίες, νοσοκομεία κτλ.), στα οποία είναι επιθυμητή η σταθερή θερμοκρασία και ενδιαφέρει περισσότερο η διατήρηση της θερμότητας μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης, παρά η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης.



**Εικόνα 14 α.** Στερέωση θερμομονωτικής στρώσης με καρφωτό βύσμα σε τοίχο από συμπαγή τούβλα. **β.** Στερέωση θερμομονωτικής στρώσης με εκτατό βύσμα σε τοίχο από διάτρητα τούβλα.

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμικής προστασίας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά που δεν προσβάλλονται από την υγρασία και συνεργάζονται καλά με το επίχρισμα. Και σ' αυτήν την περίπτωση θα πρέπει μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και του επιχρίσματος να παρεμβάλλεται ένα μεταλλικό ή πλαστικό πλέγμα, που λειτουργεί ως οπλισμός στο επίχρισμα και το βοηθάει να αναπτύξει καλύτερη συνάφεια με το θερμομονωτικό υλικό. (εικόνες 14,15) Το πλέγμα βοηθάει επίσης το επίχρισμα να αποφύγει το σχηματισμό ρωγμών στην επιφάνειά του λόγω συστολοδιαστολών, ιδίως στα σημεία επαφής ανομοιογενών υλικών (π.χ. σημείο επαφής του θερμομονωτικού υλικού του φέροντα οργανισμού με την τοιχοποιία πλήρωσης).



**Εικόνα 15** Επίχρισμα σε εξωτερική θερμομόνωση.

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

### Πλεονεκτήματα

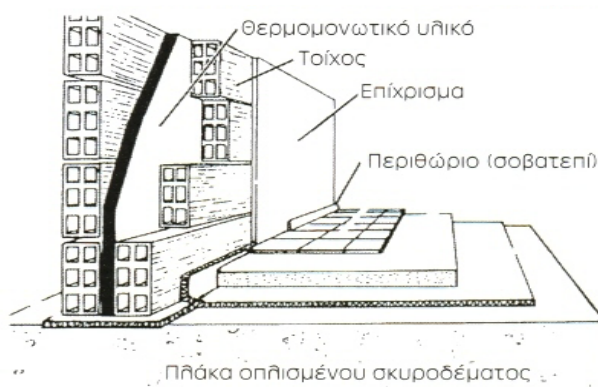
- Εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας.
- Διατηρεί για αρκετό διάστημα, που εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων, τη θερμοκρασία του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων.
- Μειώνει στο ελάχιστο την πιθανότητα σχηματισμού θερμογεφυρών.
- Προστατεύει την τοιχοποιία από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Μειώνει στο ελάχιστο τον κίνδυνο σχηματισμού υγρασίας συμπύκνωσης.
- Αποτρέπει τις ζημιές από υγρασία και παγωνιά σε σωληνώσεις ύδρευσης.

### Μειονεκτήματα

- Καθυστερεί την αρχική θέρμανση του χώρου.
- Ενέχει τον κίνδυνο ρηγματώσεων, αν μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και επιχρίσματος δεν παρεμβληθεί μεταλλικό ή πλαστικό πλέγμα ως οπλισμός ενίσχυσης του επιχρίσματος.
- Εμποδίζει τη διαμόρφωση έντονων αρχιτεκτονικών στοιχείων στο κτίριο.

### Θερμομόνωση στον πυρήνα τοιχοποιίας

Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις κατασκευές και κυρίως σ' αυτές που ενδιαφέρει περισσότερο η διατήρηση της θερμότητας μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης. Τα δύο κελύφη της τοιχοποιίας θα πρέπει μεταξύ τους να συνδέονται με περιδέσμους ενίσχυσης (σενάζ) ανά ένα μέτρο ύψους τουλάχιστον. Και αυτοί οφείλουν ομοίως να είναι θερμομονωμένοι για την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφυρών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα θερμομονωτικά υλικά. Κατά την τοποθέτησή τους θα πρέπει να στερεώνονται καλά επάνω στην τοιχοποιία και να εφάπτονται και στα δύο κελύφη της.



**Εικόνα 16** Θερμομόνωση τοιχοποιίας στον πυρήνα. Δικέλυφη κατασκευή χωρίς διάκενο αερισμού.

## **Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα θερμομόνωσης στον πυρήνα**

### **Πλεονεκτήματα**

- Είναι ευκολότερος ο τρόπος τοποθέτησης των θερμομονωτικών υλικών.
- Δεν επηρεάζεται η θερμομονωτική προστασία του τοίχου από την επίδραση της βροχής.
- Αποτελεί την πιο ισόρροπη μορφή θερμικής προστασίας έναντι του ψύχους το χειμώνα και της ζέστης το καλοκαίρι.
- Συνδυάζει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου (έστω και μερική) και την ελευθερία αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης των όψεων

### **Μειονεκτήματα**

- Δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά. Είναι σύνηθες το φαινόμενο σε τοιχοποιίες με πλημμελή σύνδεση των δύο κελυφών το εξωτερικό κέλυφος να αποσυνδέεται και να πέφτει μετά από μια ισχυρή σεισμική δόνηση.
- Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως, παρά μερικώς, τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας. Ωστόσο, αυτή είναι δυνατό να αυξηθεί αναλόγως με το πάχος του τοίχου του εσωτερικού κελύφους.
- Δεν επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση της υγρασίας, αν το θερμομονωτικό υλικό είναι ευπρόσβλητο και προσβληθεί απ' αυτήν, είτε το αίτιο είναι νερό της βροχής είτε συμπύκνωση λόγω διάχυσης των υδρατμών.

### **Τοιχοποιία με θερμομονωτικά τούβλα**

Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις κατασκευές και κυρίως σ' αυτές που ενδιαφέρει περισσότερο η διατήρηση της θερμότητας μετά τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης.



## **Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τοιχοποιίας με θερμομονωτικά τούβλα**

### **Πλεονεκτήματα**

- Έχει πολύ καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά.
- Υπερτερεί έναντι των δικέλφων κατασκευών. επειδή δεν απαιτεί τη διαμόρφωση περιδέσεων ενίσχυσης (σενάζ).
- Εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας.
- Ευνοεί την αναπνοή των τοίχων και δυσκολεύει το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών.
- Κοστίζει λιγότερο και κατασκευάζεται ταχύτερα.

### **Μειονεκτήματα**

- Έχει μικρότερη θερμοχωρητικότητα.
- Αναπτύσσει χαμηλότερες εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες.
- Για τα συνήθη πάχη τοιχοποιίας παρέχει οριακά την απαιτούμενη θερμική προστασία, που επιβάλλει ο κανονισμός.
- Προσβάλλεται πιο εύκολα από την υγρασία της βροχής, με αποτέλεσμα, όσο είναι βρεγμένη η τοιχοποιία, να παρέχει μειωμένη θερμική προστασία.

### **Δικέλυφη κατασκευή με διάκενο αερισμού**

Αποτελεί παραλλαγή της δικέλυφης κατασκευής με θερμομονωτική στρώση στον πυρήνα. Το διάκενο αφήνεται μεταξύ της θερμομονωτικής στρώσης και του εξωτερικού κελύφους και επικοινωνεί με τον εξωτερικό αέρα με οπές ή σχισμές, που βρίσκονται στο άνω και κάτω μέρος του εξωτερικού κελύφους. Η ύπαρξη του διακένου επιτελεί διπλό σκοπό:

- Αφενός παρεμποδίζει το νερό της βροχής, που ενδεχομένως προσβάλλει το εξωτερικό κέλυφος, να φτάσει μέχρι τη θερμομονωτική στρώση και
- αφετέρου απομακρύνει τους διαχεόμενους υδρατμούς από το εσωτερικό του κτίσματος και παρεμποδίζει το σχηματισμό υγρασίας συμπύκνωσης.

Το εξωτερικό κέλυφος μπορεί να αποτελείται από οπτοπλινθοδομή, όπως και το εσωτερικό, μπορεί όμως ακόμη να αποτελείται από αναρτημένα πετάσματα, μαρμαρόπλακες και άλλα ανάλογα δομικά στοιχεία.

Σε μια τέτοια κατασκευή πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την καλή και ασφαλή στερέωση του εξωτερικού κελύφους της κατασκευής. Επίσης, προκειμένου να παρεμποδιστεί η είσοδος στο διάκενο πουλιών, εντόμων και τρωκτικών, θα πρέπει να τοποθετείται στην είσοδο των οπών στο άνω και κάτω μέρος του τοίχου πυκνό προστατευτικό πλέγμα.

### **ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ**

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

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

#### **Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης ανάλογα με τον τύπο του δώματος**

Στο δώμα η θερμομονωτική στρώση στόχο έχει να παρέχει στο κέλυφος θερμική προστασία και να προφυλάσσει τη φέρουσα πλάκα και τους εσωτερικούς χώρους από τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος.

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού εξαρτάται από τον τύπο του δώματος, που πρόκειται να κατασκευαστεί. Αρκεί να εξασφαλιστεί ότι η θερμομονωτική στρώση μπορεί να φέρει το βάρος των υπερκείμενων στρώσεων.

Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης προκύπτει από υπολογισμό, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων.

### Συμβατικά δώματα

Είναι ο πλέον συνήθης τύπος στη χώρα μας. Πρόκειται για μονοκέλυφη κατασκευή, με κύριο χαρακτηριστικό την τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης σε υπερκείμενη θέση της θερμομονωτικής, ώστε να την προστατεύει από τα νερά της βροχής. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται συνήθως επάνω από τη φέρουσα πλάκα ή επάνω από τη στρώση των κλίσεων.

Στο συμβατικό δώμα μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν όλα τα υλικά (σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα, διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστυρόλη, πολυουρεθάνη σε αφρό ή σκληρές πλάκες, ξυλόμαλλο σε απλές πλάκες ή σε τύπο σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης, περλίτης κτλ.).

Εφόσον πάντως επιλεγεί υλικό, το οποίο προσβάλλεται από την υγρασία και η στρώση των κλίσεων διαστρωθεί επάνω από αυτό, θα πρέπει μεταξύ των δύο να μεσολαβήσει μια προστατευτική μεμβράνη, συνήθως φύλλο πολυαιθυλενίου, για προστασία από τα νερά της κατασκευής.

### Αντεστραμμένα δώματα

Λιγότερο συνηθισμένη κατασκευή, αλλά με αρκετές εφαρμογές.

Η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται σε υπερκείμενη θέση της στεγανοποίησης και την προστατεύει από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται επάνω από τη στεγανοποιητική στρώση.

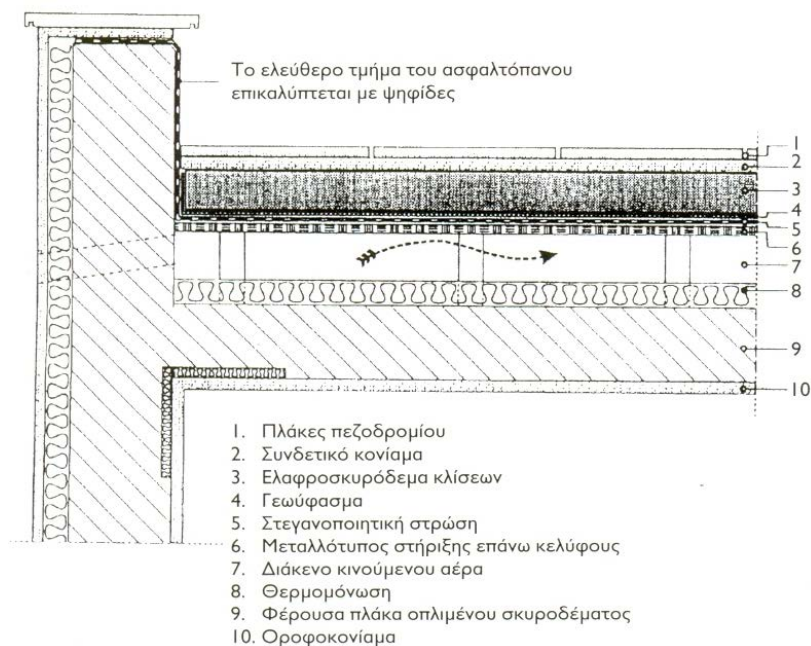
Στο αντεστραμμένο δώμα μπορούν να εφαρμοστούν μόνον όσα θερμομονωτικά υλικά είναι απρόσβλητα από την υγρασία.

### Αεριζόμενα δώματα

Αποτελείται από δύο κελύφη ανεξάρτητα μεταξύ τους, στο ενδιάμεσο διάστημα των οποίων κυκλοφορεί ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το άνω κέλυφος αποσκοπεί κυρίως στη στεγανοποιητική προστασία του κτιρίου, ενώ το κάτω κέλυφος στη θερμομονωτική του προστασία. Ο αέρας στο ενδιάμεσο διάκενο επικοινωνεί μέσω οπών ή σχισμών με το εξωτερικό περιβάλλον και βοηθά στην απομάκρυνση των διαχεόμενων υδρατμών από τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.

(εικόνα 17, σελ.54)

Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται στον κάτω φλοιό, επάνω από τη φέρουσα πλάκα.



**Εικόνα 17 Δικέλυφο αεριζόμενο δώμα. Στο κάτω κέλυφος υπάρχει η θερμομόνωση που δεν πρέπει να καλυφθεί με καμία στρώση, που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως φράγμα υδρατμών.**

**Ο ενδιάμεσος των δυο κελύφων χώρος αερίζεται πλευρικά από τη θέση του στηθαίου. Η στεγανοποίηση βρίσκεται στο επάνω κέλυφος.**

Στο αεριζόμενο δώμα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν όλα τα υλικά, επειδή δεν κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. Πρέπει πάντως να διασφαλιστεί ότι το ενδιάμεσο των δύο φλοιών διάκενο αέρα δεν θα αποτελέσει καταφύγιο πτηνών, τρωκτικών ή εντόμων, που καταστρέφουν τα διάφορα οργανικά υλικά. Για το λόγο αυτό ενδείκνυται περισσότερο η χρήση ορυκτών ανόργανων υλικών.

### **Θερμομόνωση κάτω από τη φέρουσα πλάκα**

Η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετηθεί και κάτω από τη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, αν οι συνθήκες το απαιτούν, όπως για παράδειγμα σε μια υφιστάμενη κατασκευή, της οποίας η χρήση του δώματος δεν επιτρέπει την εκτέλεση οικοδομικών εργασιών. Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης δεν επηρεάζει θεωρητικά τη θερμομονωτική αξία του υλικού, επηρεάζει όμως την παρεχόμενη μορφή θερμομονωτικής προστασίας.

Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης κάτω από την πλάκα δεν επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υπερκείμενων συμπαγών στρώσεων (φέρουσας πλάκας και στρώσης κλίσεων). Έτσι, οι εσωτερικοί χώροι θερμαίνονται ή ψύχονται σύντομα. Οι υπερκείμενες στρώσεις δέχονται επίσης έντονη θερμική καταπόνηση λόγω μεγάλων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων. Οι συνέπειες αυτές γίνονται περισσότερο αντιληπτές το καλοκαίρι, όταν η έντονη ηλιακή ακτινοβολία υπερθερμαίνει την πλάκα και η θερμομόνωση αδυνατεί να προσφέρει ικανοποιητική προστασία, ώστε να συμβάλει στο δροσισμό των εσωτερικών χώρων.

Αντιθέτως, όταν η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται επάνω από τη φέρουσα πλάκα, επιτυγχάνεται η εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητάς της. Η θερμική καταπόνηση της πλάκας είναι πλέον σαφώς περιορισμένη και επιτρέπει το καλοκαίρι τη διαμόρφωση πιο άνετου εσωκλίματος.

### **ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΞΥΛΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ**

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

- **Τη στέγη που διαμορφώνει και την οροφή του εσωτερικού χώρου.** Μεταξύ εσωτερικού λειτουργικού χώρου και στέγης δεν μεσολαβεί άλλο επίπεδο και η στέγη είναι ορατή από τον εσωτερικό χώρο. Στις δύο εναλλαγές του ο εσωτερικός χώρος μπορεί να είναι ο τελευταίος όροφος του κτιρίου ή μια σοφίτα επάνω απ' αυτόν. Η θερμική προστασία αναπτύσσεται τότε στο κεκλιμένο επίπεδο της στέγης.

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

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

### **Θερμομόνωση οροφής σκυροδέματος κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη**

Στην περίπτωση αυτή θερμομονώνονται η οριζόντια πλάκα σκυροδέματος, που βρίσκεται κάτω από τη στέγη. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά. Είναι απλούστατη κατασκευή και αν γίνει προσεκτικά, δεν απαιτείται εξειδικευμένο συνεργείο. Η θερμομονωτική στρώση απλώς τοποθετείται επάνω στην πλάκα του σκυροδέματος, που προηγουμένως έχει εξομαλυνθεί και καθαριστεί. Εφόσον πρόκειται για θερμομονωτικό υλικό υπό μορφή πλακών, ως βαρίδια τοποθετούνται επάνω στη θερμομονωτική στρώση και σε τακτά διαστήματα κάποια τούβλα ή άλλα βαριά υλικά. Η θερμομονωτική στρώση πρέπει να παραμείνει ελεύθερη και να μην επικαλυφθεί με φύλλα πολυαιθυλενίου (νάιλον) ή άλλα αδιαπέραστα από τους υδρατμούς υλικά, διότι μπορεί να προκληθεί συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών από τον εσωτερικό χώρο.

### **Εσωτερική θερμομόνωση ξύλινης στέγης**

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης προτιμώνται συνήθως ινώδη οργανικά ή ανόργανα υλικά (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, πλάκες φυτικών ινών, ξυλόμαλλο, σάντουιτς ξυλόμαλλου-διογκωμένης πολυστερίνης, κτλ) ή αφρώδη υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη κτλ.).

Οι θερμομονωτικές πλάκες καρφώνονται ή στερεώνονται με αγκύρια ανάμεσα στους αμείβοντες ή κάτω από αυτούς. Αναλόγως του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος καλύπτονται με γυψοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολλητές πλάκες ξύλου ή με άλλα πετάσματα, που στερεώνονται με καρφιά ή βύσματα επάνω στους αμείβοντες.

Στην περίπτωση που το θερμομονωτικό υλικό τοποθετηθεί κάτω από τους αμείβοντες, στις πλευρές των αμειβόντων βιδώνονται μικρά ελάσματα για τη συγκράτηση ενός ξύλινου ή μεταλλικού καννάβου, επάνω στον οποίο στερεώνονται οι πλάκες επικάλυψης.

Είναι σκόπιμο οι επικαλυπτικές πλάκες από τη μη εμφανή πλευρά τους (αυτή που βλέπει προς τη θερμομόνωση) να έχουν ένα αδιαπέραστο από τους υδρατμούς υλικό (φύλλο νάιλον, επάλειψη κτλ.) που θα λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών και θα παρεμποδίζει ενδεχόμενη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών στο εσωτερικό της στέγης. Το φράγμα υδρατμών μπορεί να παραλειφθεί, αν η στέγη είναι αεριζόμενη.

### Εξωτερική θερμομόνωση ξύλινης στέγης

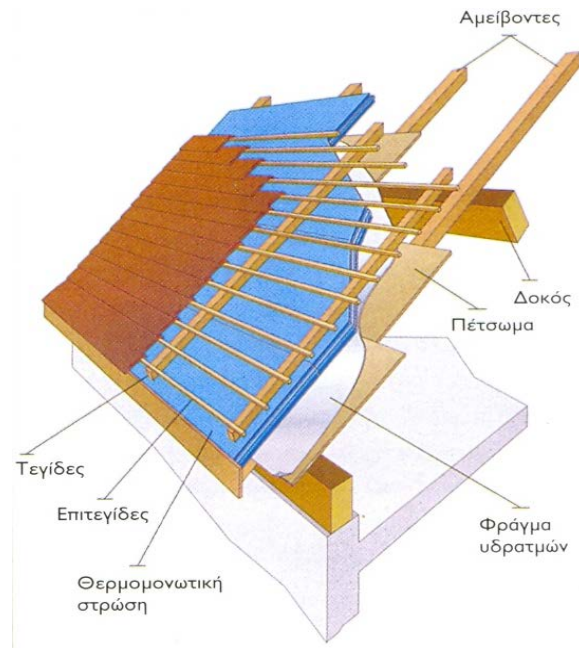
Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης προτιμώνται συνήθως αφρώδη υλικά, που δεν προσβάλλονται από την υγρασία (αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη κτλ.). Μπορεί όμως να τοποθετηθεί και κάθε άλλο υλικό εφόσον ληφθεί μέριμνα για προστασία του από τα νερά της βροχής. Η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί κάτω από τη στεγανοποίηση της στέγης (συμβατικού τύπου) ή επάνω από αυτήν (αντεστραμμένου τύπου).

#### • Συμβατικού τύπου εξωτερική θερμομόνωση

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

#### • Αντεστραμμένου τύπου εξωτερική θερμομόνωση

Διαμορφώνεται ομοίως ένα ξύλινο υπόστρωμα από σανίδες που καρφώνονται επάνω στους αμείβοντες και επάνω σ' αυτό καρφώνεται ή συγκολλείται μια στεγανή μεμβράνη. Στην περίπτωση όμως του αντεστραμμένου τύπου η μεμβράνη αυτή λειτουργεί ταυτόχρονα ως φράγμα υδρατμών και στεγανοποιητική στρώση. (εικόνα 18, σελ. 58) Με ξύλινα καδρόνια διαμορφώνεται ένας κάρναβος, στα ενδιάμεσα κενά του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Εναλλακτικά μπορεί να καλυφθεί με ξύλινο υπόστρωμα ή να μείνει ελεύθερη. Και στις δύο περιπτώσεις τοποθετούνται οι ξύλινοι πήχεις και επάνω σ' αυτούς στερεώνονται τα κεραμίδια.



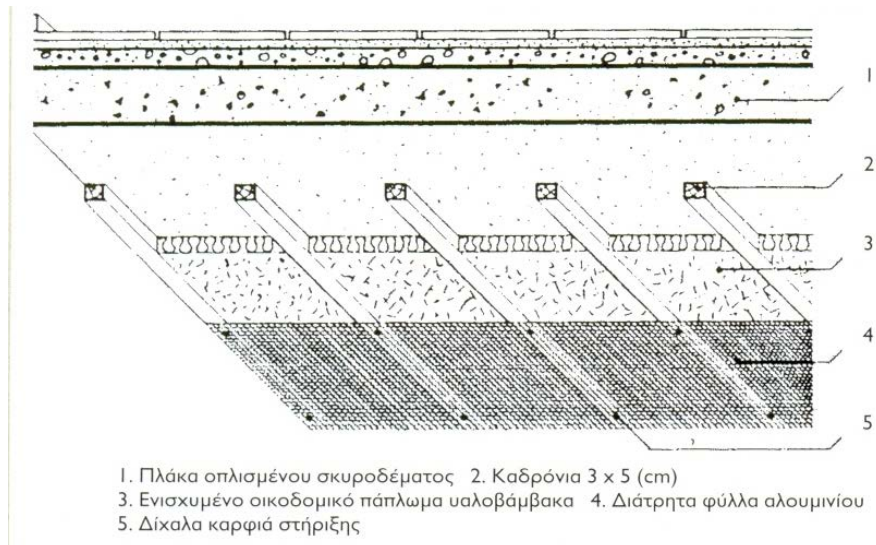
**Εικόνα 18** Στην κατασκευή αντεστραμμένου τύπου η στεγανοποιητική στρώση παίζει ταυτόχρονα και το ρόλο φράγματος υδρατμών.

### Μόνωση στέγης από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος

#### Εσωτερική θερμομόνωση

Προτιμώνται συνήθως ινώδη οργανικά ή ανόργανα υλικά (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, πλάκες φυτικών ινών, ξυλόμαλλο, σάντουιτς ξυλόμαλλου-διογκωμένης πολυστερίνης, κτλ.) ή αφρώδη υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη κτλ.). Στην εσωτερική πλευρά της πλάκας αναπτύσσεται ένας ξύλινος ή μεταλλικός κάρναβος, από λεπτούς πήχεις, που στερεώνεται σ' αυτήν με ισχυρά βύσματα ή προτοποθετημένα άγκιστρα. (εικόνα 19, σελ.59) Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού στερεώνονται στα ενδιάμεσα κενά του κάρναβου με βύσματα ή επικολλώνται με κόλλα, που δεν προσβάλλει τα αφρώδη υλικά (π.χ. τσιμεντόκολλα).





**Εικόνα 19** Θερμομόνωση στέγης από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος υπό κλίση από την εσωτερική της πλευρά. Η όλη κατασκευή θα καλυφθεί από ένα σανίδωμα ορατό από την εσωτερική πλευρά.

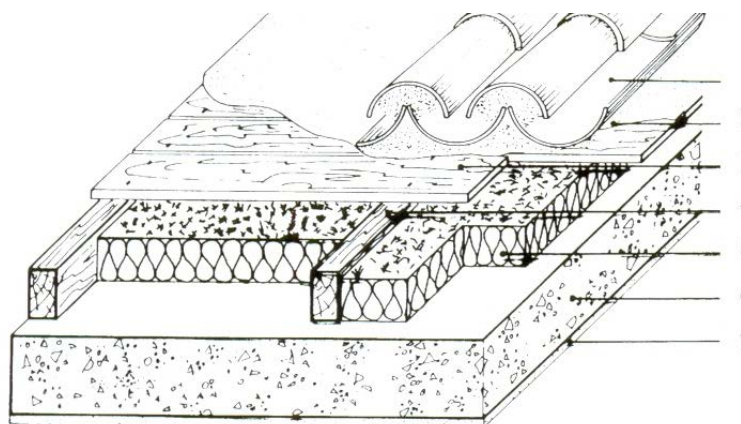
Αναλόγως του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος η όλη κατασκευή επενδύεται με γυψοσανίδες, μοριοσανίδες, ινοσανίδες, αντικολητές πλάκες ξύλου ή με άλλα πετάσματα, που στερεώνονται επάνω στους πήχεις του καννάβου. Σε περίπτωση που η θερμομονωτική στρώση είναι διογκωμένη πολυστερίνη ή αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη μπορεί να τοποθετηθεί εξαρχής στον ξυλότυπο και με την έγχυση και σκλήρυνση του σκυροδέματος να γίνει ένα σώμα μ' αυτό. Αν ως θερμομονωτικό υλικό επιλεγεί το ξυλόμαλλο μπορεί να αποτελέσει τον ξυλότυπο της κατασκευής και στη συνέχεια να παραμείνει και να μην αποκολληθεί.

### **Εξωτερική θερμομόνωση**

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης προτιμώνται συνήθως αφρώδη υλικά, που δεν προσβάλλονται από την υγρασία (αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη κτλ). Μπορεί όμως να τοποθετηθεί και κάθε άλλο υλικό, εφόσον ληφθεί μέριμνα για προστασία του από τα νερά της βροχής. Όπως και στην ξύλινη στέγη, η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί κάτω από τη στεγανοποίηση της στέγης (συμβατικού τύπου) ή επάνω από αυτήν (αντεστραμμένου τύπου).

### • Συμβατικού τύπου εξωτερική θερμομόνωση

Επάνω στη στέγη διαμορφώνεται κάρναβος από ξύλινα καδρόνια, στα διάκενα του οποίου τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Η κατασκευή επικαλύπτεται με ξύλινο υπόστρωμα (πέτσωμα), επάνω στο οποίο καρφώνεται η στεγανοποιητική στρώση. Αυτή αποτελείται από ασφαλική ή πλαστική μεμβράνη και καρφώνεται με πλατυκέφαλα καρφιά και αφού στη θέση του κάθε καρφιού παρεμβληθεί ροδέλα συνθετικού καουτσούκ ή άλλου ελαστικού υλικού. Στόχος της ροδέλας είναι να παρεμποδίζει την πιθανή διείσδυση νερού από τις θέσεις των οπών που ανοίγονται στη μεμβράνη. Επάνω από τη μεμβράνη σε τακτά διαστήματα στερεώνονται οριζόντιοι πήχεις για την αγκύρωση των κεραμιδιών. Για τον ίδιο λόγο (προστασία από διείσδυση νερών της βροχής) μεταξύ της στεγανοποιητικής μεμβράνης και των οριζόντιων πήχων θα πρέπει να παρεμβάλλονται λεπτές λωρίδες συνθετικού καουτσούκ ή άλλου ελαστικού υλικού (εικόνα 20). Εναλλακτικά, το πέτσωμα μπορεί να παραλειφθεί. Σ' αυτή την περίπτωση η στεγανοποιητική στρώση στερεώνεται επάνω στα ξύλινα καδρόνια και οι οριζόντιοι πήχεις καρφώνονται πάλι επάνω απ' αυτήν.



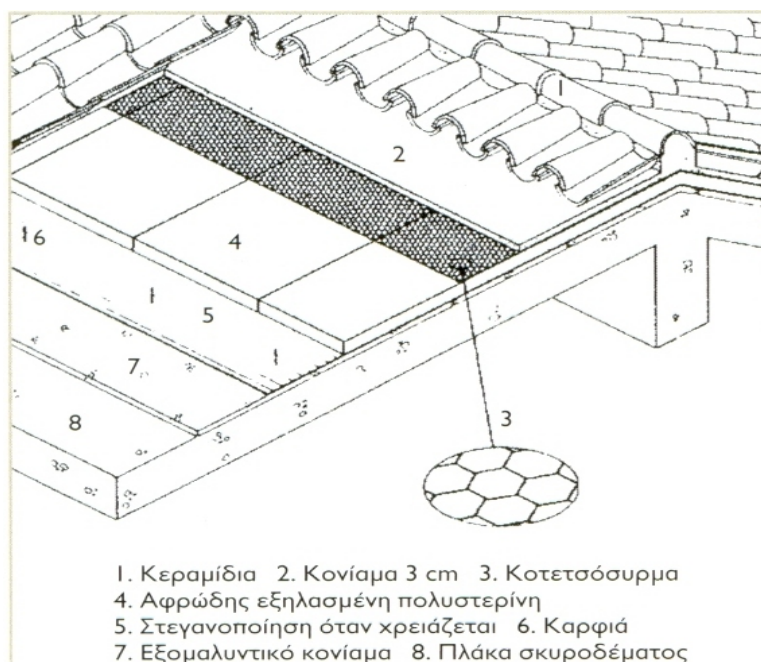
1. Κεραμίδια βυζαντινού τύπου 2. Στεγανοποίηση με υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη  
3. Ξύλινο υπόστρωμα 4. Καδρόνια 5. Ενισχυμένο οικοδομικό πάπλωμα υαλοβάμβακα  
6. Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 7. Οροφокονίαμα

**Εικόνα 20** θερμομόνωση στέγης από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος υπό κλίση από την εξωτερική της πλευρά σε συμβατικού τύπου κατασκευή.

Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να προβλεφθεί η προστασία της στέγης από πιθανή συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών που προέρχονται από το εσωτερικό του χώρου. Για το λόγο αυτό επάνω στην πλάκα του σκυροδέματος και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα φράγμα υδρατμών. Μπορεί να αποτελείται από πλαστική ή ασφαλτική μεμβράνη, η οποία οφείλει να έχει συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών μεγαλύτερο ή τουλάχιστον ίσο αυτού της στεγανοποιητικής μεμβράνης, που τοποθετείται ως στεγανοποιητική στρώση. Καρφώνεται ή κολλάται, εφόσον πρόκειται για ασφαλτόπανο (εν θερμώ, εν ψυχρώ ή αυτοκόλλητο) και αφού η πλάκα του σκυροδέματος καθαριστεί και εξομαλυνθεί.

#### **• Αντεστραμμένου τύπου εξωτερική θερμομόνωση**

Η πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος εξομαλύνεται και επάνω σ' αυτήν καρφώνεται ή επικολλάται η στεγανοποιητική μεμβράνη. Στην κατασκευή αντεστραμμένου τύπου η στεγανοποιητική στρώση παίζει ταυτόχρονα και το ρόλο του φράγματος υδρατμών. Επάνω σ' αυτήν καρφώνονται τα ξύλινα καδρόνια, αφού μεταξύ αυτών και της στεγανοποιητικής στρώσης παρεμβληθούν λωρίδες συνθετικού καουτσούκ ή άλλου ελαστικού υλικού. (εικόνα 21)

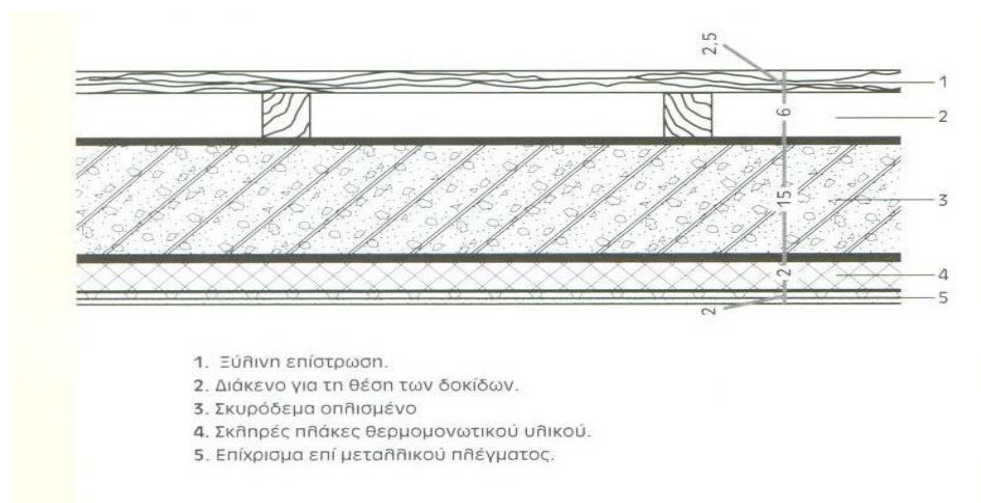


**Εικόνα 21** Θερμομόνωση στέγης από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος υπό κλίση από την εξωτερική της πλευρά σε αντεστραμμένου τύπου κατασκευή.

Η θερμομονωτική στρώση, η οποία οφείλει να αποτελείται από υλικά που δεν προσβάλλονται από την υγρασία, τοποθετείται ανάμεσα στα ξύλινα καδρόνια. Εναλλακτικά, μπορεί να καλυφθεί με ξύλινο υπόστρωμα ή να μείνει ελεύθερη. Και στις δύο περιπτώσεις τοποθετούνται οι ξύλινοι πήχεις και επάνω σ' αυτούς στερεώνονται τα κεραμίδια.

### **Θερμομόνωση οροφής υποστύλου χώρου**

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η οροφή του υποστυλου χώρου (πυλωτή) δεν θερμομονώνεται και τότε ο πρώτος όροφος είναι αυτός που καταπονείται ιδιαίτερα, λόγω των μεγάλων θερμικών απωλειών από το δάπεδο. Η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί εξωτερικά ή εσωτερικά. Στην πρώτη περίπτωση εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της πλάκας του οπλισμένου σκυροδέματος, ενώ στη δεύτερη δεν την εκμεταλλεύεται.



**Εικόνα 22** θερμομόνωση στην κάτω επιφάνεια δαπέδου, που βρίσκεται επάνω από μη θερμομονωμένο χώρο ή πυλωτή.

### **Εξωτερική θερμομόνωση**

Η κατασκευή μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :

- Με την καλή στερέωση του θερμομονωτικού υλικού στην οροφή του υποστυλου χώρου και την επικάλυψη του με κάποιο επίχρισμα, συνήθως ασβεστοτσιμεντοκονίαμα. Απαιτείται επίσης η παρεμβολή πλαστικού ή ανοξειδωτου μεταλλικού πλέγματος για την ισχυρότερη πρόσφυση του επιχρίσματος επί του θερμομονωτικού υλικού.

Το καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται όταν το θερμομονωτικό υλικό τοποθετηθεί στον ξυλότυπο και με την πήξη του σκυροδέματος γίνει ένα σώμα μ' αυτό. (εικόνα 22, σελ.62)

- Με την ανάρτηση μη αεριζόμενης ψευδοροφής, επί της οποίας θα πατήσουν οι θερμομονωτικές πλάκες. Τότε απαιτείται καλή στερέωση των αγκίστρων ανάρτησης της ψευδοροφής. Για την κατασκευή της ψευδοροφής χρησιμοποιείται μεταλλικός σκελετός, επί του οποίου στηρίζονται προκατασκευασμένες πλάκες από οργανικά ή ανόργανα υλικά (γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες πλάκες ορυκτών ινών, βέργες από πλαστικό, μέταλλο κτλ.). Σανίδες από ξύλο ή μοριοσανίδες συνήθως αποφεύγονται, λόγω της σύντομης σχετικά γήρανσής τους από την υγρασία της ατμόσφαιρας. Αν όμως προστατευτούν καλά ή εξασφαλιστεί η συντήρησή τους, μπορούν ακίνδυνα να χρησιμοποιηθούν.

Ως θερμομονωτική στρώση μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, επειδή δεν κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. Τα δοκάρια του υπόστυλο υ χώρου, αν δεν θερμομονωθούν περιμετρικά, θα αποτελέσουν θερμογέφυρες με όλες τις γνωστές συνέπειες.

### **Εσωτερική θερμομόνωση**

Η θερμομόνωση τοποθετείται εσωτερικά, συνήθως επάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και επικαλύπτεται με κάποια προστατευτική στρώση.

Ως θερμομονωτική στρώση μπορεί να χρησιμοποιηθούν όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να μην παραμορφώνονται όταν δέχονται ισχυρά φορτία. Για το λόγο αυτό η επιλογή του υλικού εξαρτάται από τον τύπο του δαπέδου και τη χρήση του.

- Σε μωσαϊκά, μαρμάρια ή πέτρινα δάπεδα προτιμώνται τα αφρώδη σκληρά θερμομονωτικά υλικά και κυρίως η αφρώδη ε εξαλασμένη πολυστερίνη.

- Σε ξύλινα δάπεδα προτιμώνται τα ινώδη θερμομονωτικά υλικά σε μαλακές πλάκες ή παπλώματα και τοποθετούνται ανάμεσα στις δοκούς κάτω από το ψευδοδάπεδο.

Η επικάλυψη διαμορφώνεται ανάλογα με τον τύπο του δαπέδου που πρόκειται να κατασκευαστεί (ξύλινο, πλαστικό, μαρμάρينو, κτλ).

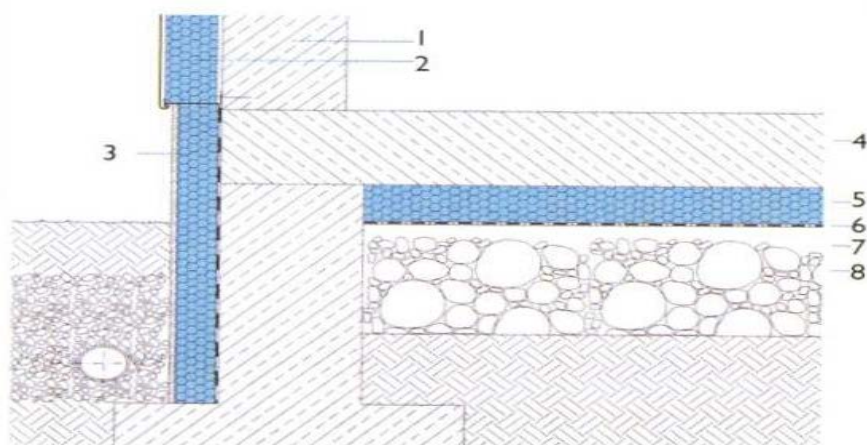
### **ΔΑΠΕΔΟ ΧΩΡΟΥ ΕΠΑΝΩ ΑΠΟ ΥΠΟΓΕΙΟ**

Κατά παρόμοιο τρόπο θερμομονώνεται και το δάπεδο ενός ισόγειου χώρου επάνω από υπόγειο. Και στην περίπτωση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά και να ληφθεί μέριμνα για την αποφυγή θερμογεφυρών. (εικόνα 22, σελ.62)

Σε περίπτωση ενός ισόγειου, που πατά επάνω στο έδαφος, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την προστασία των υλικών έναντι της υγρασίας εδάφους με την κατάλληλη τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης. Αν και το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να προστατεύεται ικανοποιητικά, σκόπιμο είναι να επιλέγεται υλικό που δεν προσβάλλεται από την υγρασία.

### **ΔΑΠΕΔΟ ΧΩΡΟΥ ΕΠΑΝΩ ΣΕ ΕΛΑΦΟΣ**

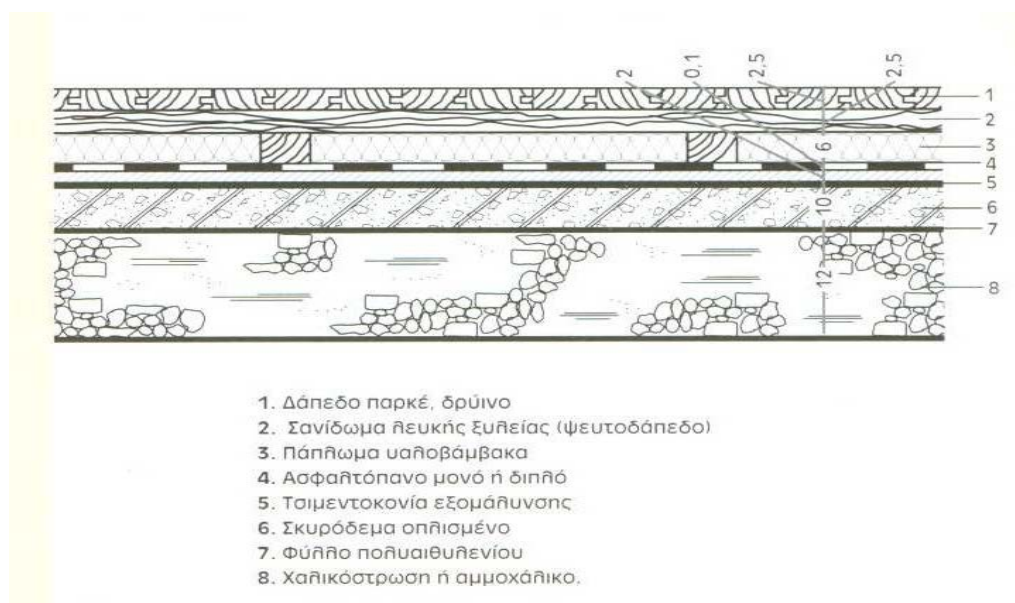
Επάνω στο έδαφος διαστρώνεται αμμοχάλικο ή λιθορριπή πάχους περίπου 20 cm, που διακόπτει τη συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος. Στην περίπτωση διάστρωσης λιθορριπής, ένα φύλλο πολυαιθυλενίου, θα αποτρέψει τη διείσδυση του σκυροδέματος στα διάκενα της λιθορριπής.



1. Τοιχοποιία
2. Εξωτερική θερμομόνωση
3. Θερμομόνωση θεμελίωσης
4. Πλάκα δαπέδου από οπλισμένο σκυρόδεμα
5. Θερμομονωτική στρώση
6. Στεγανοποιητική στρώση
7. Ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα καθαριότητας
8. Αμμοχάλικο

Εικόνα 23 Θερμομόνωση δαπέδου που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.

Κατόπιν διαστρώνεται πλάκα ελαφρώς οπλισμένου σκυροδέματος καθαριότητας. Μια εξομαλυντική στρώση, συνήθως από πατητή τσιμεντοκονία, εξαλείφει τις ανωμαλίες στην επιφάνεια του σκυροδέματος καθαριότητας. Επάνω στην εξομαλυντική στρώση τοποθετείται υγρομόνωση αποτελούμενη από δύο ή περισσότερες στρώσεις ασφαλικών μεμβρανών. Μια στρώση γεωφάσματος προστατεύει τη στεγανοποιητική στρώση από τις υπερκείμενές της.



**Εικόνα 24** Θερμομόνωση στην πάνω επιφάνεια δαπέδου, που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.

Στη συνέχεια τοποθετείται η θερμομονωτική στρώση από υλικό που δεν προσβάλλεται από την υγρασία και επάνω σε αυτήν η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Τέλος, προστίθενται πιθανές εξισωτικές στρώσεις (π.χ. γαρμπιλοσκυροδέματος) για τη διαμόρφωση ενιαίου επιπέδου στον εσωτερικό χώρο, και η τελική επικάλυψη (π.χ. πλακίδια με συγκόλληση πατητής τσιμεντοκονίας ή κόλλας). (εικόνα 23,σελ 64 και εικόνα 24)

#### **1.4. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ**

Στον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων δεν γίνεται καμία μνεία για τα υφιστάμενα κτίρια και τους τρόπους θερμικής προστασίας του κελύφους τους. Γι' αυτά ούτε υποχρέωση υπήρχε από τους ιδιοκτήτες τους, ούτε υπόδειξη ή έστω παρότρυνση με την ανάπτυξη κάποιας πολιτικής κινήτρων για την ενεργειακή τους ανάπλαση.

Σήμερα γίνονται προσπάθειες να αναζητηθούν τρόποι, που θα διορθώνουν λάθη του παρελθόντος ή τουλάχιστον θα μετριάζουν τις συνέπειές τους. Απλές και εύκολα υλοποιήσιμες επεμβάσεις μπορούν να συμβάλουν ικανοποιητικά στην ενεργειακή ανάπλαση ενός κτιρίου, χωρίς μεγάλο κόστος και χωρίς ιδιαίτερες επιπτώσεις στο κτίριο.

Με την κοινή υπουργική απόφαση 21475/4707/ΦΕΚ Β 880/ 19.8.98 για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων προβλέπεται ότι με "κίνητρα" και την "ενεργειακή πιστοποίηση" θα προωθηθεί η θερμομόνωση υφιστάμενων κτιρίων και η ικανοποιητική λειτουργία των θερμικών ή κλιματιστικών εγκαταστάσεών τους.

#### **Οι βασικές αρχές μιας επέμβασης**

Όταν επιχειρεί κάποιος μια επέμβαση, θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι ουσιαστικά ανατρέπει διαμορφωμένες ισορροπίες, που έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο του χρόνου μεταξύ περιβάλλοντος και κτιρίου και καθορίζουν τη γενική φυσική συμπεριφορά του τελευταίου. Η λύση που θα επιλεγεί, πρέπει να λαμβάνει υπόψη παραμέτρους που θα οδηγήσουν στο βέλτιστο αποτέλεσμα τόσο από ενεργειακή, όσο και από οικονομική άποψη, όπως :

- Να μην προσβάλλει και να σέβεται την αρχιτεκτονική του κτιρίου, αποφεύγοντας κατά το δυνατό αλλοιώσεις που αλλάζουν τη φυσιογνωμία του, εκτός αν η απόφαση για επέμβαση αποβλέπει και προς αυτό το σκοπό.
- Να προκύψει ως αποτέλεσμα ολοκληρωμένης μελέτης, που θα έχει υπολογίσει τα ενεργειακά μεγέθη του κτιρίου και θα έχει προσδιορίσει τον τρόπο κατανομής των θερμικών απωλειών από τα διάφορα δομικά στοιχεία του κελύφους.
- Να λαμβάνει υπόψη τις πιθανές ιδιαιτερότητες του κτιρίου. Λύσεις προσιτές και εύκολα εφαρμόσιμες στην περίπτωση ενός κτηρίου είναι δυσεφάρμοστες ή και ανεφάρμοστες στην περίπτωση ενός άλλου.



- Να υπολογίζει το κόστος και να το συγκρίνει με άλλων περιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης.
- Να επιλέγει τα κατάλληλα υλικά, οι ιδιότητες των οποίων επιτρέπουν την εφαρμογή της συγκεκριμένης λύσης.
- Να βελτιώνει τη θερμική απόδοση του κτιρίου, χωρίς όμως να προκαλεί άλλα προβλήματα, η επίλυση των οποίων θα απαιτεί νέα επέμβαση, όπως η δημιουργία επιφανειών μειωμένης αντοχής.

### Προτάσεις επεμβάσεων

Με βάση τα παραπάνω, θα μπορούσε κάποιος να καταγράψει επιγραμματικά μια σειρά οικοδομικών επεμβάσεων, που μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της θερμικής προστασίας του κελύφους του κτιρίου με γνώμονα τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής του συμπεριφοράς με τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και παράλληλα την επίτευξη συνθηκών άνεσης στους χώρους παραμονής και εργασίας. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι πάντα διπλό:

- Περιορισμός των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου το χειμώνα.
- Παρεμπόδιση της υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων το καλοκαίρι.

Η επιλογή της πλέον κατάλληλης επέμβασης καθορίζεται κάθε φορά από το ίδιο το κτίριο και την ενεργειακή του συμπεριφορά.

### Ανασταλτικοί παράγοντες

Κατά την επέμβαση σε υφιστάμενο κτίριο μπορεί να παρουσιαστεί πλήθος προβλημάτων, που συχνά δρουν ανασταλτικά στη λήψη της απόφασης για βελτίωση της θερμικής του συμπεριφοράς.

#### • Από τεχνική άποψη

Υπάρχουν πάντα περιορισμοί, τόσο ως προς τις λύσεις που θα επιλεγούν για τη βελτίωση της θερμικής του προστασίας, όσο και ως προς τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και τις μεθόδους εφαρμογής τους. Ιδίως όταν πρόκειται για παλαιά παραδοσιακά κτίρια, οι δυνατότητες επέμβασης είναι πολύ περιορισμένες και ανελαστικές.

- **Από οικονομική άποψη**

Σε υφιστάμενο κτίριο το κόστος θερμικής προστασίας είναι κατά κανόνα 3 με 4 φορές μεγαλύτερο από ότι σε νεοαναγειρόμενο, διότι οι συγκεκριμένες εργασίες δεν εντάσσονται μέσα στο γενικότερο πλαίσιο οικοδομικών εργασιών, αλλά αποτελούν αυτοδύναμη εργασία.

- **Από λειτουργική άποψη**

Όταν το κτίριο χρησιμοποιείται, επέρχεται συνήθως αναστάτωση στη λειτουργία του, η έκταση της οποίας εξαρτάται από το είδος των επεμβάσεων, από το μέγεθος των οικοδομικών εργασιών και από το χρόνο ολοκλήρωσής τους.

- **Από διαδικαστική άποψη**

Συνηθέστερο πρόβλημα αποτελεί η συγκατάθεση του ιδιοκτήτη ή των συνιδιοκτητών του ακινήτου για επεμβάσεις που δεν θα γίνουν σε ένα μόνο διαμέρισμα, αλλά σε όλη την έκταση του κτιρίου.

- **Από νομική άποψη**

Οι απαιτήσεις του Οικοδομικού Κανονισμού και τα όρια της οικοδομικής γραμμής αναστέλλουν πολλές φορές κάθε δυνατότητα επέμβασης ή υποχρεώνουν σε αναζήτηση άλλων λύσεων πολύ πιο σύνθετων και αντικοινωνικών. Αν μάλιστα συνυπολογιστεί και η συχνά χρονοβόρα διαδικασία έκδοσης της άδειας εκτέλεσης οικοδομικών εργασιών από την οικεία πολεοδομική υπηρεσία, η εγκατάλειψη κάθε ανάλογης πρωτοβουλίας είναι πολύ εύκολο να συμβεί. Ωστόσο, με τη νέα πολιτική για την ενεργειακή αναβάθμιση όλων των κτιρίων το πρόβλημα αυτό έχει σχεδόν ξεπεραστεί.

**Οι δυνατές επεμβάσεις σε υπάρχοντα κτίρια για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς.**

**Επεμβάσεις στα κουφώματα**

- Σφράγιση των αρμών μεταξύ των τοίχων και της κάσας των κουφωμάτων.
- Βελτίωση της αεροστεγανότητας των αρμών μεταξύ κινητών και ακίνητων φύλλων των κουφωμάτων.
- Αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς.
- Τοποθέτηση και δεύτερου κουφώματος. (εικόνα 25, σελ 69)
- Μετατροπή ορισμένων κουφωμάτων από κινητά σε ακίνητα ή από ακίνητα σε κινητά.

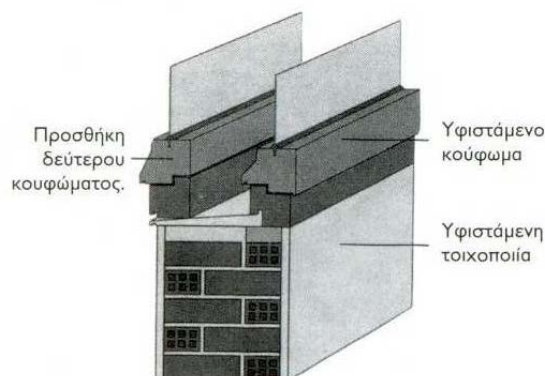
- Τοποθέτηση μηχανισμού επαναφοράς των θυρών.

### **Επεμβάσεις στα αδιαφανή δομικά στοιχεία**

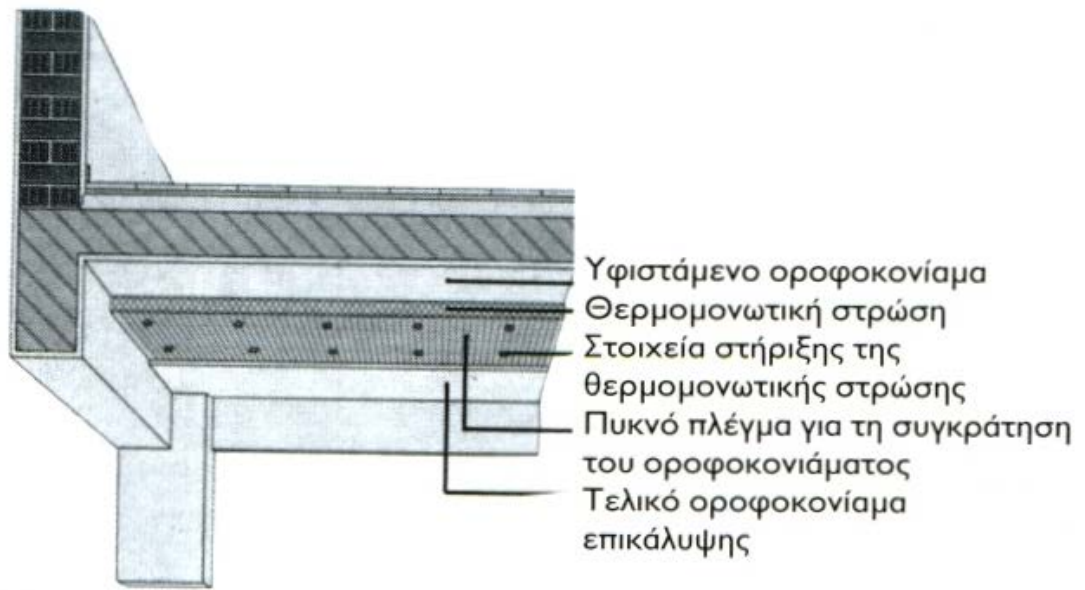
- Θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων (από την εσωτερική ή εξωτερική τους όψη).
- Θερμομόνωση των κιβωτίων των ρολών των παραθύρων.
- Θερμομόνωση του δώματος και των εσοχών των ορόφων. (εικόνα 32,σελ 72)
- Θερμομόνωση της οροφής κάτω από τη στέγη.
- Θερμομόνωση της οροφής των υπόστυλων χώρων ή της οροφής του υπογείου. (εικόνα 26, σελ.70)
- Θερμομόνωση δαπέδου επί του εδάφους. (εικόνα 27, σελ.70)

### **Επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα**

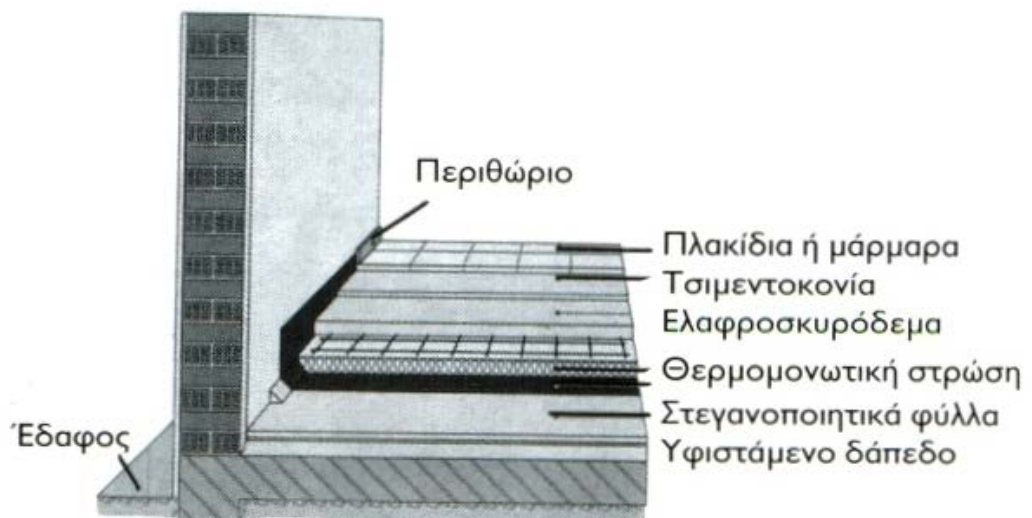
- Δημιουργία προθαλάμου ανάσχεσης της ροής θερμότητας από την είσοδο του κτιρίου.
- Ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων  
(άμεσο ηλιακό κέρδος, τοίχος θερμικής αποθήκευσης, προσάρτηση θερμοκηπίου κτλ.)
- Τοποθέτηση εσωτερικών ή εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων.
- Προσαρμογή συστημάτων φωτισμού.
- Ανάπτυξη συστημάτων αερισμού.



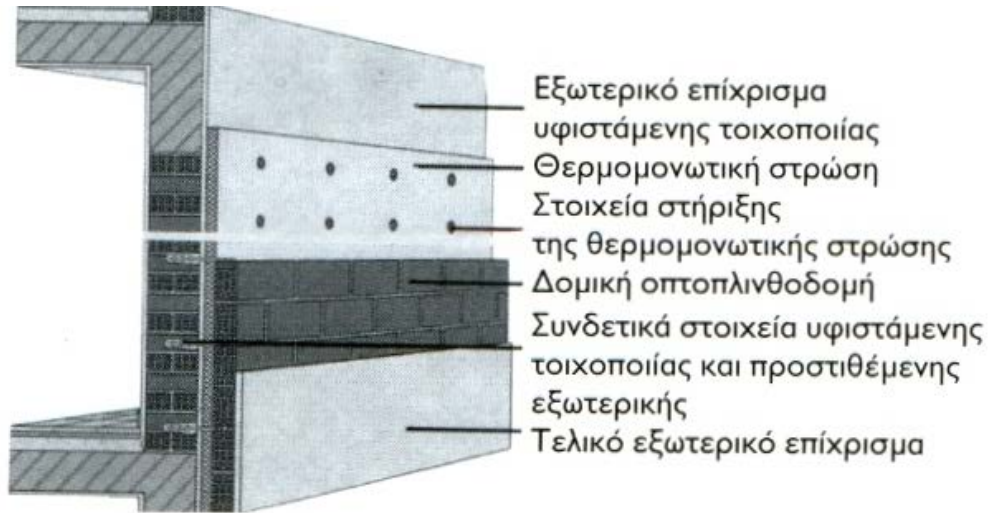
**Εικόνα 25 Προσθήκη δευτέρου κουφώματος.**



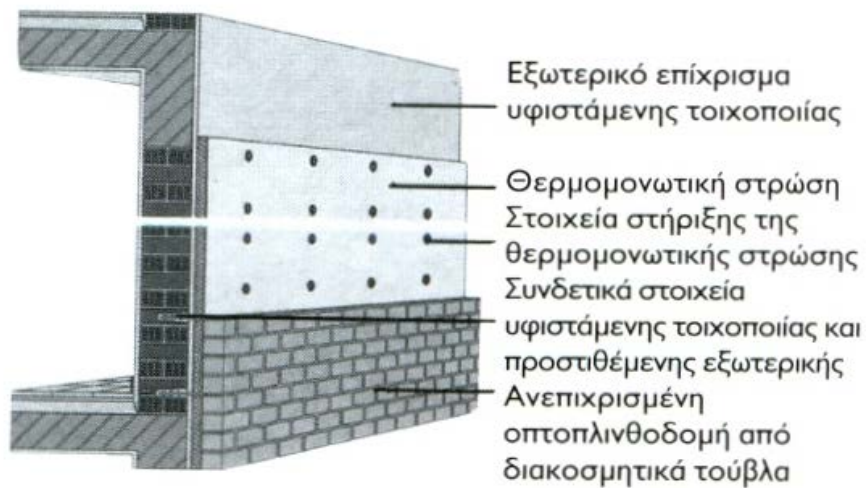
Εικόνα 26 Θερμική προστασία της οροφής υπόστρουλου χώρου.



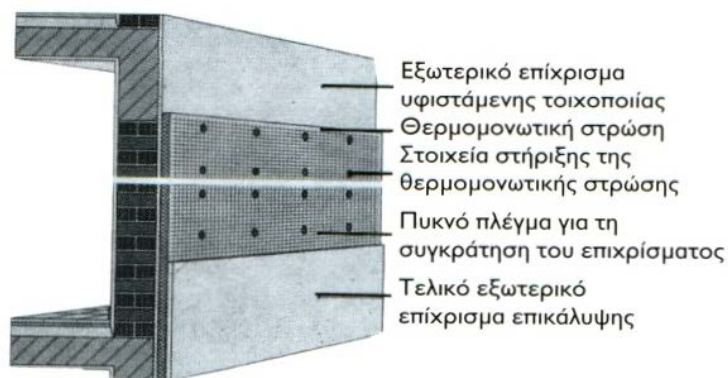
Εικόνα 27 Θερμική προστασία πατώματος που πατά επάνω στο έδαφος.



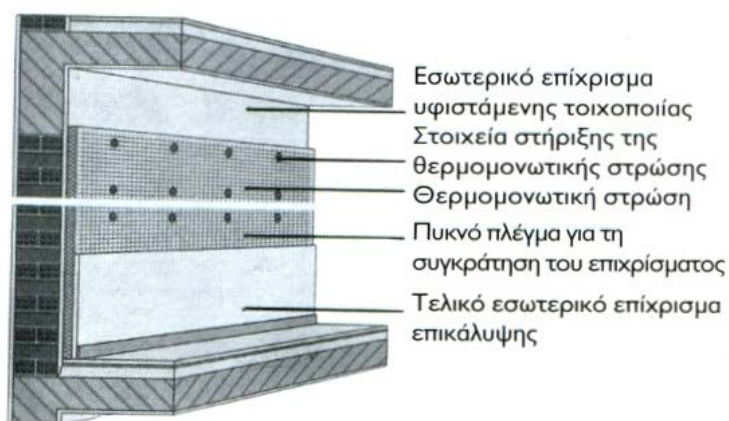
Εικόνα 28 Εξωτερική προστασία τοίχου και επικάλυψη με τοικοποιία.



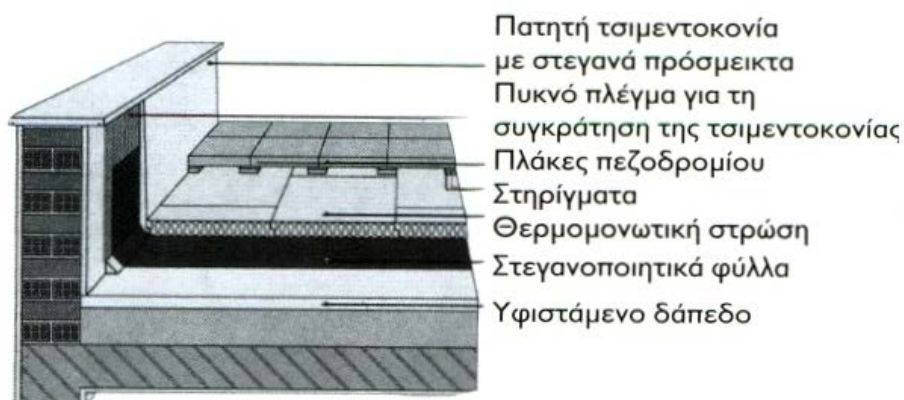
Εικόνα 29 Ανεπιχρισμένη οπτοπλινθοδομή από διακοσμητικά τούβλα.



Εικόνα 30 Επιχρισμένη θερμομονωτική στρώση.



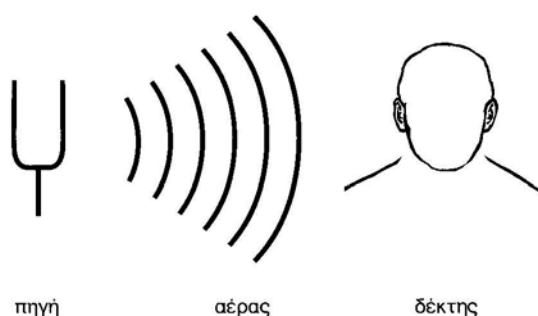
Εικόνα 31 Εσωτερική θερμική προστασία τοίχου και επικάλυψη με επίχρισμα.



Εικόνα 32 Θερμική προστασία δώματος με διαμόρφωση αντεστραμμένου δώματος.

## 2. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ

Με τον όρο «ήχος» χαρακτηρίζεται κατ' αρχάς κάθε τι που διεγείρει το αισθητήριο της ακοής. Μεταξύ της ηχητικής πηγής και του δέκτη μεσολαβεί πάντα ένα ελαστικό μέσο (συνήθως αέρας) που είναι απαραίτητο για τη διάδοση του ήχου. (σχήμα 1) Μέσα στο ελαστικό μέσο ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή κυμάνσεων, των ηχητικών κυμάτων.



Σχ.1 Διάδοση ηχητικών κυμάτων στον αέρα.

Ως «ήχο» επομένως μπορεί να ορίσει κανείς μηχανικές ταλαντώσεις που η συχνότητα τους βρίσκεται στην περιοχή συχνοτήτων από 16Hz μέχρι 16KHz που αποτελεί και την περιοχή λειτουργίας του ανθρώπινου αισθητήριου της ακοής. Ανάλογα με το ελαστικό μέσο διάδοσης των ηχητικών κυμάτων διακρίνει κανείς τον ήχο στα αέρια και υγρά (ρευστά), που η συμπεριφορά τους ως προς τη διάδοση του ήχου είναι βασικά η ίδια με τον ήχο στα στερεά. Ο διαχωρισμός αυτός είναι απαραίτητος γιατί, εξαιτίας της διαφορετικής δομής των διαφόρων μέσων δημιουργούνται και διαδίδονται διαφορετικά είδη κυμάτων με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες.

### Στόχοι ηχομόνωσης

Αντικείμενο της ηχομόνωσης είναι η αποτελεσματική προστασία ενός κτιρίου τόσο από τους εξωτερικούς θορύβους (κυκλοφοριακός, αεροπορικός κλπ) όσο και από τους θορύβους που δημιουργούνται στο εσωτερικό του.

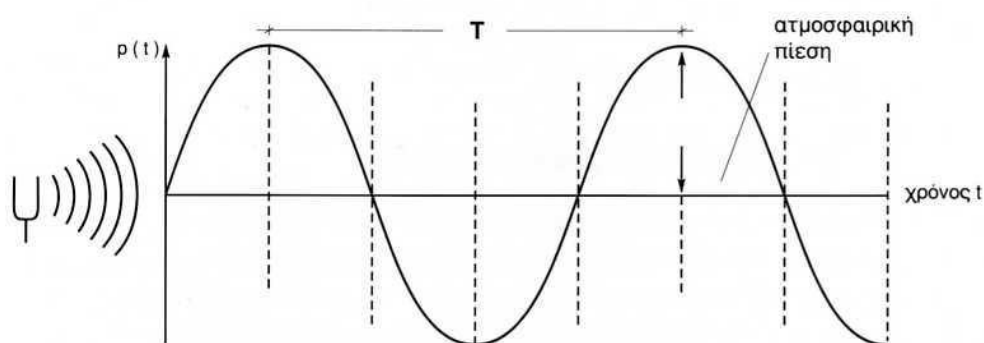
Η διάδοση του ήχου είναι ένα σύνθετο πρόβλημα γιατί ο ήχος ακολουθεί διάφορους δρόμους διάδοσης. Για να επιτευχθεί αποτελεσματική ηχομόνωση θα πρέπει να προβλεφθούν όλοι οι πιθανοί δρόμοι διάδοσης του ήχου και να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για τον περιορισμό του.

Οι θόρυβοι στο εσωτερικό ενός κτιρίου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους αερόφερτους και τους κρουσιγενείς ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται. Οι δύο κατηγορίες του αερόφερτου και κρουσιγενή ήχου έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και μηχανισμούς διάδοσης και γι' αυτό εξετάζονται χωριστά. Μια αποτελεσματική ηχομόνωση πρέπει να περιλαμβάνει μέτρα για τον περιορισμό και των δύο κατηγοριών θορύβων.

Στους εσωτερικούς θορύβους ενός κτιρίου περιλαμβάνονται και οι θόρυβοι διαφόρων εγκαταστάσεων όπως π.χ. ανελκυστήρες, εγκαταστάσεις θέρμανσης – ψύξης, υδραυλικά, αποχετεύσεις κλπ. Επομένως, θα πρέπει να παίρνονται ηχομονωτικά μέτρα και για τον περιορισμό του θορύβου των εγκαταστάσεων.

## 2.1. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

**Αερόφερτοι ήχοι** (ηχητικά κύματα στον αέρα) προκαλούνται από τοπικές χρονικές μεταβολές της πίεσης στην περιοχή της ηχητικής πηγής που έχουν σαν αποτέλεσμα μεταβολές στην πυκνότητα του αέρα, την εμφάνιση δηλαδή πυκνωμάτων και αραιωμάτων. Στη περίπτωση αυτή η διεύθυνση διάδοσης συμπίπτει με τη διάδοση της ταλάντωσης του μέσου (διαμήκη κύματα). (σχήμα 3 σελ.75)



Σχ.2 Μεταβολή της ηχητικής πίεσης με το χρόνο κατά τη λειτουργία ενός διαπασόν.



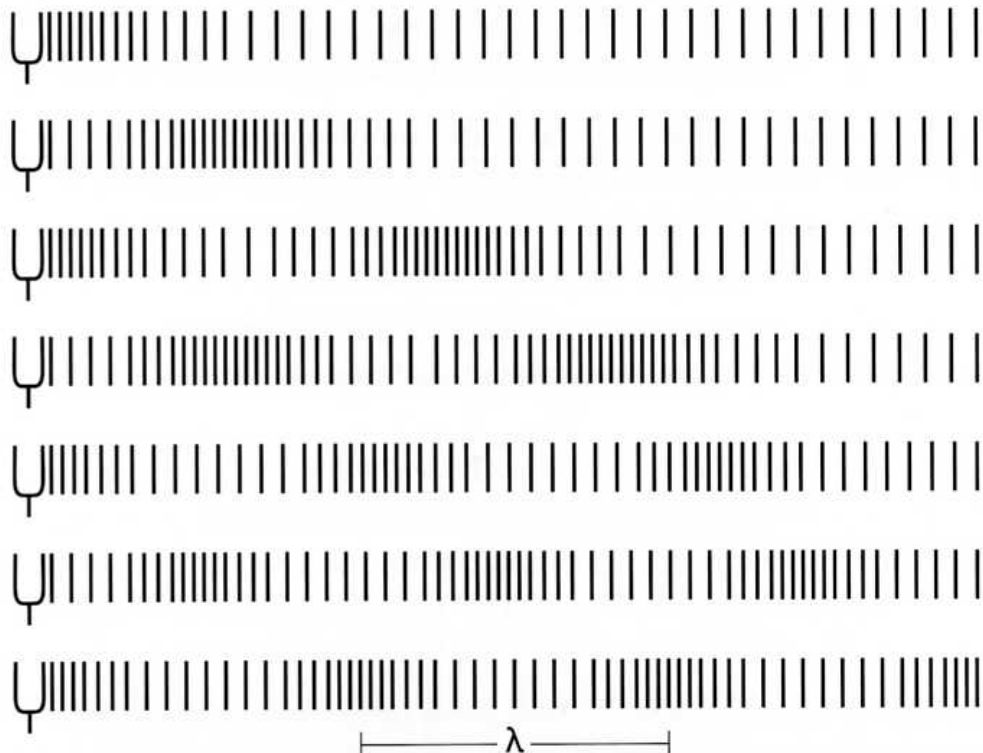
Το χαρακτηριστικό μέγεθος στην περίπτωση του αερόφερτου ήχου είναι η στιγμιαία ηχητική πίεση  $p(t)$ , η πίεση δηλαδή που προστίθεται στη στατική πίεση (ατμοσφαιρική) εξαιτίας της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων. (σχήμα 2,σελ.74)

Όπως κάθε περιοδικό φαινόμενο έτσι και στην περίπτωση του ηχητικού κύματος ορίζεται ως περίοδος  $T$  ο χρόνος που απαιτείται για τη συμπλήρωση ενός κύκλου (μεταβολή της ηχητικής πίεσης από τη μέγιστη/ελάχιστη τιμή στην επόμενη μέγιστη/ελάχιστη τιμή).

Ο αριθμός των επαναλήψεων του φαινομένου στη μονάδα του χρόνου ορίζεται ως συχνότητα  $f$ . Μεταξύ της συχνότητας και της περιόδου ισχύει η σχέση  $f=1/T$  (Hz).

Μήκος κύματος  $\lambda$  είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο ίσο με την περίοδο (απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων και αραιωμάτων). Το μήκος κύματος περιγράφει την χωρική κατανομή του κύματος και είναι βασικής σημασίας σε πρακτικές εφαρμογές της ηχομόνωσης.

Τα ηχητικά κύματα στον αέρα διαδίδονται με σταθερή ταχύτητα 340m/sec για κανονικές συνθήκες (20°C και 1Pa). Η ταχύτητα διάδοσης  $c$ , το μήκος κύματος  $\lambda$  και η συχνότητα  $f$  συνδέονται με τη σχέση  $c=\lambda f$ .



Σχ.3 Διάδοση αερομεταφερόμενου ήχου.

**Κρουσιγενής ήχοι** χαρακτηρίζονται τα ηχητικά κύματα που μεταδίδονται μέσα στη μάζα των σωμάτων. Οι ταλαντώσεις στα στερεά δεν αποτελούν «ήχο» κάτω από τη στενή έννοια του όρου αλλά διεγείρουν τον αέρα που βρίσκεται σε επαφή και έτσι γίνονται έμμεσα η αιτία εκπομπής ήχου.

Η ηχοαπορρόφηση αντιμετωπίζει ηχητικά φαινόμενα μέσα στο χώρο. Όταν επιθυμούμε τη μέγιστη δυνατή μείωση των ήχων, πρέπει οι επιφάνειες της οροφής και των τοίχων του χώρου να απορροφούν κατά το δυνατόν όλα τα ηχητικά κύματα που δημιουργούνται. Η απόσβεση των θορύβων σε φρεάτια και αγωγούς, κατά βάθος είναι πρόβλημα που ανήκει στον τομέα της ηχοαπορροφητικότητας, σε αντίθεση με τα μέτρα προστασίας κατά των ήχων σωληνώσεων και κραδασμών μηχανημάτων και οχημάτων που ανήκουν στον τομέα της ηχομόνωσης των σωμάτων.

Τα προβλήματα της ηχομόνωσης αφορούν πάντα σε δύο ή περισσότερους χώρους. Η ηχομόνωση έχει σκοπό να αποτρέψει τη μετάδοση των ήχων που δημιουργούνται σε κάποιο σημείο ενός χώρου προς τους γειτονικούς. Την προστασία αυτή μας προσφέρει η ηχοτεχνικά σωστή ποιότητα των ενδιάμεσων κατασκευαστικών στοιχείων της οικοδομής δηλ. οι πλάκες, τα δάπεδα, οι τοίχοι, οι θύρες κλπ.

Η διάδοση του ήχου στα στερεά διαφέρει από αυτή στον αέρα γιατί τα στερεά ως ελαστικά μέσα επιδέχονται, εξαιτίας της δομής τους, διαφορετικού είδους παραμορφώσεις από ότι τα αέρια. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των διαφόρων τύπων κυμάτων που εμφανίζονται στα στερεά θα περιοριστούμε απλά στην περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών δύο μόνο τύπων κυμάτων που έχουν πρακτική σημασία σε προβλήματα ηχομόνωσης. Οι δύο αυτοί τύποι κυμάτων, τα διαμήκη και τα εγκάρσια, είναι φορείς του κρουσιγενούς ήχου και η αιτία εκπομπής ήχου από δομικά στοιχεία που διεγείρονται σε ταλαντώσεις.

- **Διαμήκη κύματα:** το είδος αυτών των κυμάτων εμφανίζεται σε στοιχεία σχήματος ράβδου (π.χ. υποστυλώματα) και παρουσιάζει ομοιότητες με τα ηχητικά κύματα στον αέρα.

Στην περίπτωση διαμήκων κυμάτων η διεύθυνση διάδοσης συμπίπτει με τη διεύθυνση ταλάντωσης του μέσου. Η ταχύτητα διάδοσης των διαμήκων κυμάτων

δίνεται από τη σχέση: 
$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$
 όπου E είναι το μέτρο ελαστικότητας και ρ είναι η πυκνότητα του υλικού.

Τιμές της ταχύτητας διάδοσης  $c_L$  καθώς και των σταθερών  $E$  και  $\rho$  για διάφορα δομικά υλικά δίνονται στον πίνακα 1.

ΥΛΙΚΟ	Πυκνότητα $\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	μέτρο ελαστικότητας $E$ ( $\text{N/m}^2$ ) $\times 10^{10}$	ταχύτητα διαμήκων κυμάτων $C_L$ (m/s)
Ατσάλι	7800	21	5100
Αλουμίνιο	2700	7.2	5200
Χαλκός	8900	12.5	3700
Μπρούντζος	8500	9.5	3200
Μιετόν	2300	12.5	3400
Τούβλο	2000	1.6	3000
Γυψοσανίδα	1200	0.7	2400
Κοντραπλακέ	600	0.5	3000
Νονοραμ	600	0.45	2700
Plexiglass	1200	0.6	2200

Πίνακας 1

Τα διαμήκη κύματα δεν προκαλούν άμεση εκπομπή ήχου παρόλα αυτά έχουμε ιδιαίτερη σημασία για την ηχομόνωση γιατί με την ανάκλαση τους σε συνδέσεις μεταξύ των δομικών στοιχείων προκαλούν τη δημιουργία εγκαρσίων κυμάτων που είναι φορείς του κρουσιγενούς ήχου. (σχήμα 4)



Σχ.4 Διάδοση διαμήκων κυμάτων σε ράβδο.

- **Εγκάρσια κύματα:** το είδος αυτό των κυμάτων είναι το σπουδαιότερο στην πράξη για τη διάδοση του ήχου στα στερεά γιατί αποτελεί το φορέα του κρουσιγενή ήχου. Τα εγκάρσια κύματα εμφανίζονται σε όλα τα δομικά στοιχεία που ταλαντώνονται. Η διεύθυνση διάδοσης των εγκαρσίων κυμάτων είναι κάθετη στην διεύθυνση ταλάντωσης. (σχήμα 5)

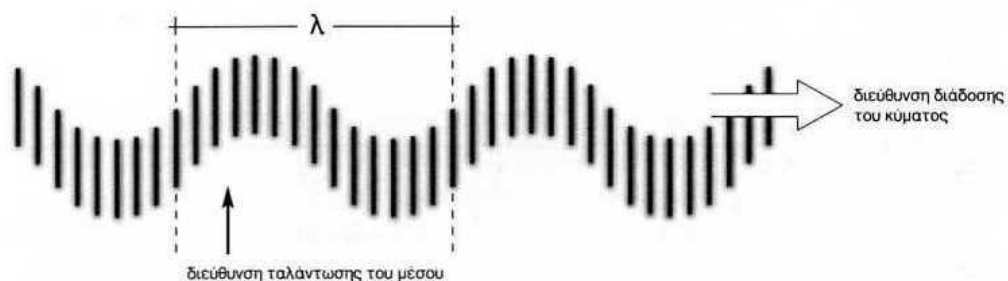
Η ταχύτητα διάδοσης  $c_B$  των εγκαρσίων κυμάτων σε μία πλάκα δίνεται από τη σχέση:

$$c_B = \sqrt[4]{\frac{\omega^2 B}{m''}}$$

όπου  $B = \frac{Eh^2}{12}$  η ακαμψία της πλάκας,  $\omega = 2\pi f$  η κυκλική συχνότητα,  $h$  το πάχος της πλάκας,  $m''$  το επιφανειακό βάρος της πλάκας. Παίρνοντας υπόψη

ότι  $c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$  προκύπτει η σχέση  $c_B = \sqrt{1,8 c_L h f}$

Σε αντίθεση με τα διαμήκη κύματα, που η ταχύτητα διάδοσης είναι σταθερή, η ταχύτητα διάδοσης εγκαρσίων κυμάτων εξαρτάται από τη συχνότητα και τα χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου και συγκεκριμένα από την ακαμψία και την επιφανειακή μάζα. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας για την ηχομονωτική συμπεριφορά εύκαμπτων ελαφρών χωρισμάτων.



Σχ.5 Διάδοση εγκαρσίων κυμάτων σε πλάκα.

## **2.2 ΟΡΙΣΜΟΙ**

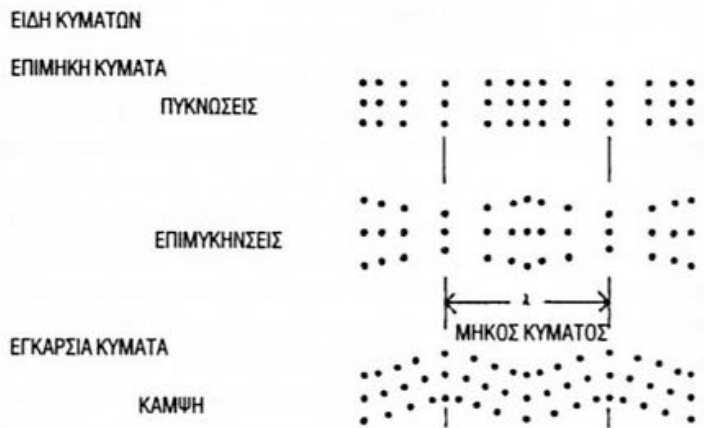
**Ήχος:** η μηχανική ταλάντωση των μορίων ενός ελαστικού μέσου.

**Αερόφερτος ήχος:** ο κινούμενος ήχος μέσα στον αέρα.

**Κρουσιγενής ήχος:** ο ήχος που προκαλείται από το βάδισμα ή από αντίστοιχο ερεθισμό ενός πατώματος και μεταδίδεται εν μέρει ως ήχος σώματος και εν μέρει ως αερόφερτος. Στους κρουσιγενείς ήχους περιλαμβάνονται οι μεταδιδόμενοι ήχοι μέσα σε ένα στερεό σώμα (ήχος των σωμάτων).

**Η μετάδοση του ήχου:** γίνεται κατά την έννοια της μετάδοσης μιας κυματοειδούς ενέργειας. Όταν ένα μόριο ενός υλικού τίθεται σε ταλάντωση κινείται γύρω από την αρχική του θέση συγκρούεται με το γειτονικό μόριο το οποίο επίσης αρχίζει να εκτελεί μια ταλάντωση. Ο ήχος λοιπόν δεν είναι η μετακίνηση των σωματιδίων (μορίων) αλλά η μετάδοση μιας ρυθμικής κίνησης με τη μορφή επιμηκών ή εγκάρσιων κυμάτων.

**Επιμήκη και εγκάρσια κύματα:** κατά την έννοια του επιμήκους κύματος τα ερεθισμένα σωματίδια ταλαντεύονται κατά την κατεύθυνση της μετάδοσης του ήχου. Έτσι σχηματίζεται μια περιοδική συνέχεια από πυκνώσεις και αραιώσεις του υλικού. Κατά τη μετάδοση ήχου σε αέρια και υγρά μιλάμε για κύμα πύκνωσης. Τα επιμήκη κύματα δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία σε στερεά σώματα. Εμφανίζονται μόνο σε σώματα με τη μορφή ράβδου σαν κύματα διαστολής, χωρίς να παρουσιάζουν ιδιαίτερη κίνηση της επιφάνειας που είναι απαραίτητη για μετάδοση του ήχου στον αέρα.



Σε αντίθεση με τα αέρια και τα υγρά, στα στερεά σώματα μεταδίδονται και δυνάμεις ώθησης, γεγονός που εξηγεί ότι ο ήχος των σωμάτων εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή εγκάρσιων κυμάτων κατά τα οποία τα σωματίδια (μόρια) ταλαντεύονται εγκάρσια προς την κατεύθυνση μετάδοσης του ήχου. Από τους τύπους κυμάτων που προκύπτουν κατ' αυτήν τη διαδικασία το κύμα (ταλάντωση) κάμψης έχει, για την αντιμετώπιση του θορύβου, τη μεγαλύτερη σημασία, γιατί μπορεί να μεταδίδεται στα πλακοειδή ή ραβδοειδή δομικά στοιχεία και να προκαλεί τη μεγαλύτερη ανάκλαση ήχου.

**Η συχνότητα  $f$**  καθορίζει πόσο συχνά γίνεται η ταλάντωση των σωματιδίων σε ένα δευτερόλεπτο. Μονάδα μέτρησης είναι το 1 Hertz (Hz) που ισούται με μια (1) ταλάντωση ανά δευτερόλεπτο.

**Η ένταση του ήχου** είναι το χαρακτηριστικό που δίνει το μέγεθος του ερεθισμού των μορίων από τη θέση ηρεμίας τους, συμβολίζει την ενέργεια του κύματος που διέρχεται από την επιφάνεια ενός  $\text{cm}^2$ , καθορίζεται ως  $j = p^2 / \rho c$

Όπου  $p$  = η πίεση του ήχου

$\rho$  = η πυκνότητα του μέσου (π.χ. αέρας)

$c$  = η ταχύτητα μετάδοσης του ήχου στο μέσο

Η ταχύτητα του ήχου με την οποία μεταδίδεται η κίνηση των κυμάτων σε αέρια και υγρά είναι η ίδια σε όλα τα ύψη τόνων και εξαρτάται από την πυκνότητα του μέσου μετάδοσης. Η ταχύτητα μεταβίβασης των κυμάτων ταλάντωσης, αντίθετα, εξαρτάται από το ύψος του τόνου, την αναλογία της ακαμψίας προς τη μάζα του σώματος που υφίσταται ταλάντωση και κατά συνέπεια από τις διαστάσεις και το υλικό ενός δομικού στοιχείου.

**Η πίεση του ήχου** είναι το πραγματικό μέγεθος της συμπίεσεως στο μέσο μεταδόσεως του ήχου κατά τη μετάδοση των ταλαντώσεων σε  $\text{dyn/cm}^2 = \text{mbar}$  (μικρομπάρ). Η πίεση αυτή προστίθεται στην στατική πίεση (π.χ. την ατμοσφαιρική πίεση του αέρα). Τα κύματα του ήχου χαρακτηρίζονται από το ύψος του τόνου και την πίεση του ήχου.

**Μήκος κύματος**  $\lambda = \text{ταχύτητα ήχου (c)} / \text{συχνότητα ήχου (f)}$  ονομάζεται η απόσταση μεταξύ δυο ομοίων ταλαντώσεων ενός μορίου. Το μήκος κύματος έχει μεγάλη σημασία για την καταπολέμηση των θορύβων, γιατί μικραίνει με την αύξηση της συχνότητας όπως αποδεικνύει η σύγκριση του μήκους κύματος του ήχου του αέρα με το κύμα κάμψη σε ένα γύψινο τοίχο πάχους 6cm. Το μήκος κύματος έχει μεγάλη σημασία για την καταστολή των θορύβων, γιατί:

1) ένα κύμα κάμψης σε πλάκες και ραβδοειδή οικοδομικά στοιχεία εμφανίζεται όταν το πάχος τους είναι μικρότερο από το μήκος του κύματος κάμψης και,

2) μία ακτινοβολία ήχου ακολουθεί μόνο όταν το μήκος κύματος της είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος στο περιβάλλον μέσο (αέρας) μεταδόσεως. Στην ονομαζόμενη βασική ή θεμελιώδη συχνότητα  $f_g$  είναι και τα δύο μήκη κύματος ισομεγέθη (π.χ. σε 500 Hz).

**Τόνος:** ο ήχος που έχει μία συγκεκριμένη και μοναδική συχνότητα. Το σφύριγμα π.χ. παράγει περίπου καθαρούς τόνους.

**Χροιά του ήχου:** το αποτέλεσμα που δημιουργείται από τμήματα ήχων που η συχνότητά του είναι το ακέραιο πολλαπλάσιο μιας βασικής συχνότητας που μας δίνει το ύψος του βασικού τόνου (μουσικά όργανα).

**Θόρυβος:** ο ήχος που αποτελείται από πολλά τμήματα τόνων που οι συχνότητες τους δεν βρίσκονται σε απλές αριθμητικές αναλογίες μεταξύ τους (μη αρμονικοί τόνοι) και των οποίων η ηχητική ώθηση και ακολουθία έχουν βασική συχνότητα κάτω από 16 Hz (π.χ. τα σφυροκοπήματα).

Το ανθρώπινο αυτί συλλαμβάνει τόνους μόνο στις ακόλουθες περιοχές συχνότητας:

- Περιοχή συχνοτήτων από 16-20000 Hz
- Το σημείο ερεθισμού  $p_a = 20000 \mu\text{PA}$
- Το όριο του πόνου  $p = 10^6 \mu\text{PA}$

Συχνότητα f	Κύμα αερόφερτου ήχου		Κύμα κάμψης σε γύψινο τοίχο 6 cm	
	Μήκος κύματος λ	Ταχύτητα μετάδοσης c	Μήκος κύματος λ	Ταχύτητα μετάδοσης c
Hz	m	m/sec	m	m/sec
50	6,8	340	2,1	105
100	3,4	340	1,5	150
500	0,68	340	0,68	340
1000	0,34	340	0,48	480
5000	0,068	340	0,21	1050

Το ανθρώπινο αυτί αισθάνεται τους τόνους σε διπλάσια ένταση όταν δεκαπλασιάζεται η δύναμη του ήχου. Στην πράξη η ένταση του ήχου εκφράζεται γενικά με την έννοια:

Στάθμη του ήχου:

$$L = 10 \log (p^2/p_o^2) = 20 \log (p/p_o) \text{ σε dB} \quad \text{dB} = \text{ντεσιμπέλ}$$

Κατόπιν διεθνούς συμφωνίας ισχύει σαν πίεση ήχου αναφοράς η συνειδητοποιούμενη σε 1000Hz πίεση του σημείου ερεθισμού  $p_o = 20 \mu\text{RA}$ .

**Η στάθμη του ήχου** μας πληροφορεί κατά πόσα dB (desi-bel=1/10 της μονάδας bel από το όνομα του Αμερικανού εφευρέτη Bell που χρησιμοποιείται για το δεκαδικό λογάριθμο μιας ενεργειακής σχέσης) βρίσκεται πάνω από το σημείο ερεθισμού  $p_o$  μία συγκεκριμένη ένταση με πίεση ήχου  $p$ . Όταν δεν πρόκειται για καθαρούς τόνους αλλά για θορύβους (π.χ. του καθημερινού μας περιβάλλοντος) η στάθμη του ήχου φιλτράρεται ηλεκτρικά για συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων, ώστε ο θόρυβος να επιμεριστεί σε συχνότητες πλάτους μιας οκτάβας ή 1/3 της οκτάβας (terz).



Χαμηλότερες συχνότητες από 100 Hz δεν ενοχλούν πια τους ενοίκους διαμερισμάτων γιατί το αυτί δεν είναι ευαίσθητο σε αυτές. Υψηλότερες από 3200Hz συχνότητες μετά τη διέλευση του ήχου από την οροφή ή τον διαχωριστικό τοίχο των διαμερισμάτων είναι επίσης χωρίς σημασία.

**Ένταση ήχου:** μέτρο για την αίσθηση του ήχου. Μονάδα dB (A). η κλίμακα των ηχητικών εντάσεων είναι λογαριθμική και για τον τόνο αναφοράς 1000Hz έτσι υπολογισμένη, ώστε να συμφωνεί με τη στάθμη του ήχου L (dB).

### **2.3 ΜΕΤΡΗΣΗ - ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ**

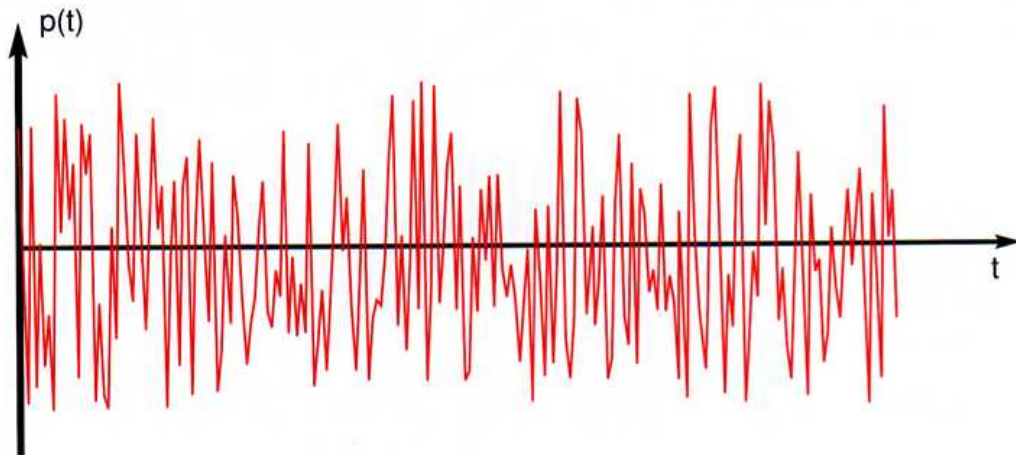
Η μέτρηση του ήχου και γενικότερα του θορύβου γίνεται με τη βοήθεια μεγεθών που διαφέρουν από αυτά που χρησιμοποιούνται σε άλλους τομείς της τεχνολογίας. Μια από τις βασικές διαφορές είναι η χρησιμοποίηση μιας λογαριθμικής κλίμακας με μονάδα μέτρησης το Decibel (dB) αντί των συνηθισμένων γραμμικών κλιμάκων με μονάδες όπως kg, m, sec κλπ.

Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο να δοθεί μια σύντομη περιγραφή των μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην Δομική Ακουστική.

#### **Στάθμη ηχητικής πίεσης**

Όπως προαναφέρθηκε, το χαρακτηριστικό μέγεθος κατά τη διάδοση του ήχου είναι η στιγμιαία ηχητική πίεση  $p(t)$ , η μεταβολή δηλαδή της πίεσης σε σχέση με τη στατική πίεση (ατμοσφαιρική) λόγω της λειτουργίας μιας ηχητικής πηγής. Οι τιμές της ηχητικής πίεσης κυμαίνονται από 20 μέχρι 10.000.000μPa ανάλογα με την πηγή.

Στο σχήμα 6 (σελ.84) δίνεται η μεταβολή της ηχητικής πίεσης με το χρόνο κατά τη διέλευση ενός σχήματος. Όπως φαίνεται, η στιγμιαία πίεση, εξαιτίας της μορφής της, δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στην πράξη για το χαρακτηρισμό ενός ήχου (θορύβου).



Σχ.6 Μεταβολή ηχητικής πίεσης κατά τη διάδοση του θορύβου.

Στη θέση της χρησιμοποιείται η ενεργός ηχητική πίεση  $p$  που δίνεται από τη σχέση:

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}$$

Όπου  $T$  είναι η χρονική διάρκεια της μέτρησης.

Η ενεργός τιμή αποτελεί βασικά το ενεργειακό περιεχόμενο του ήχου.

Χαρακτηριστικές τιμές για διάφορες ηχητικές πηγές δίνονται στον πίνακα 2.

Είδος Θορύβου	Ενεργός πίεση $\bar{p}$ (N/m <sup>2</sup> )	Στάθμη ηχητικής πίεσης $L_p$ (dB)
Θρόισμα φύλλων	$2 \cdot 10^{-4}$	20
Συζήτηση	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Ηλ. σκούπα σε δωμάτιο	$2 \cdot 10^{-2}$	60
Δυνατή φωνή (απόσταση 1μ.)	$2 \cdot 10^{-1}$	80
Μοτοποδήλατο (απόσταση 1μ.)	2	100

Πίνακας 2 τιμές ενεργούς ηχητικής πίεσης.

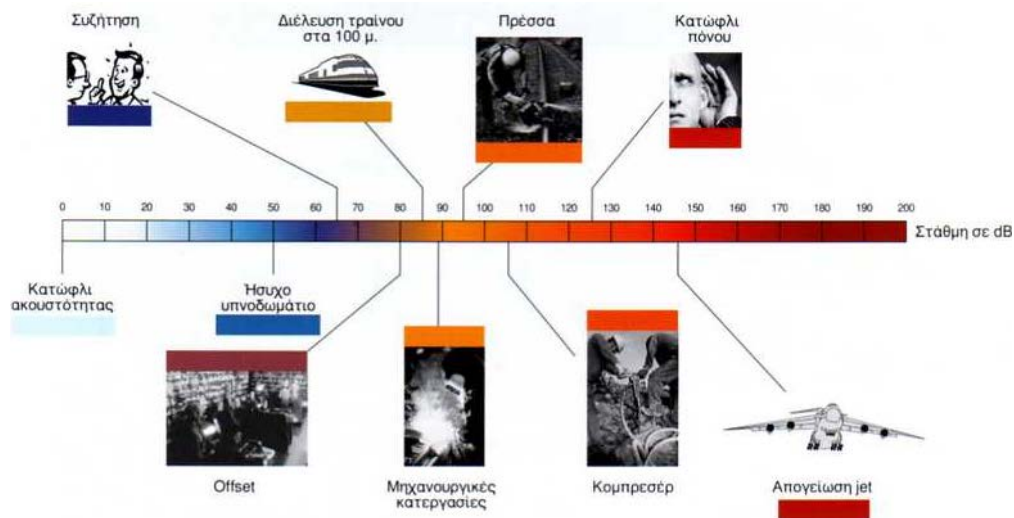
Όπως προκύπτει από τον πίνακα, και οι τιμές της ενεργού πίεσης κυμαίνονται από  $2 \cdot 10^{-4}$  μέχρι  $2 \text{MPa}$  ( $\text{N/m}^2$ ). Για την αποφυγή πράξεων με εκθέτες ή μεγάλους δεκαδικούς αριθμούς προκύπτει η ανάγκη χρησιμοποίησης μιας λογαριθμικής κλίμακας για τον χαρακτηρισμό του ήχου (θορύβου).

Η στάθμη της ηχητικής πίεσης  $L_p$  ορίζεται από τη σχέση:

$$L_p = 10 \log(p^2/p_0^2) \text{ σε dB}$$

όπου  $p$  είναι η ενεργός τιμή της ηχητικής πίεσης και  $p_0$  μια πίεση αναφοράς ίση με την ελάχιστη πίεση που απαιτείται για να διεγερθεί το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής (κατώφλι ακουστότητας).

Η τιμή της πίεσης αναφοράς  $p_0$  είναι ίση με  $2 \cdot 10^{-5} \text{N/m}^2$ . Παραδείγματα ηχητικών πηγών με τις αντίστοιχες στάθμες ηχητικής πίεσης δίνονται στο σχήμα 7.



Σχ.7 Στάθμη ηχητικής πίεσης διαφόρων πηγών.

### Πράξεις με στάθμες

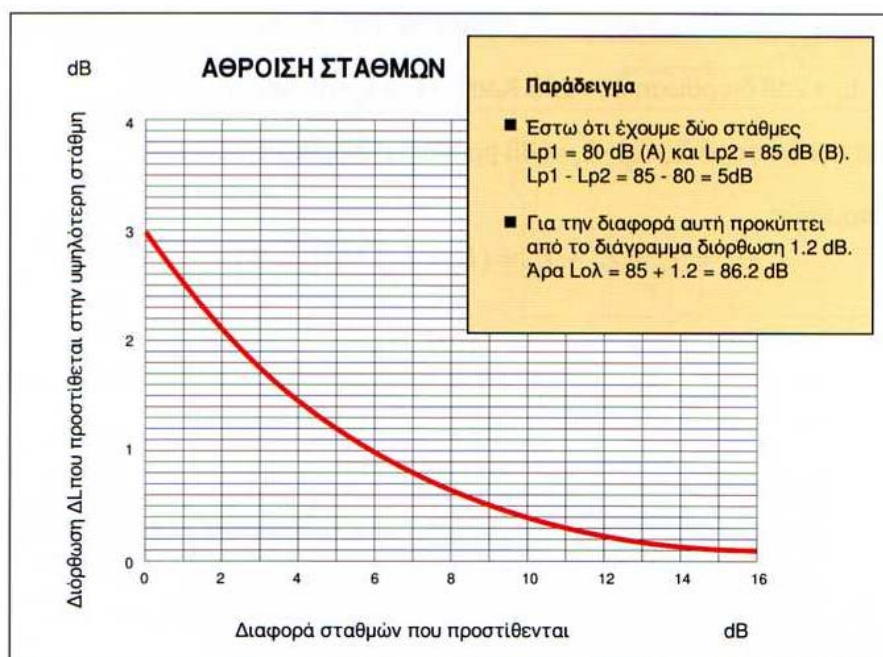
Πολλές φορές στην πράξη λειτουργούν συγχρόνως σε ένα χώρο περισσότερες ηχητικές πηγές και συνεπώς προκύπτει ανάγκη να αθροίσουμε την επίδρασή τους. Είναι φανερό (από τον ορισμό της στάθμης ηχητικής πίεσης) ότι οι στάθμες δεν αθροίζονται αριθμητικά. Η ολική στάθμη ηχητικής πίεσης που δημιουργείται από την λειτουργία  $n$  πηγών δίνεται από τη σχέση:

$$L_{ολ} = 10 \log \sum 10^{L_v/10}$$

όπου  $L_v$  είναι οι επιμέρους στάθμες  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$  που αθροίζονται.

Στην περίπτωση δυο πηγών με στάθμες  $L_1$  και  $L_2$  αντίστοιχα, η συνολική στάθμη προκύπτει από τη σχέση:  $L_{ολ} = L_1 + \Delta L$

όπου  $L_1$  είναι υψηλότερη από τις δυο στάθμες και  $\Delta L$  μια διόρθωση της στάθμης λόγω της  $L_2$  που εξαρτάται από τη διαφορά των δυο σταθμών  $L_1 - L_2$ . Η διόρθωση  $\Delta L$  που πρέπει να προστεθεί στην υψηλότερη στάθμη υπολογίζεται εύκολα από το νομόγραμμα του σχήματος 8.



Σχ.8 Διάγραμμα υπολογισμού διόρθωσης ΔL.

Όταν αθροίζονται περισσότερες από δυο στάθμες αρχίζουμε με δυο. Προσθέτουμε στην υψηλότερη τη διόρθωση ΔL, στη συνέχεια στη στάθμη που προκύπτει προσθέτουμε με τη νέα διόρθωση λόγω της τρίτης κ.ο.κ.

### **Παράδειγμα**

Έστω ότι έχουμε να αθροίσουμε τρεις στάθμες:

$$L_1=80\text{dB}, L_2=82\text{dB}, L_3=78\text{dB}$$

Αρχίζοντας από τις δυο πρώτες, προκύπτει από το νομόγραμμα για τη διαφορά  $L_1-L_2=2\text{dB}$  διόρθωση  $\Delta L=2\text{dB}$ . Άρα  $L_1+L_2=L_2+\Delta L=82+2=84\text{dB}$ .

Για τη διαφορά  $(L_1+L_2)-L_3=6\text{dB}$  προκύπτει διόρθωση  $\Delta L=1\text{dB}$ .

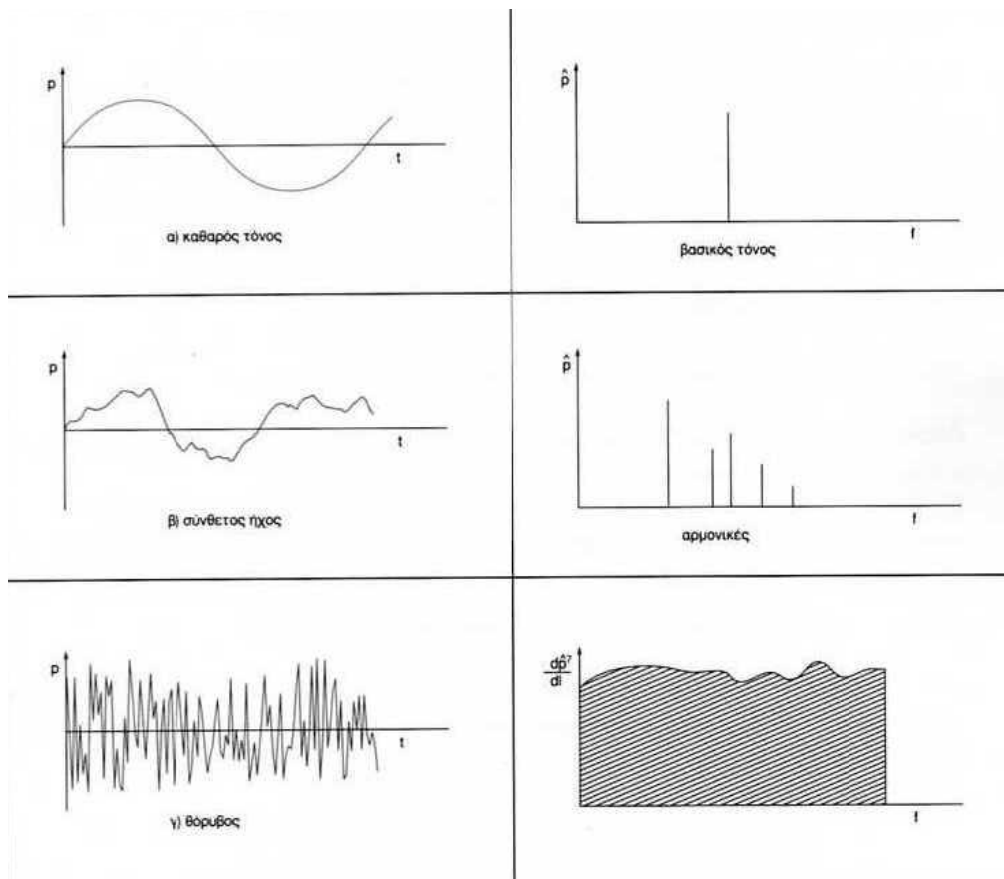
Επομένως,  $L_{\text{ολ}}=L_1+L_2+L_3=(L_1+L_2)+\Delta L=84+1=85\text{dB}$ .

### **Ηχητικό φάσμα**

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι η συχνότητα. Το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής λειτουργεί στην περιοχή συχνοτήτων από 16Hz μέχρι 16kHz. Όλα τα ακουστικά μεγέθη μεταβάλλονται με τη συχνότητα και το γεγονός αυτό αποτελεί μια ακόμη βασική διαφορά σε σύγκριση με άλλους τεχνολογικούς τομείς.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η τιμή μόνο ενός ακουστικού μεγέθους, όπως π.χ. η τιμή της στάθμης ηχητικής πίεσης  $L_p$ , δεν επαρκεί για τον χαρακτηρισμό ενός ήχου. Χρειάζεται και το φάσμα του, η μεταβολή δηλαδή της στάθμης ηχητικής πίεσης με της συχνότητα. Το φάσμα ενός ήχου καθορίζει το «είδος» του γιατί περιέχει πληροφορίες για την παραγωγή του, τον τρόπο διάδοσης και την επίδρασή του στον άνθρωπο. Και αυτό γιατί η ευαισθησία του ανθρώπινου αισθητηρίου της ακοής είναι διαφορετική για διαφορετικές συχνότητες.

Ο ήχος μιας συχνότητας, όπως π.χ. ο ήχος ενός διαπασόν, αποτελεί ένα καθαρό τόνο (σχήμα 9α). Αντίθετα, ο ήχος που αποτελείται από την υπέρθεση πολλών συχνοτήτων αρμονικά συσχετισμένων (η μια προκύπτει από την άλλη με βάση κάποιο νόμο) αποτελεί σύνθετο ήχο (σχήμα 9β) Τέλος, ένας σύνθετος ήχος με τυχαίες συχνότητες αποτελεί θόρυβο (σχήμα 9γ). εξαιτίας του φασμικού περιεχομένου, οι δυο πρώτοι ήχοι είναι ευχάριστοι στο ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής, ενώ αντίθετα ο θόρυβος προκαλεί ενόχληση. (σελ.88)



Σχ.9 Παραδείγματα ήχων με τα αντίστοιχα φάσματα.

Η περιοχή συχνοτήτων που ενδιαφέρει τη Δομική Ακουστική είναι από 100Hz μέχρι 3200Hz. Για το φάσμα των ακουστικών μεγεθών στην περιοχή αυτή χρησιμοποιούνται συχνοτικά διαστήματα οκτάβα ή τρίτου οκτάβας. Για τα διαστήματα αυτά υπάρχει σταθερή σχέση μεταξύ κατώτερου και ανώτερου ορίου συχνότητας και συγκεκριμένα:

για το διάστημα οκτάβας:  $f_a = 2f_k$

για το διάστημα τρίτου οκτάβας:  $f_a = \sqrt[3]{2}f_k$

όπου  $f_a$  και  $f_k$  τα αντίστοιχα ανώτερα και κατώτερα όρια που καθορίζουν το εύρος του διαστήματος συχνοτήτων.

Κατά την παράσταση του φάσματος, η τιμή του ακουστικού μεγέθους π.χ. της στάθμης ηχητικής πίεσης που αντιστοιχεί σε κάποια οκτάβα ή τρίτο οκτάβας δίνεται για την κεντρική συχνότητα της οκτάβας ή τρίτου οκτάβας.

Στον πίνακα 3 δίνονται οι τιμές των οκταβικών και τριτοκταβικών ζωνών που καλύπτουν το ακουστικό φάσμα καθώς και οι αντίστοιχες κεντρικές τους συχνότητες.

Οκτάβα			Τρίτο Οκτάβας		
κατώτερο όριο ζώνης	κεντρική συχνότητα	ανώτερο όριο ζώνης	κατώτερο όριο ζώνης	κεντρική συχνότητα	ανώτερο όριο ζώνης
11	16	22	14.1	16	17.8
			17.8	20	22.4
			22.4	25	28.2
22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
			35.5	40	44.7
			44.7	50	56.2
44	63	88	56.2	63	70.8
			70.8	80	89.1
			89.1	100	112
88	125	177	112	125	141
			141	160	178
			178	200	224
177	250	355	224	250	282
			282	315	355
355	500	710	447	500	562
			562	630	708
			708	800	891
710	1000	1420	891	1000	1122
			1122	1250	1413
			1413	1600	1778
1420	2000	2840	1778	2000	2239
			2239	2500	2818
			2818	3150	3548
2840	4000	5680	3548	4000	4467
			4467	5000	5623
			5623	6300	7079
5680	8000	11630	7079	8000	8913
			8913	10000	11220
			11220	12500	14130
11630	16000	22720	14130	16000	17780

Πίνακας 3. Τιμές οκταβικών και τριτοοκταβικών ζωνών.

### Σταθμισμένη Α-ηχοστάθμη

Όπως προαναφέρθηκε, το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής λειτουργεί στη περιοχή από 16Hz μέχρι KHz. Η ευαισθησία του όμως δεν είναι η ίδια σε όλες τις συχνότητες. Συγκεκριμένα, το ανθρώπινο αυτί έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στις χαμηλές συχνότητες και τη μέγιστη ευαισθησία στη συχνότητα των 1000Hz.

Για το λόγο αυτό και για να προσαρμοστεί ο μετρούμενος θόρυβος στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου αυτιού χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια μετρήσεων θορύβου το φίλτρο Α.

Το φίλτρο αυτό δίνει διαφορετική βαρύτητα σε κάθε περιοχή συχνοτήτων και προσεγγίζει σε μορφή τις ιδιομορφίες της ανθρώπινης ακοής σε διαφορετικές συχνότητες.

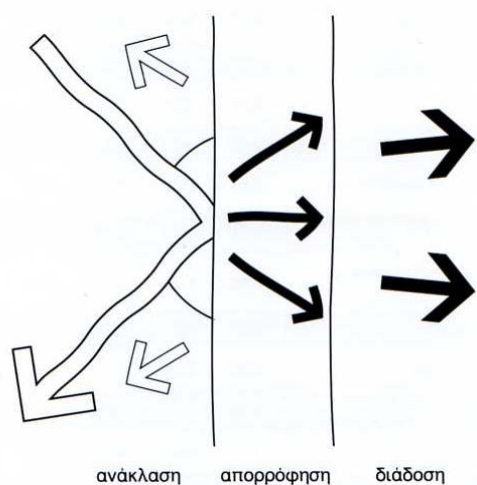
Η στάθμη ηχητικής πίεσης που προκύπτει από τις μετρήσεις που χρησιμοποιείται το φίλτρο A ονομάζεται σταθμισμένη A-ηχοστάθμη  $L_A$  και μετριέται σε dB (A). Σχεδόν όλες οι μετρήσεις που αφορούν θόρυβο μετριοούνται σε dB.

### Ισοδύναμη συνεχής ηχοστάθμη

Όλες οι πηγές αστικού θορύβου (π.χ. κυκλοφοριακός θόρυβος) προκαλούν μια κυμαινόμενη με το χρόνο στάθμη ηχητικής πίεσης (σχήμα 6, σελ. 84). Επομένως, ο θόρυβος αυτός δε μπορεί να περιγραφεί και να αξιολογηθεί με τη βοήθεια της στάθμης ηχητικής πίεσης  $L_p$ . Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η ισοδύναμη συνεχής ηχοστάθμη  $L_{eq}$  που σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου. Συνεπώς, η στάθμη  $L_{eq}$  αντιπροσωπεύει την ηχοστάθμη ενός αμετάβλητου θορύβου που προκαλεί την ίδια ενόχληση με τον πραγματικό κυμαινόμενο θόρυβο.

### Συντελεστής ηχοαπορρόφησης

Ηχοαπορρόφηση είναι η μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας (συνήθως σε θερμότητα) όταν ο ήχος διέρχεται μέσα από ένα υλικό ή προσπίπτει σε μια επιφάνεια (σχήμα 10).



Σχ.10 Απορρόφηση του ήχου.



Η ικανότητα του υλικού να απορροφά τον ήχο χαρακτηρίζεται από το συντελεστή ηχοαπορρόφησης  $\alpha$  του υλικού που ορίζεται ως ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που απορροφάται προς αυτή που προσπίπτει. Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης  $\alpha$  ενός υλικού εξαρτάται κύρια από τη δομή του. Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 1 (περίπτωση τέλει απορρόφησης) και 0 (περίπτωση τέλει ανάκλασης). Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης είναι συνάρτηση της συχνότητας και της γωνίας πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων. Στην πράξη οι τιμές του  $\alpha$  δίνονται τις διάφορες οκτάβες στις αντίστοιχες κεντρικές τους συχνότητες 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000Hz. Οι τιμές αυτές είναι μέσοι όροι για όλες τις δυνατές γωνίες πρόσπτωσης στη συγκεκριμένη συχνότητα.

Αντιπροσωπευτικές τιμές του συντελεστή ηχοαπορρόφησης για διάφορα υλικά δίνονται στον πίνακα 4.

	125	250	500	1000	2000	4000
Ασοβάτιστος τοίχος, άβαφος	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Βαμμένος τοίχος, καλυμμένος	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Επιφάνειες μπετόν αδρές	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Λείος σοβάς σε τοίχο	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Ασβεστοκονίαμα πεταχτό 15 mm	0,08	0,15	0,31	0,50	0,61	0,71
Επένδυση ραμποτέ 16 mm με 40 mm διάκενο	0,18	0,12	0,16	0,09	0,08	0,07
Νονοραπ 10 mm με αδρή επιφάνεια και διάκενο 50 mm	0,13	0,24	0,14	0,14	0,16	0,20
Νονοραπ 8 mm, διάκενο 20 mm γεμισμένο με ηχοαπορροφητικό	0,46	0,24	0,04	0,01	0,01	
Μοκέτα 5 mm πάνω σε δάπεδο	0,04	0,04	0,15	0,3	0,5	0,6
Χαλί με μακρύ πέλμα σε δάπεδο	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,4
Ξύλινη πόρτα πλακάς	0,14		0,06		0,05	
Ατομα καθιστά		0,23	0,56	0,78	0,88	0,89
Καρέκλα ξύλινη	0,01		0,02		0,02	
Πολυθρόνα βαθιά με ύφασμα	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,34
Συνήθης κουρτίνα κλειστή	0,05		0,23		0,30	
Πάπλωμα ορυκτόμαλλου 40 mm	0,19	0,34	0,55	0,74	0,88	0,97
Πλάκες ορυκτόμαλλου και διάκενο 8 mm	0,12	0,25	0,83	0,87	0,64	0,52
Φύλλο αλουμινίου 0,5 mm με διάτρηση 12,5%, με διάκενο 45 mm και απορροφητικό	0,77	0,56	0,50	0,48	0,49	0,40
Αφρώδες 50 mm πάνω σε τοίχο	0,12	0,20	0,45	0,65	0,70	0,75

Πίνακας 4. Τιμές συντελεστή ηχοαπορρόφησης για διάφορα υλικά.

### Ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια

Η ηχοαπορροφητική ικανότητα μιας επιφάνειας δίνεται από τη σχέση  $Sa$ , το γινόμενο δηλαδή της επιφάνειας επί τον συντελεστή ηχοαπορρόφησης  $a$  και εκφράζεται σε Sabines. Ένα Sabine αντιπροσωπεύει επιφάνεια ενός  $m^2$  με συντελεστή ηχοαπορρόφησης ίσο με 1. Η ηχοαπορροφητική ικανότητα ενός χώρου εξαρτάται από την ηχοαπορρόφηση των επιφανειών του (τοίχοι, δάπεδα, οροφές) καθώς και από την ηχοαπορροφητική ικανότητα των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα σε αυτόν (έπιπλα, κουρτίνες, χαλιά κλπ).

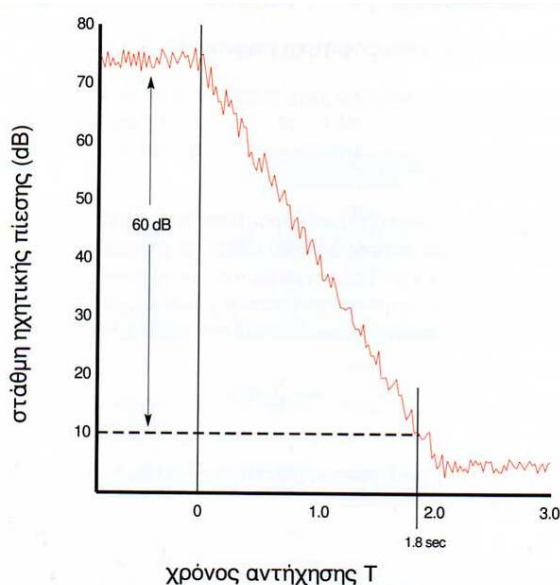
Η συνολική ηχοαπορροφητική ικανότητα ενός χώρου εκφράζεται με τη βοήθεια της ισοδύναμης ηχοαπορροφητικής επιφάνειας  $A$  που ορίζεται από τη σχέση:

$$A = \sum_i S_i a_i$$

Το άθροισμα δηλαδή των επιφανειών του χώρου  $S_i$  επί τον αντίστοιχο συντελεστή ηχοαπορρόφησης  $a_i$  κάθε επιφάνειας.

### Χρόνος αντήχησης

Ένα άλλο βασικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη ηχητική συμπεριφορά ενός χώρου και εξαρτάται άμεσα από την ηχοαπορροφητική του ικανότητα είναι ο χρόνος αντήχησης  $T$ . Ως χρόνο αντήχησης ενός χώρου (για κάθε συχνότητα) ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η στάθμη ηχητικής πίεσης  $L_p$  που δημιουργείται στο χώρο από μία ηχητική πηγή κατά 60dB μετά από την παύση της (σχήμα 11).



Σχ.11 Μέτρηση του χρόνου αντήχησης.

Η σχέση που συνδέει το χρόνο αντήχησης  $T$ α ενός χώρου όγκου  $V$  με την ισοδύναμη ηχοαπορροφητική του επιφάνεια είναι:

$$T(\text{sec}) = 0,163 \frac{V(m^3)}{A(Sab)}$$

Η παραπάνω σχέση, γνωστή και ως εξίσωση Sabine, αποτελεί τη θεμελιώδη σχέση της ακουστικής χώρων. Η σχέση αυτή ισχύει για χώρους με διαστάσεις που η αναλογία τους είναι κανονική και υπάρχει ομοιόμορφα κατανομημένη ηχοαπορρόφηση. Για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης ηχοαπορροφητικής επιφάνειας  $A$  ενός χώρου σε μια συγκεκριμένη συχνότητα θα πρέπει να μετρηθεί ο χρόνος αντήχησης  $T$  στη συχνότητα αυτή.

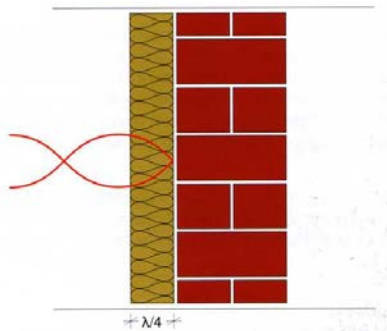
#### **2.4. ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ**

Όλα τα δομικά υλικά, επιχρίσματα και επικαλύψεις που χρησιμοποιούνται στην πράξη παρουσιάζουν συνήθως χαμηλή ηχοαπορρόφηση. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται αυξημένη ηχοαπορρόφηση (όπως ακουστικός σχεδιασμός αιθουσών, μείωση θορύβου σε βιομηχανικούς χώρους κτλ) χρησιμοποιούνται υλικά και διατάξεις. Τα ηχοαπορροφητικά υλικά και διατάξεις διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Πορώδη ηχοαπορροφητικά (π.χ. πετροβάμβακας GEOLAN)
- Συνηχητές μεμβράνες
- Συνηχητές κοιλότητας

### α) πορώδη ηχοαπορροφητικά

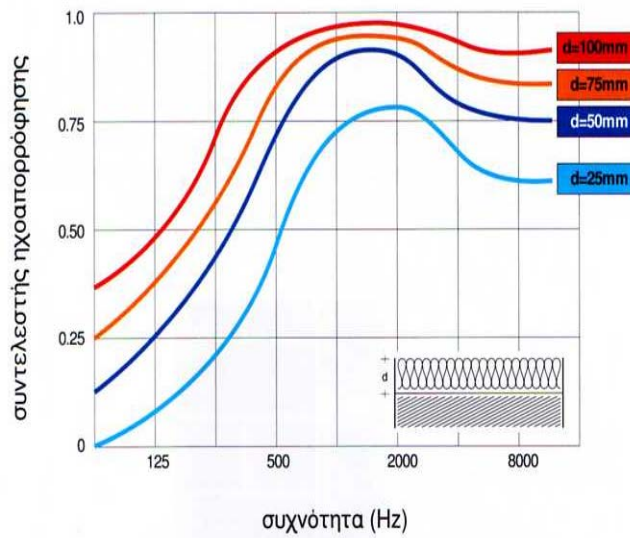
Τα πορώδη υλικά (πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας, ινώδη) είναι υλικά με ανοιχτούς πόρους. Η βασική ακουστική λειτουργία των υλικών αυτών είναι η απορρόφηση του ήχου μέσα από τη μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα μέσα στους πόρους.



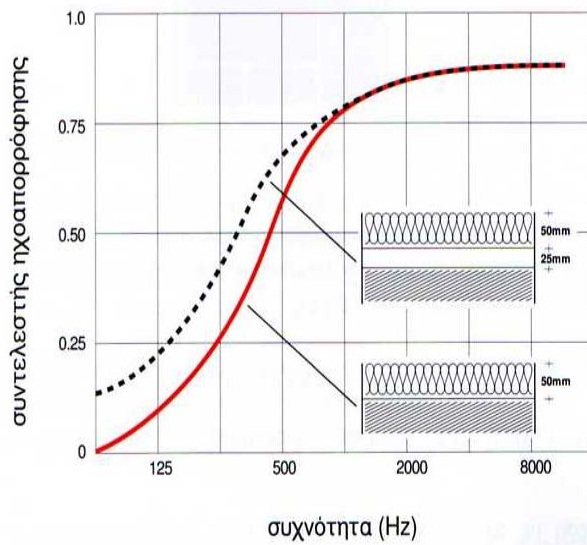
Σχ.12 Συντελεστής ηχοαπορρόφησης πορώδους υλικού.

Τα πορώδη παρουσιάζουν μεγάλη ηχοαπορρόφηση στις υψηλές συχνότητες (μικρά μήκη κύματος). Όπως φαίνεται στο σχήμα 12 σε ένα ηχητικό κύμα που προσπίπτει σε μια επιφάνεια, το μέγιστο πλάτος εμφανίζεται στο  $\frac{1}{4}$  ή τα  $\frac{3}{4}$  του μήκους κύματος. Επομένως, για αποτελεσματική ηχοαπορρόφηση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, θα πρέπει το πάχος του ηχοαπορροφητικού να είναι συγκρίσιμο με το  $\frac{1}{4}$  του μήκους κύματος στη συχνότητα αυτή. Σε αντίθετη περίπτωση η ηχοαπορρόφηση είναι χαμηλή.

Για την αύξηση της ηχοαπορρόφησης σε χαμηλότερες συχνότητες απαιτείται είτε αύξηση του πάχους του υλικού σχήμα 13 (σελ.95) είτε αύξηση της απόστασης του πορώδους υλικού από τη σταθερή επιφάνεια τοποθέτησης (σχήμα 14, σελ.95).



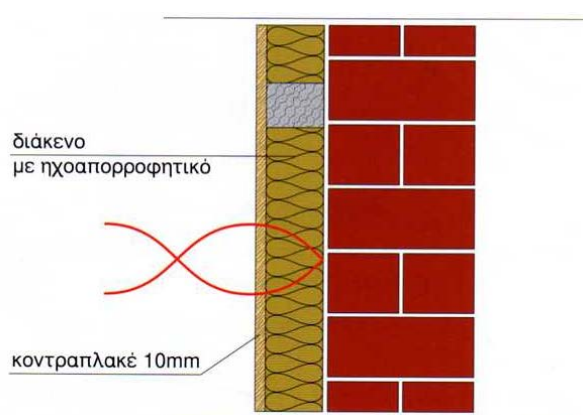
**Σχ.13 Επίδραση του πάχους του πορώδους υλικού στο συντελεστή ηχοαπορρόφησης.**



**Σχ. 14 Επίδραση της απόστασης του υλικού από την επιφάνεια τοποθέτησης στο συντελεστή ηχοαπορρόφησης.**

## β) συνηχητές μεμβράνης

Οι διατάξεις αυτές αποτελούνται από λεπτά, εύκαμπτα φύλλα που τοποθετούνται σε απόσταση από μια σταθερή άκαμπτη επιφάνεια, έτσι ώστε να σχηματίζεται μεταξύ τους διάκενο αέρα (σχήμα 15). Στις διατάξεις αυτές η μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα προκαλείται από την αντίσταση του φύλλου σε απότομη κάμψη και την αντίσταση του εγκλωβισμένου στο διάκενο αέρα να συμπιεστεί.



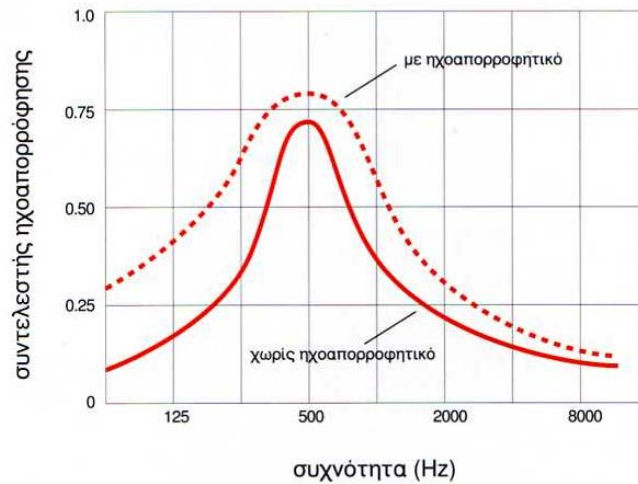
Σχ.15 Διάταξη συνηχητή μεμβράνης.

Η ηχοαπορρόφηση των συνηχητών μεμβράνης είναι μέγιστη στη συχνότητα συντονισμού  $f_R$  που καθορίζεται από την επιφανειακή μάζα  $m''$  του φύλλου και το πάχος του διακένου  $d$  και δίνεται από τη σχέση:

$$f_R = \frac{60}{\sqrt{m''d}} \quad (m'' \text{ σε kg/m}^2 \text{ και } d \text{ σε m})$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει μόνο στην περίπτωση που στο διάκενο υπάρχει αέρας. Σε αντίθεση με τα πορώδη ηχοαπορροφητικά, οι συνηχητές μεμβράνης εμφανίζουν σημαντική ηχοαπορρόφηση στις χαμηλές συχνότητες (σχήμα 16,σελ.97).

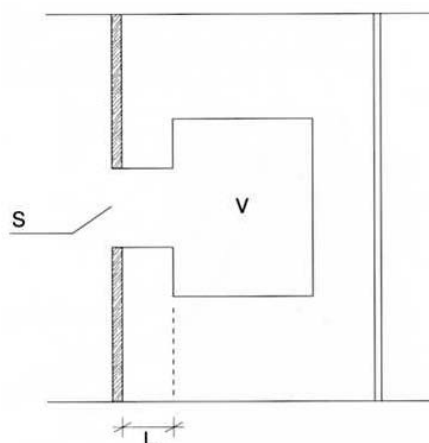
Για να διερευνηθεί η περιοχή συχνοτήτων, όπου η ηχοαπορρόφηση είναι ικανοποιητική, προστίθεται συνήθως ηχοαπορροφητικό υλικό στο διάκενο μεταξύ μεμβράνης και τοίχου. (σχήμα 16)



Σχ.16 Συντελεστής ηχοαπορρόφησης συνηχητή μεμβράνης.

### γ) συνηχητές κοιλότητας

Η Τρίτη κατηγορία ηχοαπορροφητικών διατάξεων είναι οι συνηχητές κοιλότητας. Οι συνηχητές αυτοί αποτελούνται βασικά από μια κοιλότητα όγκου  $V$ , όπου εγκλωβίζεται ο αέρας που επικοινωνεί με τον ελεύθερο χώρο με στενό άνοιγμα (λαιμό) διατομής  $S$  και μήκους  $L$ . (σχήμα 17)



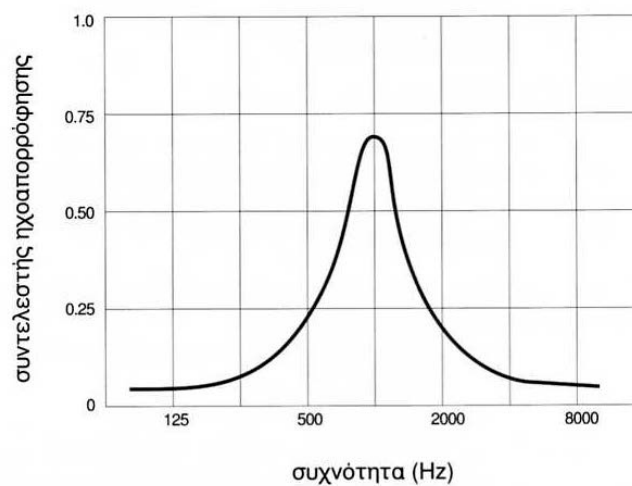
Σχ.17 Συνηχητής κοιλότητας.

Οι συνηχητές κοιλότητας παρουσιάζουν αυξημένη ηχοαπορρόφηση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα  $f_R$  που δίνεται από τη σχέση :

$$f_R = 320 / 2\pi \cdot \sqrt{S/VL} \text{ (Hz)}$$

Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση, η συχνότητα μέγιστης ηχοαπορρόφησης μπορεί να ρυθμιστεί μεταβάλλοντας τη γεωμετρία του συνηχητή.

Οι συνηχητές κοιλότητας χρησιμοποιούνται για επιλεκτική ηχοαπορρόφηση συγκεκριμένων συχνοτήτων γιατί η ηχοαπορροφητική τους ικανότητα περιορίζεται σε μια πολύ στενή περιοχή συχνοτήτων γύρω από την  $f_R$ . (σχήμα 18)

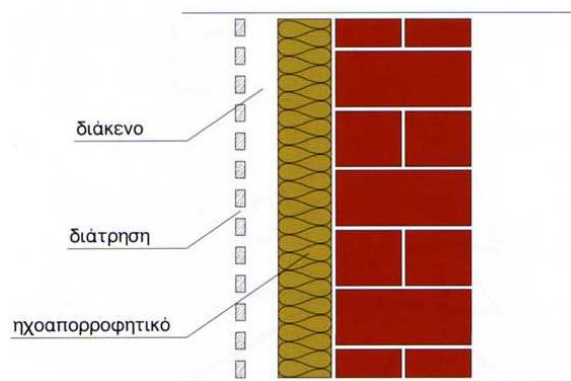


Σχ.18 Συντελεστής ηχοαπορρόφησης συνηχητή κοιλότητας.



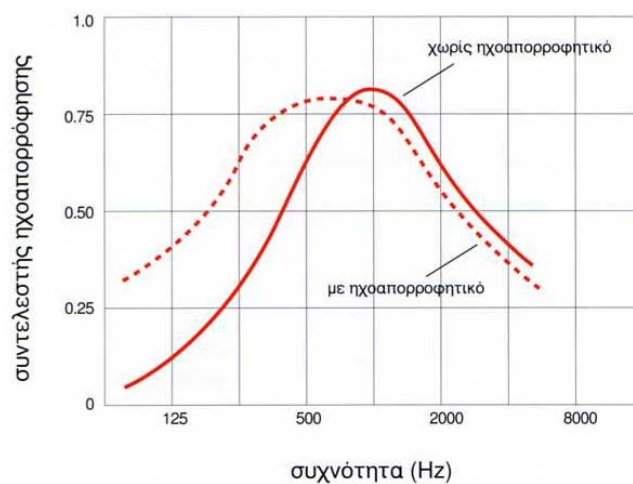
### Διάτρητα απορροφητικά

Οι διατάξεις αυτές, που αποτελούνται συνήθως από διάτρητα πάνελ, είναι συνδυασμός των προηγούμενων τύπων ηχοαπορροφητικών (σχήμα 19α). Το πάνελ μπορεί να είναι κόντρα πλακέ, πονοραν, μεταλλικό ή πλαστικό φύλλο και λειτουργεί ως συνηχητής μεμβράνης.



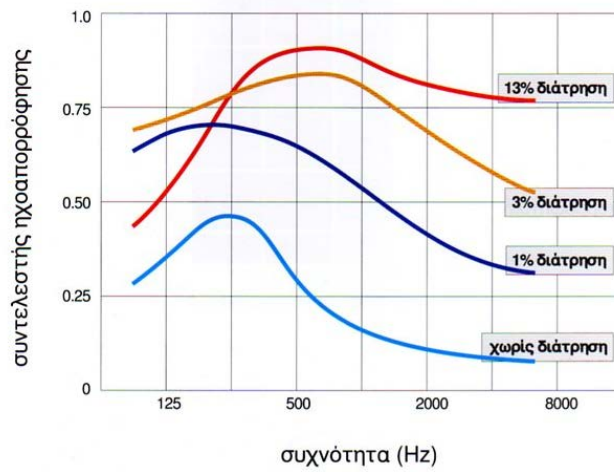
Σχ.19α Διάταξη διάτρητου ηχοαπορροφητικού.

Το ηχοαπορροφητικό υλικό, τέλος, βοηθά στη διεύρυνση της περιοχής ηχοαπορρόφησης σχήματος 19β.



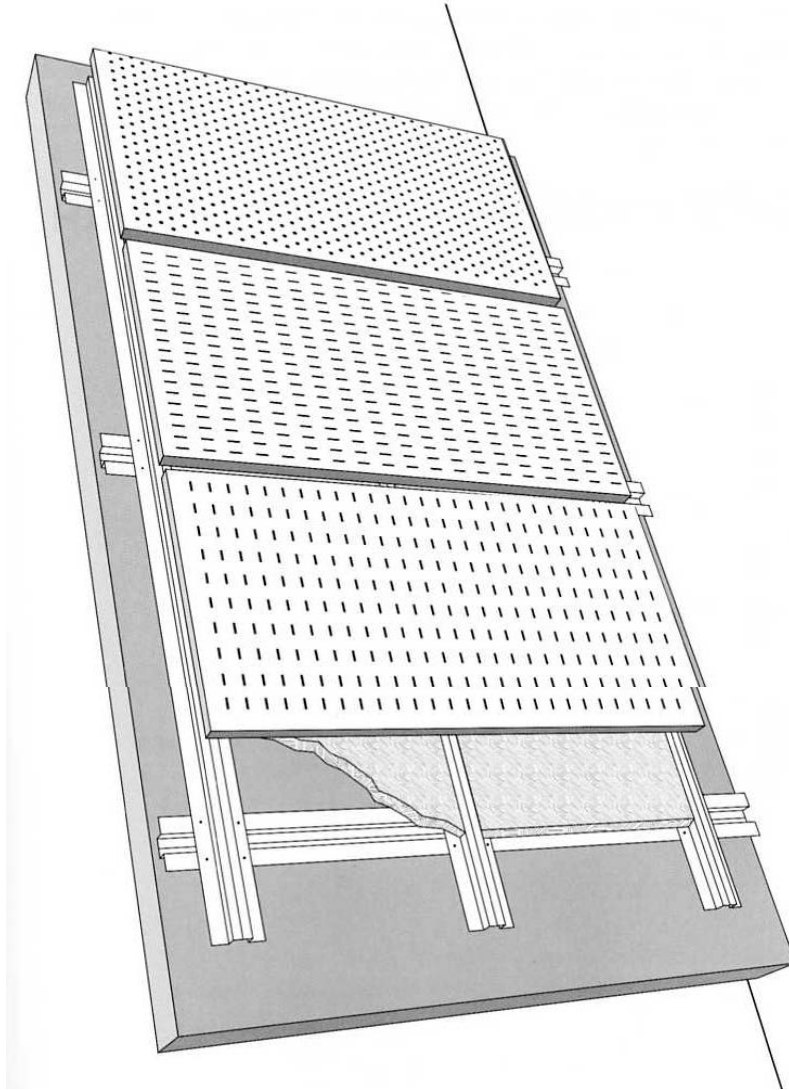
Σχ.19β συντελεστής ηχοαπορρόφησης διάτρητου ηχοαπορροφητικού.

Η ηχοαπορροφητική ικανότητα των διάτρητων ηχοαπορροφητικών εξαρτάται από το ποσοστό διάτρησης. (σχήμα 20)



**Σχ.20 Επίδραση του ποσοστού διάτρησης στο συντελεστή ηχοαπορρόφησης διάτρητης επένδυσης.**

Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα διάτρητων ηχοαπορροφητικών δίνονται στο σχήμα 21.



Σχ.21 Τυπικές διατάξεις διάτρησης ηχοαπορροφητικής επένδυσης.

## **2.5. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ**

Οι απαιτήσεις για ηχομόνωση των κτιρίων και τα ανάλογα οικοδομικά μέτρα πρέπει να αντιμετωπισθούν στην αρχιτεκτονική μελέτη, γιατί αργότερα συνεπάγονται δαπανηρές μετατροπές και τεχνικές δυσκολίες.

Κατά τη μελέτη πρέπει να προσεχθεί ώστε οι χώροι του ύπνου και χώροι που προορίζονται για πνευματική εργασία να μην είναι εκτεθειμένοι σε θορύβους του δρόμου, των χώρων στάθμευσης, των βιομηχανιών και του σιδηροδρόμου. Χώροι από τους οποίους προέρχονται πολλοί θόρυβοι όπως κουζίνα, λουτρό και W.C. δεν πρέπει να συνορεύουν με υπνοδωμάτια και ήσυχους χώρους γειτονικών κατοικιών και σε πολυώροφα κτίρια πρέπει να τοποθετούνται σε κατακόρυφη στήλη, γεγονός που σημαίνει και οικονομία στις υδραυλικές εγκαταστάσεις. Γενικά πρέπει να επιδιώκεται η τοποθέτηση χώρων με συγγενή λειτουργία σε κάθετο άξονα ή οριζόντια γειτνίαση.

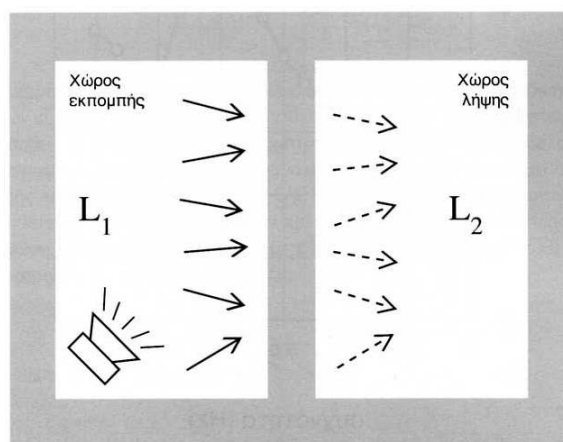
Πρέπει να αποφεύγεται επίσης, η διέλευση των εγκαταστάσεων (π.χ. ύδρευσης-αποχέτευσης, καυσίμων αερίων κλπ.) δίπλα από «ήσυχους» χώρους, ιδιαίτερα όταν οι τοίχοι τους είναι λεπτοί (ελαφροί). Μπορούν να τοποθετούνται σε διαχωριστικούς τοίχους κατοικιών και μεσοτοιχίες μόνο αν από την άλλη πλευρά βρίσκονται χώροι που δεν απαιτούν ησυχία (π.χ. W.C, λουτρό, διάδρομοι, αποθήκες κλπ.). Εσοχές σε διαχωριστικούς τοίχους διαμερισμάτων ή σε τοίχους κλιμακοστασίων πρέπει να αποφεύγονται ιδιαίτερα όταν πίσω τους βρίσκονται χώροι ησυχίας, επειδή από τη μικρή αυτή περιοχή ηχητικής διαπερατότητας μειώνεται η ηχητική μόνωση ολόκληρου του τοίχου.

Η οικονομικότερη κατασκευή θα είναι μάλλον εκείνη που θα ανταποκρίνεται στις περισσότερες δυνατές απαιτήσεις ταυτόχρονα. Η ηχητική μετάδοση διαμέσου τοίχων ή ορόφων είναι πολυπλοκότερη από τη θερμική μεταβίβαση.

### 2.5.1 ΜΟΝΩΣΗ ΑΕΡΟΦΕΡΤΩΝ ΗΧΩΝ

#### Δείκτης ηχομείωσης κτιριακού στοιχείου σε αερόφερτο ήχο

Διαφορά στάθμης του ήχου  $D=L_1-L_2$  ονομάζουμε τη διαφορά μεταξύ της στάθμης των ήχων  $L_1$  ενός χώρου με ενοχλητική ηχοπηγή (χώρος εκπομπής ήχου) και της από αυτήν δημιουργούμενης σε γειτονικό χώρο στάθμης  $L_2$  (χώρος λήψεως) και την εκφράζουμε σε dB.(σχήμα 22)



Σχ.22 Ορισμός Δείκτη Ηχομείωσης χωρίσματος.

Η διαφορά, όμως, αυτής της στάθμης των ήχων δεν αντιπροσωπεύει την ηχομονωτικότητα των διαχωριστικών στοιχείων ανάμεσα στους δύο χώρους επειδή η στάθμη των ήχων στο χώρο λήψεως εξαρτάται από την ηχοαπορροφητικότητα της οροφής, των τοίχων, του δαπέδου και του εξοπλισμού του. Για να αποκλείσουμε υπολογιστικά όλες τις επιδράσεις πρέπει να υπολογίσουμε τις ίσης αξίας ηχοαπορροφητική επιφάνεια  $A$  του χώρου με βάση την ηχοαπορροφητική επιφάνεια αναφοράς  $A_0$  που λαμβάνεται  $10m^2$ . Έτσι έχουμε την κανονική διαφορά στάθμης του ήχου:

$$D_{\pi}=D+ \log (A_0/A) =L_1-L_2+\log (A_0/A) \text{ σε dB}$$

που χαρακτηρίζει τη μόνωση των αερόφερτων ήχων μεταξύ δύο χώρων.

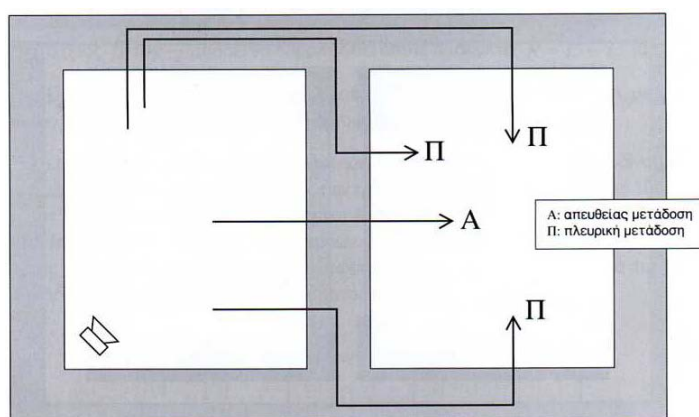
Η μέτρηση της ηχομονωτικότητας ενός στοιχείου που χωρίζει τους δύο χώρους πρέπει να αναφέρεται σε αυτή την επιφάνεια. Έτσι ισχύει για τη μόνωση ενός δομικού υλικού από τους αερόφερτους ήχους το μέτρο ηχομόνωσης:

$$R=D+\log (F/A)=L_1-L_2+\log (F/A) \text{ σε dB}$$

που προκύπτει από τη διαφορά στάθμης του ήχου  $D$  και ένα διορθωτικό σκέλος που αναφέρεται στη σχέση της επιφάνειας  $F$  του ελεγχόμενου οικοδομικού στοιχείου προς την ίσης αξίας απορροφητική επιφάνεια  $A$  του χώρου λήψεως. Το διορθωτικό σκέλος γίνεται αρνητικό όταν ίσης αξίας ηχοαπορροφητική επιφάνεια του χώρου λήψεως είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια των τοίχων. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται ιδιαίτερα σε ηχομονωμένους χώρους διαμονής.

### Πλευρικές μεταδόσεις-φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης

Στην πράξη, για ένα δομικό στοιχείο που είναι τοποθετημένο σε ένα κτίριο, η ηχητική ενέργεια που προσπίπτει δεν μεταδίδεται μόνο μέσα από το στοιχείο (σχήμα 23, δρόμος Α) αλλά και μέσα από τα πλευρικά στοιχεία (δρόμος Β).



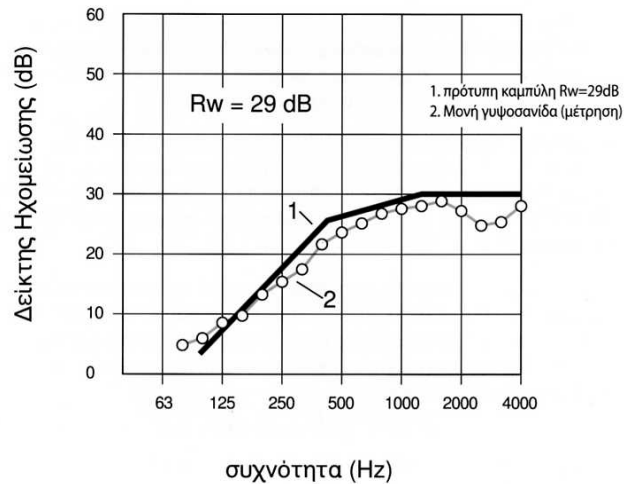
Σχ.23 Μετάδοση του αερόφερτου ήχου μεταξύ γειτονικών χώρων.

Η πρόσθετη μετάδοση μέσα από τα πλευρικά στοιχεία ονομάζεται πλευρική μετάδοση και είναι ιδιαίτερα σημαντική στην ηχομόνωση. Σε ένα συνηθισμένο κτίριο με πλευρικά στοιχεία από σκυρόδεμα σχεδόν το 50% της μετάδοσης του ήχου οφείλεται σε πλευρικές μεταδόσεις.

Στην οικοδομή ο ήχος μεταδίδεται όχι μόνο από τον διαχωριστικό τοίχο δύο χώρων αλλά και από χαραμάδες, ασθενή σημεία και γειτονικά οικοδομικά στοιχεία, για αυτό και η μόνωση των αερόφερτων ήχων στην οικοδομή ορίζεται ως φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης  $R$ . Ο δείκτης  $R$  ενός χωρίσματος μεταβάλλεται με τη συχνότητα και οι τιμές του δίνονται για όλες τις κεντρικές συχνότητες των τρίτων οκτάβας από 100Hz μέχρι 3200Hz. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολη μια απλή και γρήγορη αξιολόγηση της ηχομονωτικής ικανότητας ενός χωρίσματος βασισμένη στο δείκτη  $R$ . Ακόμη πιο δύσκολη είναι η σύγκριση της ηχομόνωσης δύο χωρισμάτων γιατί κάποιο χωρίσμα μπορεί να παρουσιάζει υψηλότερες τιμές του δείκτη  $R$  σε κάποιες συχνότητες και χαμηλότερες τιμές σε κάποιες άλλες. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να τεθούν απαιτήσεις ή προδιαγραφές για την ηχομόνωση κτιριακών στοιχείων χρησιμοποιώντας όλες τις τιμές του δείκτη ηχομείωσης.

Από τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη ορισμού ενός μονότιμου δείκτη που να χαρακτηρίζει συνολικά την ηχομονωτική ικανότητα ενός χωρίσματος για όλη την περιοχή συχνοτήτων από 100Hz μέχρι 3200Hz.

Το μέγεθος αυτό ονομάζεται σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης και συμβολίζεται με  $R_w$ . Για να προκύψει ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης  $R_w$  οι τιμές του δείκτη  $R$  συγκρίνονται με μια πρότυπη καμπύλη στάθμισης που καθορίζει τις τιμές οκτάβας έτσι ώστε ο δείκτης  $R_w$  να έχει συγκεκριμένη τιμή. Η πρότυπη καμπύλη για σταθμισμένο δείκτη ηχομόνωσης  $R_w = 29\text{dB}$  φαίνεται στο σχήμα 24 (σελ.106).



**Σχ.24 Στάθμιση Δείκτη Ηχομείωσης χωρίσματος.**

Η τιμή της πρότυπης καμπύλης που αντιστοιχεί στα 500 Hz είναι η τιμή του σταθμισμένου δείκτη  $R_w$ . Συγκεκριμένα στο σχήμα φαίνεται ο μετρούμενος δείκτης ηχομείωσης  $R$  χωρίσματος μονής γυψοσανίδας και η πρότυπη καμπύλη. Η πρότυπη καμπύλη στάθμισης μετατοπίζεται μέχρις ότου οι δύο καμπύλες «πλησιάσουν» και εκπληρωθούν τα παρακάτω κριτήρια:

- Η μέση δυσμενέστερη απόκλιση για όλες τις συχνότητες μεταξύ μετρήσεων και πρότυπης καμπύλης να μην υπερβαίνει τα 2dB.
- Η μέγιστη δυσμενής απόκλιση για οποιαδήποτε συχνότητα να μην υπερβαίνει τα 8dB.

Για τη θέση της πρότυπης καμπύλης όπου εκπληρώνονται τα παραπάνω κριτήρια, η τιμή που αντιστοιχεί στη συχνότητα των 500Hz αποτελεί τον δείκτη  $R_w$ . στο συγκεκριμένο παράδειγμα της μονής γυψοσανίδας προκύπτει  $R_w=29\text{dB}$

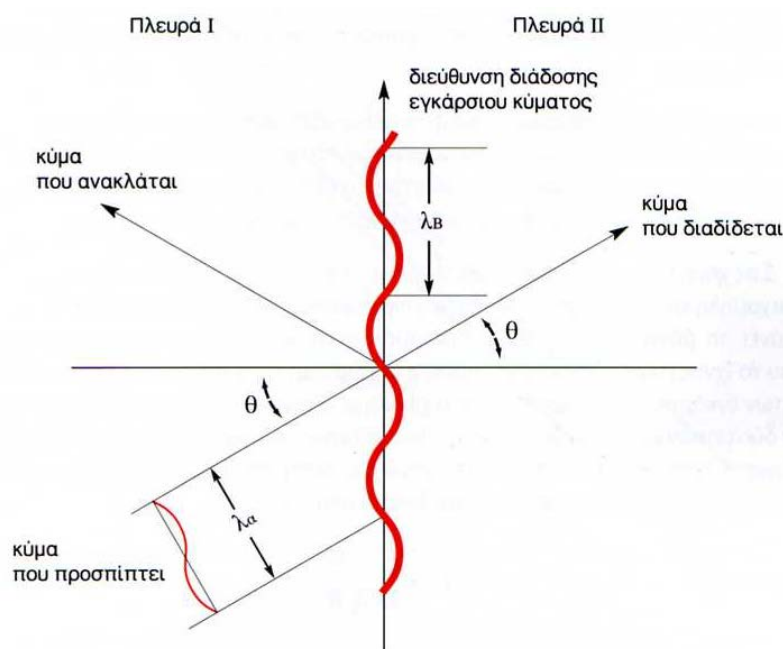
### **Μετάδοση του ήχου μέσα από χωρίσματα**

Για την κατανόηση της ηχομονωτικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων σε αερόφερτο ήχο είναι βασικής σημασίας η ανάλυση του μηχανισμού μετάδοσης του ήχου μέσα από ένα χωρίσμα.

Στο σχήμα 25 (σελ. 107) φαίνεται σχηματικά ένα χωρίσμα που διαιρεί το χώρο σε δύο πλευρές.



Από την πλευρά α προσπίπτει υπό γωνία  $\theta$  ηχητικό κύμα μήκους κύματος  $\lambda_0$ . το κύμα διεγείρει το χώρισμα σε ταλάντωση και πάνω του δημιουργούνται και διαδίδονται εγκάρσια κύματα μήκους κύματος  $\lambda_b$ . Εξαιτίας της ταλάντωσής του το χώρισμα λειτουργεί ως ηχητική πηγή και εκπέμπει ήχο στην πλευρά II.



Σχ.25 Μηχανισμός διάδοσης ηχητικού κύματος μέσα από χώρισμα.

Ο μηχανισμός διάδοσης επομένως είναι ο αερόφερτος ήχος που προσπίπτει στο γειτονικό χώρο (δημιουργία στερεόφερτου ήχου στο χώρισμα- εκπομπή αερόφερτου ήχου στο γειτονικό χώρο). Η εκπομπή ήχου από το χώρισμα στην πλευρά β εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ του μήκους κύματος  $\lambda_0$  των ηχητικών κυμάτων στον αέρα και του μήκους κύματος  $\lambda_b$  των εγκάρσιων κυμάτων (στερεόφερτου ήχου) πάνω στο χώρισμα. Επομένως, η μετάδοση του ήχου μέσα από το χώρισμα είναι συνάρτηση της συχνότητας. Στις χαμηλές συχνότητες ισχύει  $\lambda_b > \lambda_0$  και η εκπομπή ήχου από το χώρισμα είναι χαμηλή και περιορίζεται στην περιοχή γύρω από το χώρισμα. Καθώς η συχνότητα αυξάνει, τα μήκη κύματος  $\lambda_0$  και  $\lambda_b$  μεταβάλλονται και υπάρχει κάποια συχνότητα όπου το ίχνος (προβολή) του  $\lambda_0$  πάνω στο χώρισμα είναι ίσο με το μήκος κύματος  $\lambda_b$  των εγκάρσιων κυμάτων πάνω στο χώρισμα.

Στη συχνότητα αυτή, η σύμπτωση των δύο μηκών κύματος έχει σαν αποτέλεσμα έντονη εκπομπή ήχου από το χώρισμα (ελάχιστη ηχομόνωση).

Η συχνότητα μέγιστης εκπομπής (ελάχιστης ηχομόνωσης) ονομάζεται συχνότητα σύμπτωσης και δίνεται από τη σχέση:

$$f_s = \frac{c_o^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m''}{B}}$$

όπου  $B = \frac{Eh^3}{12}$  η ακαμψία του χωρίσματος,

$m''$  το επιφανειακό βάρος

και  $c_o = 340 \text{ m/sec}$ .

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η συχνότητα σύμπτωσης  $f_s$  έχει ιδιαίτερη σημασία για την ηχομόνωση.

Για συχνότητες υψηλότερες από τη συχνότητα  $f_s$ , η εκπομπή ήχου μειώνεται σταδιακά με αποτέλεσμα σταδιακή αύξησης της ηχομόνωσης.

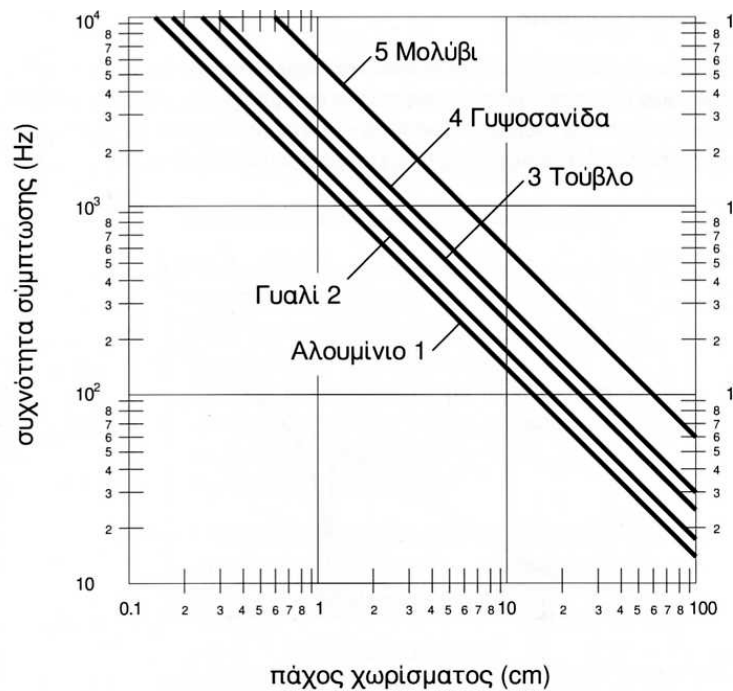
Η συχνότητα σύμπτωσης είναι συνάρτηση βασικών μεγεθών του χωρίσματος και συγκεκριμένα της ακαμψίας και του επιφανειακού βάρους. Παίρνοντας υπόψη ότι η ταχύτητα διάδοσης διαμήκων κυμάτων  $c_L$  στο χώρισμα δίνεται από τη σχέση:

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Προκύπτει ότι η συχνότητα σύμπτωσης  $f_s$  ενός χωρίσματος πάχους  $h$  μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά από τη σχέση:

$$f_s = \frac{c_o^2}{1.8 * c_L * h} \text{ (σε Hz)}$$

Η συχνότητα σύμπτωσης ενός χωρίσματος μπορεί να εκτιμηθεί εύκολα χρησιμοποιώντας το διάγραμμα του σχήματος 26 (σελ. 109) που δίνεται η  $f_s$  ως συνάρτηση του πάχους  $h$  για χωρίσματα διάφορων υλικών.

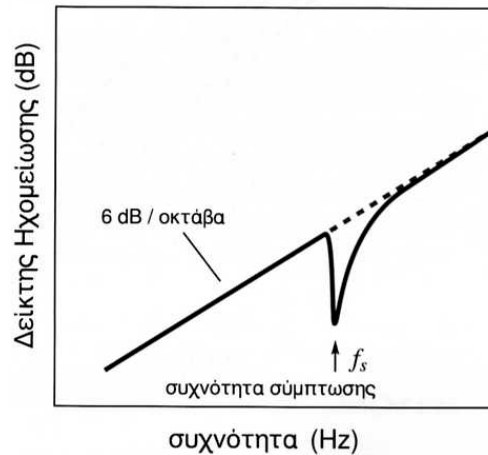


Σχ.26 Διάγραμμα υπολογισμού της συχνότητας σύμπτωσης.

### Μονά χωρίσματα

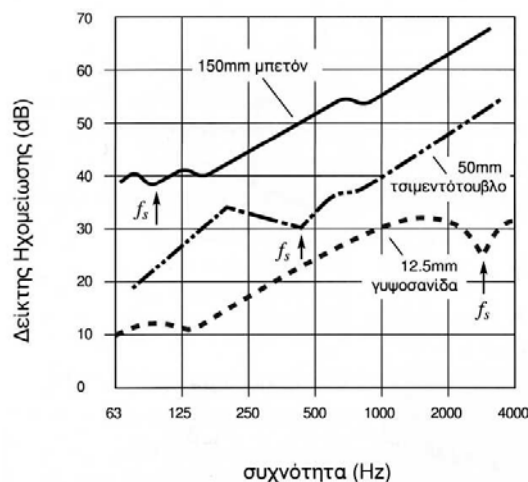
Μονά η μονοκέλυφα χωρίσματα θεωρούνται δομικά στοιχεία που ταλαντώνονται ως ενιαίο σώμα κατά τη διέγερσή τους και την εκπομπή ήχου. Αποτελούνται από ομογενή υλικά (μπετόν, τούβλο, γυψοσανίδα κτλ) είτε από στρώσεις διαφορετικών υλικών στέρεα συνδεδεμένες μεταξύ τους έτσι ώστε να αποτελούν ένα σώμα.

Η ηχομονωτική ικανότητα ενός μονού χωρίσματος παριστάνεται σημαντικά σε συνάρτηση με τη συχνότητα στο σχήμα 27(σελ.110). Όπως φαίνεται, ο δείκτης ηχομείωσης αυξάνεται με τη συχνότητα με κλίση 6dB/οκτάβα δηλαδή κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό της συχνότητας. Στην περιοχή όμως γύρω από τη συχνότητα σύμπτωσης  $f_s$  παρατηρείται απότομη μείωση της ηχομείωσης.



Σχ.27 Δείκτης Ηχομείωσης μονών χωρισμάτων.

Η μείωση του δείκτη ηχομείωσης λόγω σύμπτωσης εκτείνεται σε μια περιοχή με εύρος περίπου μιας οκτάβας. Το μέγεθος της μείωσης εξαρτάται κύρια από την απόσβεση του υλικού. Είναι φανερό ότι το φαινόμενο της σύμπτωσης περιορίζει την ηχομονωτική ικανότητα ενός μονού χωρισματος. Το ιδανικό μονό χώρισμα θα πρέπει να εμφανίζει συχνότητα σύμπτωσης εκτός της περιοχής από 100Hz μέχρι 3200Hz που αφορά την Δομική Ακουστική. Στο σχήμα 28 φαίνεται ο δείκτης ηχομείωσης τριών χαρακτηριστικών περιπτώσεων χωρισμάτων. Το πρώτο χώρισμα είναι λεπτή, εύκαμπτη πλάκα γυψοσανίδας με συχνότητα σύμπτωσης γύρω στα 2600Hz. Η δεύτερη περίπτωση αφορά βαρύ, άκαμπτο χώρισμα από μπετόν με συχνότητα σύμπτωσης 80Hz. Τέλος, το τρίτο χώρισμα από τσιμεντότουβλα παρουσιάζει συχνότητα σύμπτωσης στα 300Hz, εντός της ζώνης που ενδιαφέρει την ηχομόνωση.



Σχ.28 Δείκτης Ηχομείωσης μονών χωρισμάτων.

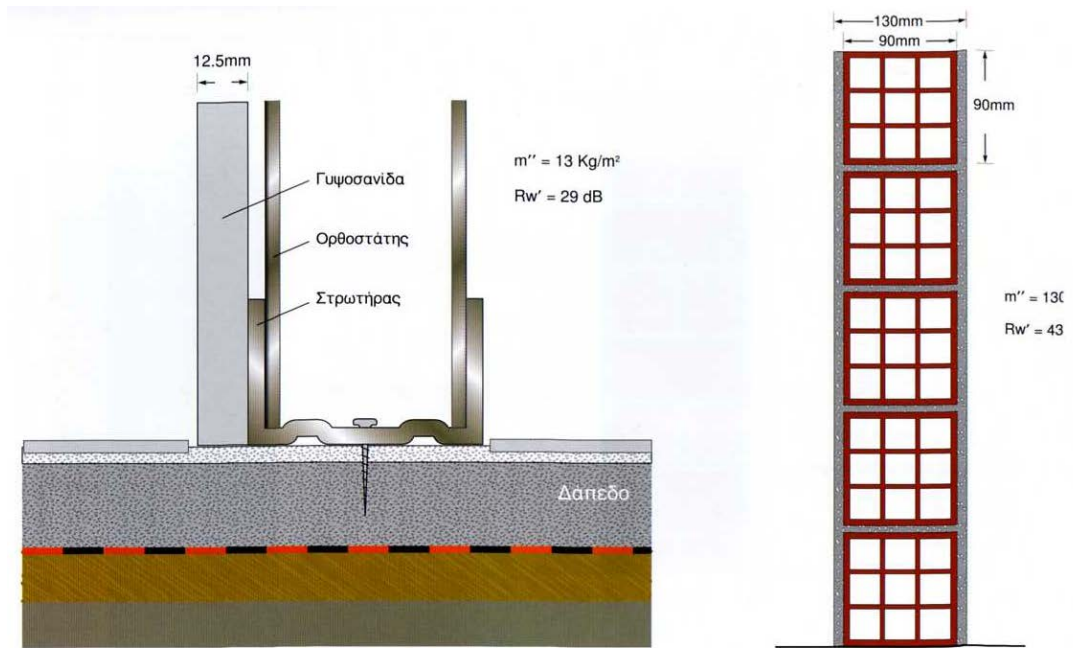
Αν εξαιρέσει κανείς το φαινόμενο της σύμπτωσης, μια χονδρική εκτίμηση της ηχομόνωσης μονών χωρισμάτων δίνεται από το λεγόμενο νόμο της μάζας. Ο νόμος αυτός δέχεται ότι ο δείκτης ηχομείωσης ενός μονού χωρίσματος αυξάνεται κατά 6dB για κάθε διπλασιασμό του βάρους του. Στο σχήμα 29 δίνεται ένα διάγραμμα του μέσου δείκτη ηχομείωσης (μέση τιμή για όλες τις συχνότητες) ενός μονού χωρίσματος σε συνάρτηση με το επιφανειακό του βάρος ( $\text{kg/m}^2$ ).



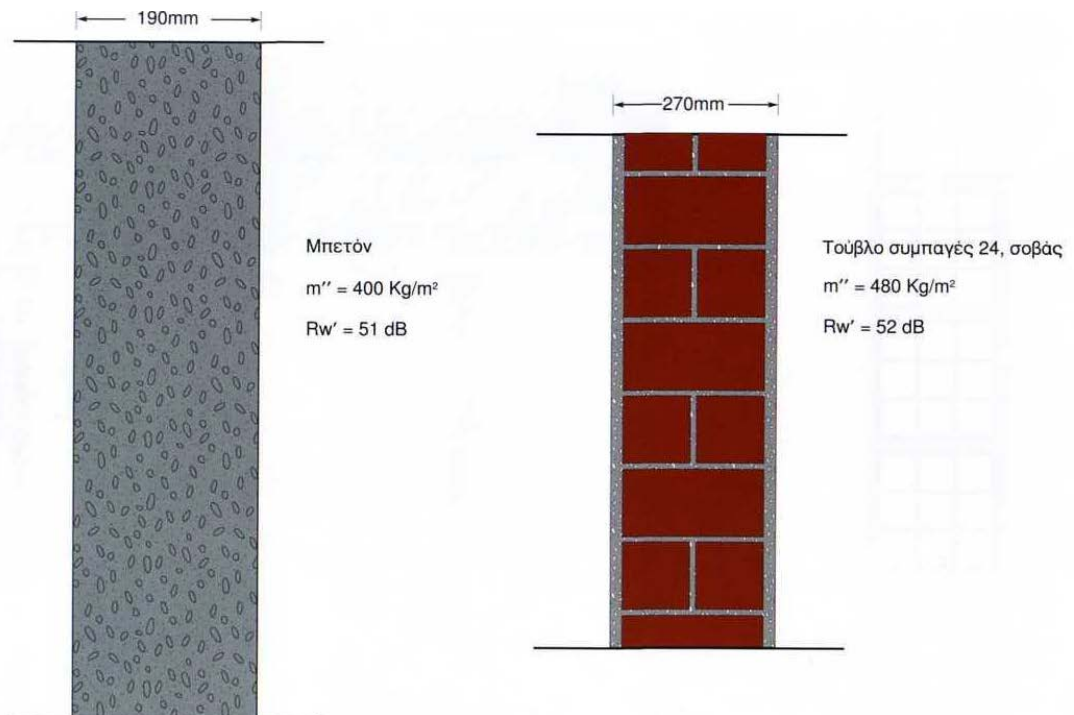
**Σχ.29 Προσεγγιστικός μέσος Δείκτης Ηχομείωσης μονών Χωρισμάτων με βάση το νόμο της μάζας.**

Μια μονή γυψοσανίδα έχει επιφανειακή μάζα περίπου  $13\text{kg/m}^2$ . Από το διάγραμμα προκύπτει ότι ο μέσος δείκτης ηχομόνωσης είναι περίπου 28dB. Αντίστοιχα, για ένα τοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 19cm με επιφανειακή μάζα  $400\text{kg/m}^2$  προκύπτει δείκτης ηχομείωσης περίπου 50dB.

Παραδείγματα συνηθισμένων μονών χωρισμάτων με τα ηχομονωτικά χαρακτηριστικά του δίνονται στα σχήματα 30 και 31 (σελ.112)



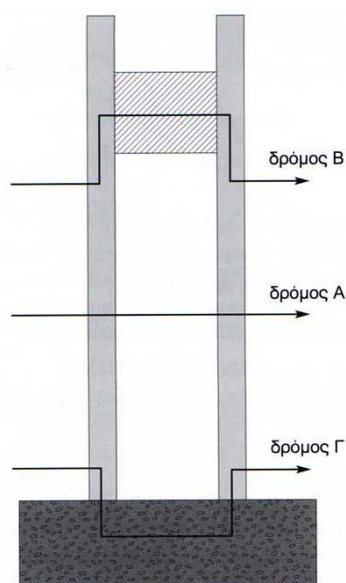
Σχ.30 Παράδειγμα μονών χωρισμάτων.



Σχ.31 Παράδειγμα μονών χωρισμάτων.

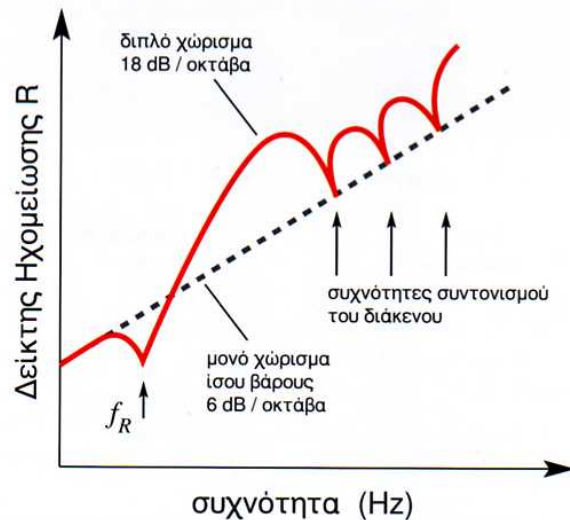
### Διπλά χωρίσματα

Τόσο το φαινόμενο όσο και ο νόμος της μάζας θέτουν ένα όριο στην ηχομονωτική ικανότητα των μονών χωρισμάτων. Για το λόγο αυτό, όπου απαιτείται αυξημένη ηχομόνωση χρησιμοποιούνται δίπλα ή δικέλυφα χωρίσματα. Ως διπλά ή δικέλυφα θεωρούνται χωρίσματα που αποτελούνται από δύο πλάκες ή κελύφη που χωρίζονται μεταξύ τους με διάκενο στο οποίο υπάρχει αέρας ή ηχοαπορροφητικό υλικό. Η ηχομονωτική συμπεριφορά ενός διπλού χωρίσματος είναι πολύπλοκη γιατί, σε αντίθεση από το μονό, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί δρόμοι μετάδοσης του ήχου (σχήμα 32). Η απευθείας διάδοση μέσα από το διάκενο (δρόμος Α), η μετάδοση μέσα από κοινά στοιχεία σύνδεσης των κελυφών (δρόμος Β) και η πλευρική μετάδοση μέσα από το κοινό δομικό στοιχείο στήριξης του χωρίσματος (δρόμος Γ). Εξαιτίας της πολυπλοκότητας μετάδοσης του ήχου στα διπλά χωρίσματα δεν υπάρχει μια απλή μεθοδολογία που να επιτρέπει την ακριβή εκτίμηση του δείκτη ηχομείωσης. Η εκτίμησή του γίνεται στην πράξη προσεγγιστικά αφού γίνουν απλουστευτικές παραδοχές.



**Σχ.32 Δρόμοι μετάδοσης του ήχου μέσα από διπλό χωρίσμα.**

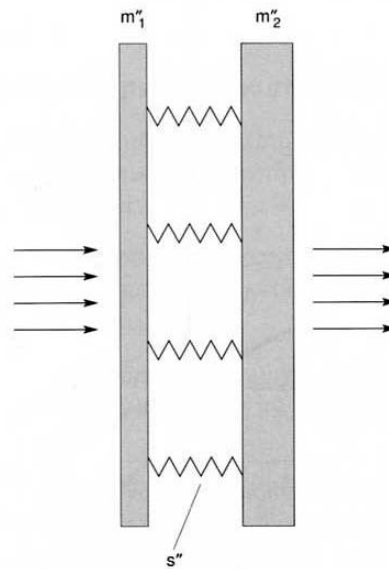
Στο σχήμα 33 δίνεται σχηματικά ο δείκτης ηχομείωσης ενός διπλού χωρίσματος σε σύγκριση με ένα μονό ίδιου βάρους σε συνάρτηση με τη συχνότητα. Στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων η ηχομόνωση του διπλού χωρίσματος όχι μόνο δεν εμφανίζει καμία βελτίωση σε σύγκριση με το μονό αλλά αντίθετα σε μια συγκεκριμένη συχνότητα  $f_R$  εμφανίζει σημαντική μείωση.



**Σχ.33 Δείκτης Ηχομείωσης διπλού χωρίσματος σε σύγκριση με τον αντίστοιχο μονού χωρίσματος ίσου βάρους.**

Η συχνότητα αυτή είναι η συχνότητα συντονισμού του διπλού χωρίσματος. Η συμπεριφορά αυτή εξηγείται θεωρώντας το μηχανικό ισοδύναμο ενός διπλού χωρίσματος. (σχήμα 34,σελ.115). Οι δύο μάζες  $m_1$ '' και  $m_2$ '' αντιπροσωπεύουν τα δύο κελύφη του χωρίσματος (επιφανειακές μάζες) και το ελατήριο με ακαμψία  $S$  ανά μονάδα επιφάνειας την ελαστικότητα του διάκενου μεταξύ των κελυφών.





Σχ.34 Μηχανικό ισοδύναμο διπλού χωρίσματος.

Είναι γνωστό ότι το σύστημα αυτό συντονίζεται στη συχνότητα  $f_R$  όπου τα κελύφη ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος με αποτέλεσμα η μετάδοση και εκπομπή ήχου να είναι μέγιστη (ελάχιστη ηχομόνωση).

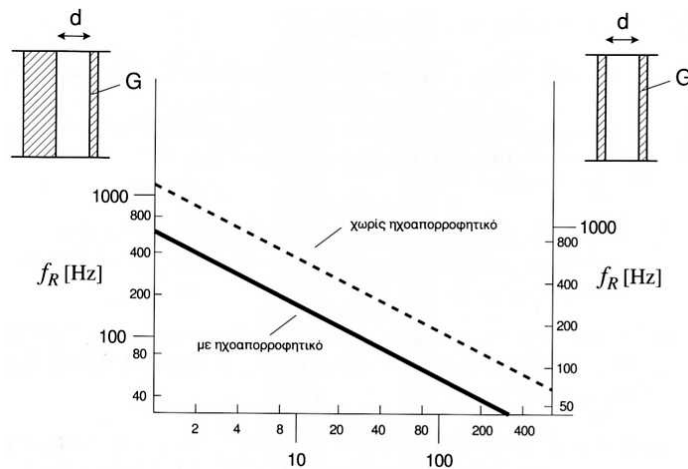
Η συχνότητα συντονισμού δίνεται από τη σχέση:

$$f_R = \frac{600}{\sqrt{m''d}} \text{ (Hz)}$$

$$\text{όπου } m'' = \frac{m_1'' m_2''}{m_1'' + m_2''} \text{ (} m_1'', m_2'' \text{ σε kg/m}^2 \text{ και } d \text{ σε cm)}$$

Στο σχήμα 35 (σελ.116) δίνεται ένα διάγραμμα που επιτρέπει τον εύκολο υπολογισμό της συχνότητας συντονισμού  $f_R$  διπλού χωρίσματος σε συνάρτηση με το βάρος των πλακών  $G_T$  και πάχος του ηχοαπορροφητικού στρώματος  $d$ . Πάνω από τη συχνότητα συντονισμού  $f_R$  η ηχομόνωση του διπλού χωρίσματος εμφανίζει σημαντική αύξηση σε σχέση με το μονό. Στην περιοχή αυτή το διπλό χώρισμα εμφανίζει μεγάλη αντίσταση με τη μετάδοση του ήχου. Στις υψηλότερες συχνότητες, όταν το μήκος κύματος των ηχητικών κυμάτων γίνεται συγκρίσιμο με το πάχος του διάκενου  $d$ , η κοιλότητα του διάκενου συντονίζεται και σχηματίζονται στάσιμα κύματα.

Ο συντονισμός της κοιλότητας διευκολύνει τη μετάδοση της ηχητικής ενέργειας μέσα από το χωρίσμα με αποτέλεσμα μείωση της ηχομόνωσης.



Σχ.35 Διάγραμμα υπολογισμού της συχνότητας συντονισμού  $f_R$  διπλών χωρισμάτων.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι τα διπλά χωρίσματα εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερη ηχομόνωση σε σύγκριση με τα μονά ίδιου βάρους ιδιαίτερα όταν η συχνότητα συντονισμού  $f_R$  βρίσκεται εκτός περιοχής που ενδιαφέρει την ηχομόνωση ( $f_R < 100\text{Hz}$ ) και όταν αποφεύγονται οι συντονισμοί στο διάκενο.

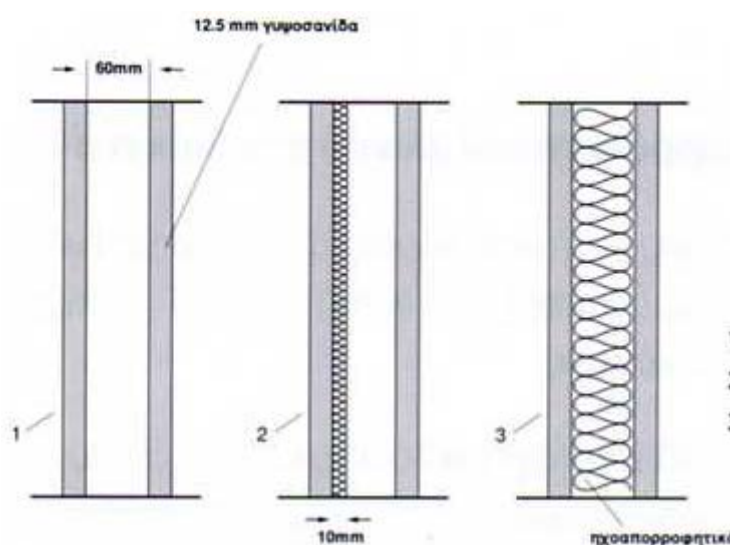
### Ο ρόλος ηχοαπορροφητικού υλικού στο διάκενο διπλού χωρίσματος

Η τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού υλικού στο διάκενο ενός διπλού χωρίσματος αυξάνει σημαντικά την ηχομονωτική του ικανότητα. Η βελτίωση της ηχομόνωσης οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

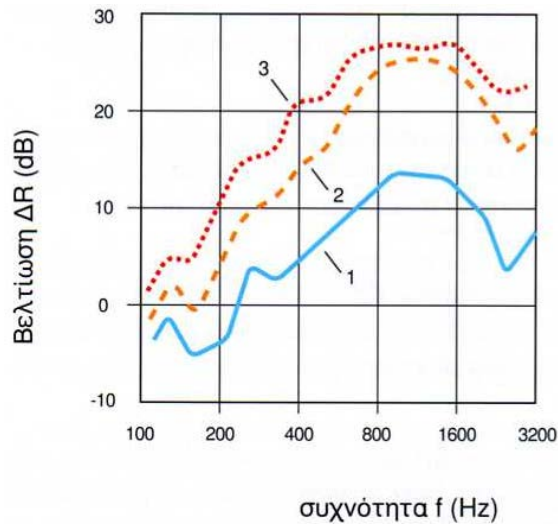
- Η τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού αποτρέπει τον συντονισμό στο διάκενο (σχηματισμό στάσιμων κυμάτων) με αποτέλεσμα την αύξηση της ηχομόνωσης στις υψηλές συχνότητες.
- Η παρουσία του ηχοαπορροφητικού υλικού μεταβάλλει την ακαμψία  $S$  στο διάκενο με αποτέλεσμα τη μετατόπιση της συχνότητας συντονισμού  $f_R$  σε χαμηλότερη συχνότητα.
- Το ηχοαπορροφητικό υλικό αυξάνει τις απώλειες της ηχητικής ενέργειας στο διάκενο με αποτέλεσμα τη μείωση του βαθύσματος στη συχνότητα σύμπτωσης και συνέπεια τη βελτίωση της ηχομόνωσης.

Η αποτελεσματικότητα ενός ηχοαπορροφητικού υλικού στη βελτίωση της ηχομόνωσης ενός διπλού χωρίσματος καθορίζεται κύρια από την αντίσταση ροής του ηχοαπορροφητικού. Η αντίσταση ροής καθορίζει τόσο την ακαμψία  $S$  στο διάκενο όσο και την ικανότητα μετατροπής της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα μέσα στο υλικό.

Μια ακριβής εκτίμηση της βελτίωσης που προκύπτει από την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού υλικού στο διάκενο είναι δύσκολη στην πράξη γιατί εκτός από την αντίσταση ροής του υλικού σημαντικό ρόλο παίζει και το πάχος του ηχοαπορροφητικού στρώματος.



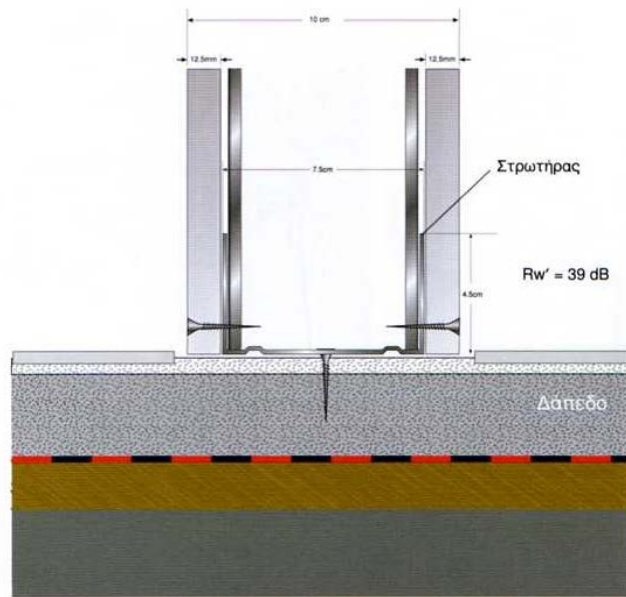
1. Χωρίς ηχοαπορροφητικό
2. 10mm ηχοαπορροφητικό
3. Πλήρες γέμισμα με ηχοαπορροφητικό



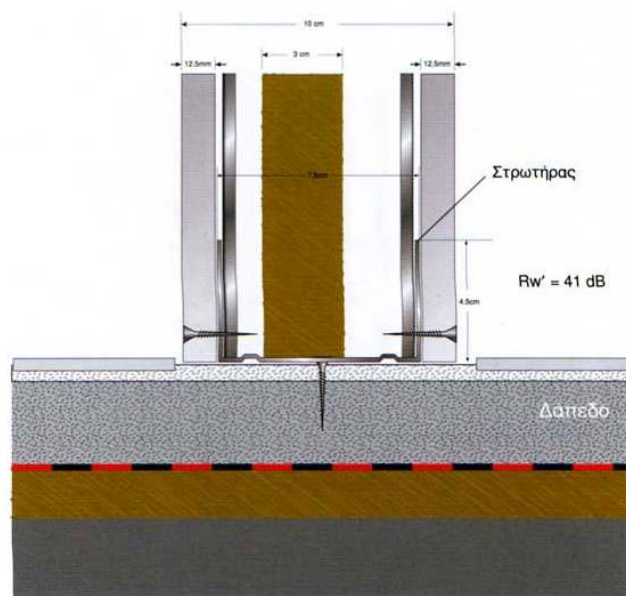
**Σχ.36 Βελτίωση του  $\Delta R$  του δείκτη ηχομείωσης διπλού χωρίσματος από γυψοσανίδες 12,5mm σε σχέση με το μονό ίδιου βάρους ανάλογα με το πάχος του ηχοαπορροφητικού στο διάκενο.**

Στο σχήμα 36 δίνεται η βελτίωση  $\Delta R$  του δείκτη ηχομείωσης ενός διπλού χωρίσματος από γυψοσανίδα σε σχέση με το μονό ίδιου βάρους ανάλογα με το ηχοαπορροφητικό στο διάκενο. Όπως φαίνεται στο σχήμα, η τοποθέτηση ενός στρώματος ηχοαπορροφητικού πάχους 10 mm έχει σαν αποτέλεσμα σημαντική αύξηση της ηχομόνωσης. Η πλήρωση του διακένου με ηχοαπορροφητικό αυξάνει παραπέρα σταδιακά την ηχομόνωση κατά 3 - 4dB. Συνεπώς, το πάχος του ηχοαπορροφητικού υλικού στο διάκενο ενός διπλού χωρίσματος προκύπτει από το συνδυασμό κόστους και απαιτούμενης ηχομόνωσης. Βέλτιστη λύση στην πράξη, μπορεί να θεωρηθεί η πλήρωση των 2/3 του διακένου με ηχοαπορροφητικό.

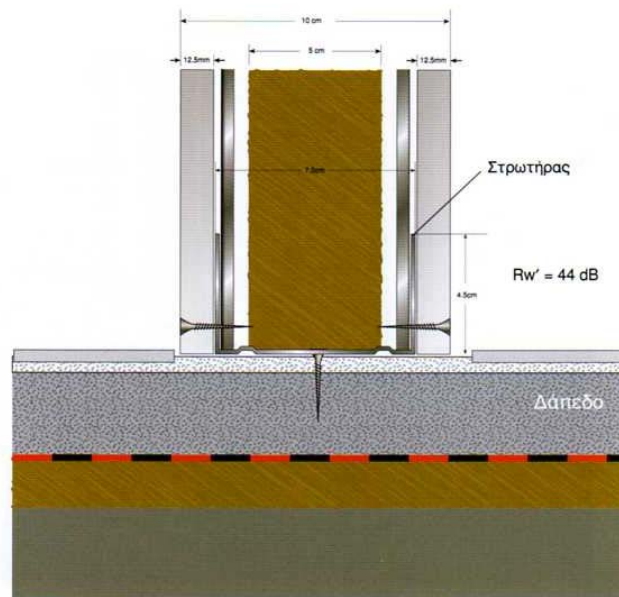
Παραδείγματα διπλών χωρισμάτων με τα ηχομονωτικά χαρακτηριστικά τους δίνονται στα σχήματα 37,38,39,40 και 41 (σελ.119-121).



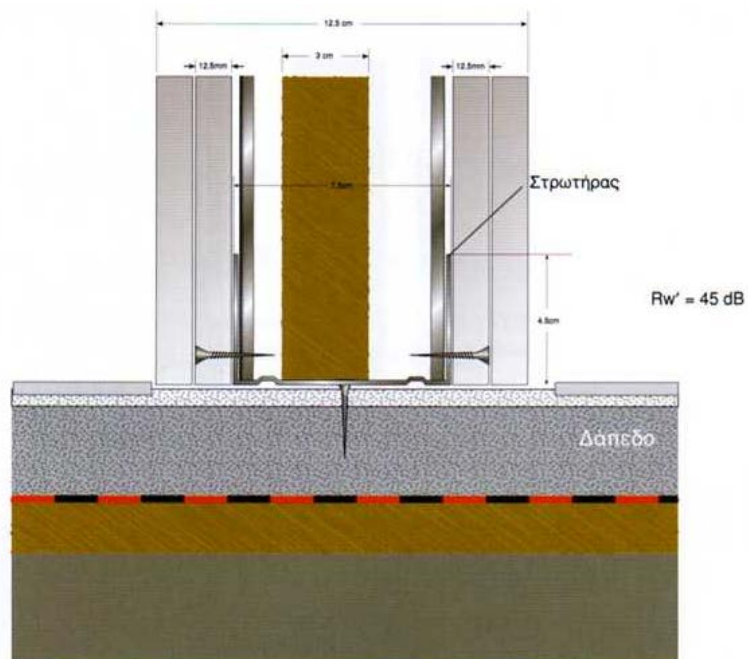
Σχ.37 Παράδειγμα διπλών χωρισμάτων.



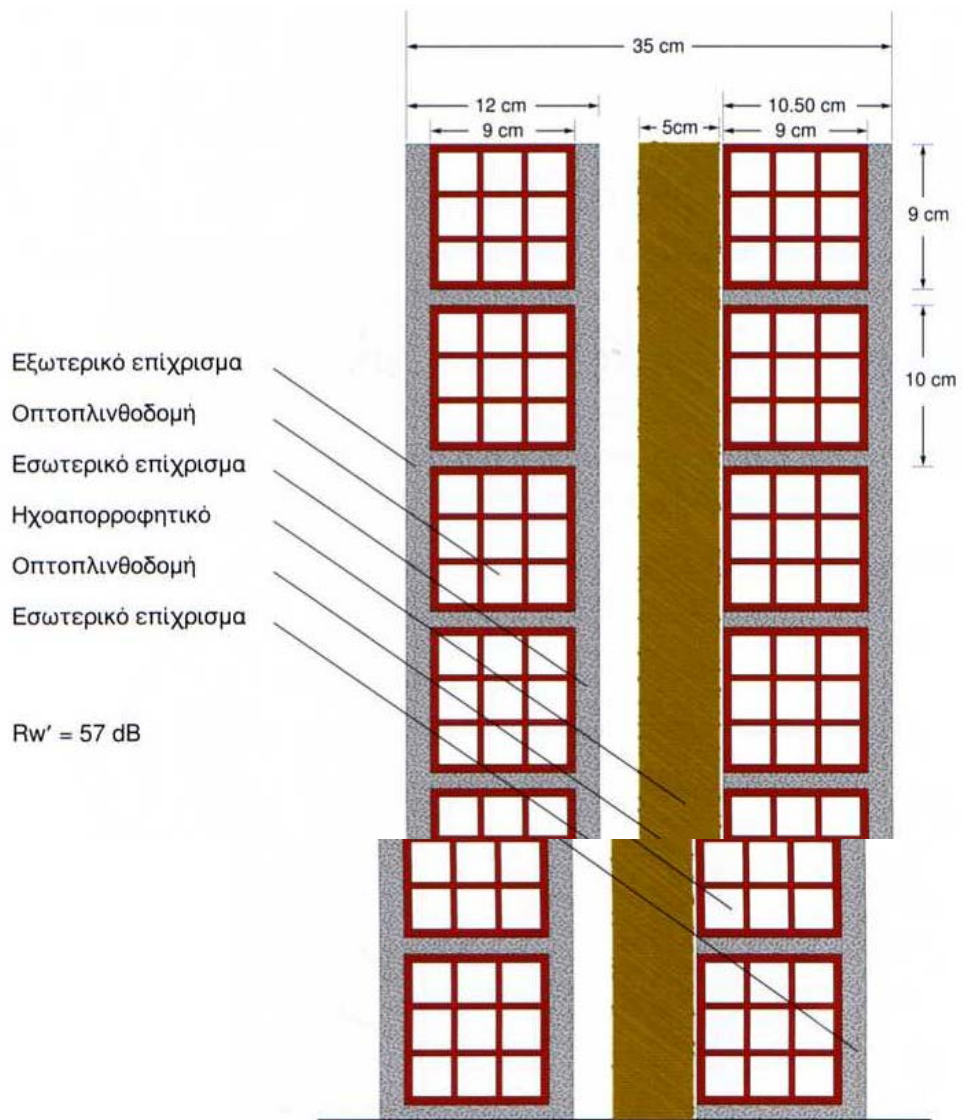
Σχ.38 Παράδειγμα διπλών χωρισμάτων.



Σχ.39 Παράδειγμα διπλών χωρισμάτων.



Σχ.40 Παράδειγμα διπλών χωρισμάτων.

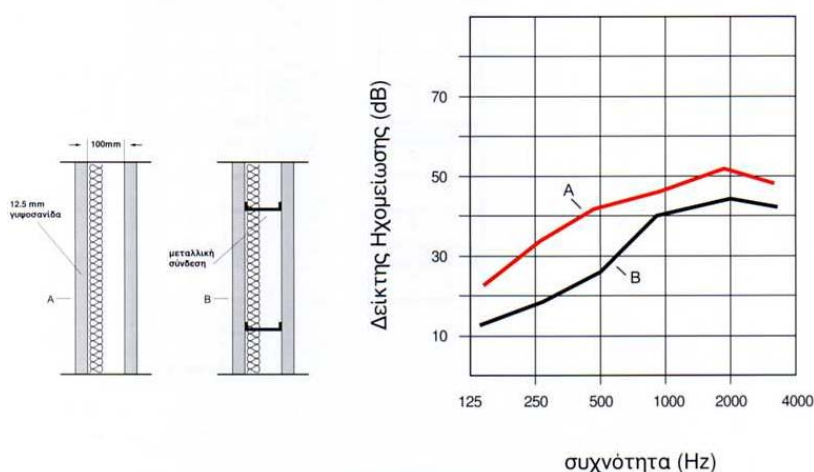


Σχ.41 Παράδειγμα διπλών χωρισμάτων.

### Επίδραση συνδέσεων μεταξύ των κελυφών στο δείκτη ηχομείωσης

Η ύπαρξη συνδέσεων μεταξύ των διπλών χωρισμάτων έχει σημαντική επίδραση στην ηχομονωτική του ικανότητα. Οι ταλαντώσεις του κελύφους από την πλευρά της πηγής θορύβου μεταδίδονται μέσα από τις συνδέσεις στο κέλυφος της πλευράς του δέκτη με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της ηχομόνωσης. Η μείωση αυτή της ηχομόνωσης ενός διπλού χωρίσματος λόγω συνδέσεων (ηχογεφυρών) εξαρτάται από το είδος του (γραμμικές ή σημειακές). Στην πράξη, οι ηχογέφυρες κατά την κατασκευή ελαφρών χωρισμάτων αποφεύγονται με την στήριξη των κελυφών με χωριστούς σκελετούς.

Ένα παράδειγμα της επίδρασης συνδέσεων (ηχογεφυρών) στην ηχομονωτική ικανότητα διπλού ελαφρού χωρίσματος από γυψοσανίδα δίνεται στο σχήμα 42.



**Σχ.42 Επίδραση συνδέσεων μεταξύ των κελυφών στο Δείκτη Ηχομείωσης διπλού χωρίσματος.**

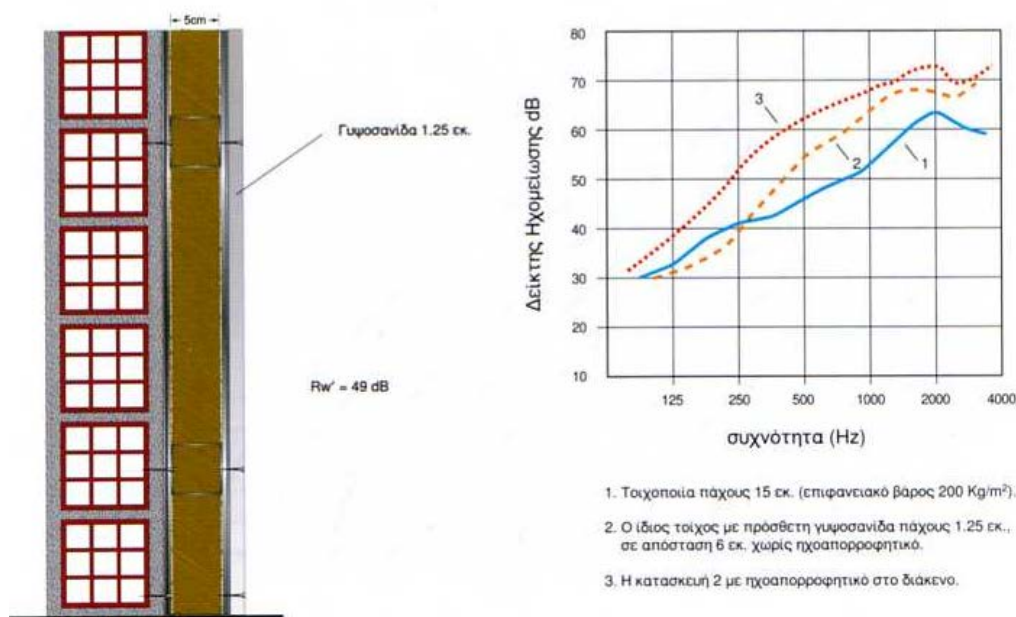
### Βελτίωση της ηχομόνωσης υφιστάμενου χωρίσματος

Ένα πρόβλημα που παρουσιάζεται συχνά στην πράξη είναι η ανάγκη βελτίωσης της ηχομόνωσης ενός χωρίσματος.

Σύμφωνα με όσα εξετάστηκαν προηγουμένως, η απαιτούμενη βελτίωση μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση ενός δεύτερου χωρίσματος σε απόσταση από το υφιστάμενο έτσι ώστε να δημιουργηθεί διπλό χωρίσμα.



Για να πετύχει κανείς τη μεγαλύτερη δυνατή βελτίωση θα πρέπει το δεύτερο χώρισμα να είναι εύκαμπτο (έτσι ώστε η συχνότητα σύμπτωσης να είναι υψηλή  $f_R > 2500\text{Hz}$ ) και να έχει μεγάλη απόσβεση (έτσι ώστε να περιορίζεται η μείωση της ηχομόνωσης λόγω σύμπτωσης). Κατά τη στήριξη του πρόσθετου χωρίσματος πρέπει να αποφεύγονται συνδέσεις με το υφιστάμενο χώρισμα. Τέλος, η τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού στρώματος στο διάκενο επιβάλλεται γιατί αυξάνει σημαντικά την ηχομόνωση της κατασκευής όπως εξηγήθηκε. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα βελτίωσης της ηχομόνωσης υφιστάμενης τοιχοποιίας φαίνεται στο σχήμα 43.

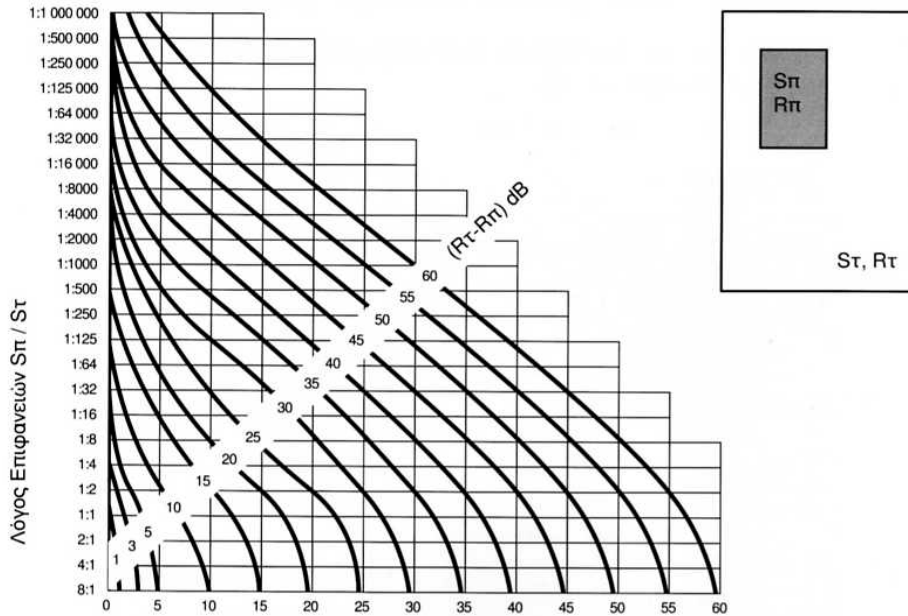


Σχ.43 Βελτίωση Ηχομείωσης υφιστάμενου χωρίσματος.

### Ηχομόνωση σύνθετων χωρισμάτων

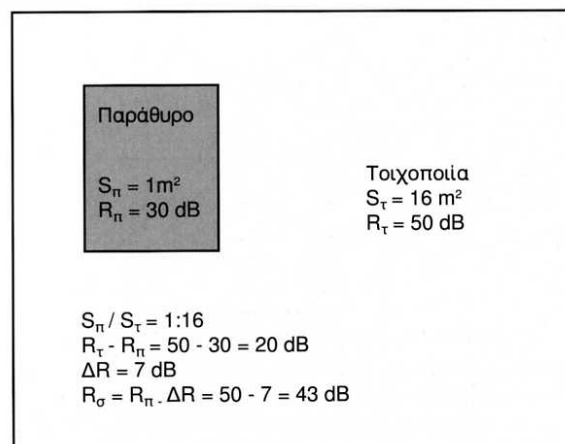
Πολύ συχνά στην πράξη κατασκευάζονται στοιχεία με σχετικά μικρή ηχομονωτική ικανότητα (πόρτες, παράθυρα, ανοίγματα αερισμού κλπ) πάνω σε τοίχους με αυξημένη ηχομόνωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζει το σύνθετο χώρισμα μειωμένη ηχομόνωση σε σχέση με το βαρύ στοιχείο. Ο δείκτης ηχομείωσης  $R_S$  ενός σύνθετου χωρίσματος μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση  $R_S = R_t - \Delta R$ , (dB) όπου  $R_t$  είναι ο δείκτης ηχομείωσης του αρχικού τοίχου και  $\Delta R$  η μείωση που προκύπτει λόγω του πρόσθετου στοιχείου μειωμένης ηχομόνωσης.

Η μείωση  $\Delta R$  εξαρτάται από την επιφάνεια  $S_t$  του αρχικού τοίχου, την επιφάνεια  $S_{\Pi}$  του πρόσθετου στοιχείου και από τον δείκτη ηχομείωσης  $R_{\Pi}$  του πρόσθετου στοιχείου. Ο υπολογισμός της μείωσης  $\Delta R$  μπορεί να γίνει εύκολα με τη βοήθεια του διαγράμματος που δίνεται στο σχήμα 44.



Σχ.44 Διάγραμμα υπολογισμού δείκτη ηχομείωσης σύνθετων χωρισμάτων

Ένα παράδειγμα υπολογισμού του δείκτη ηχομείωσης ενός σύνθετου χωρίσματος τοιχοποιίας και παραθύρου δίνεται στο σχήμα 45.



Σχ.45 Υπολογισμός ηχομόνωσης σύνθετου χωρίσματος.

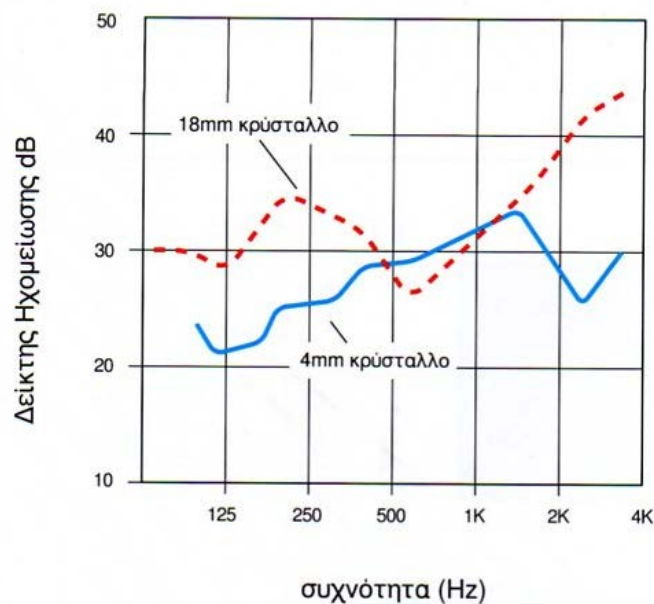
## Ηχομόνωση κουφωμάτων

### α)παράθυρα

Η μετάδοση του αερόφερτου ήχου μέσα από ένα παράθυρο ακολουθεί τις βασικές αρχές που παρουσιάστηκαν στην περίπτωση των χωρισμάτων. Παρουσιάζει όμως και σημαντικές αποκλίσεις που μειώνουν στην πράξη την ηχομονωτική ικανότητα των παραθύρων. Οι αποκλίσεις οφείλονται στις μικρές διαστάσεις των κρυστάλλων, τον τρόπο στήριξής τους στο φύλλο και την κάσα και την τοποθέτηση της κάσας στον τοίχο.

#### *Παράθυρα με μονό κρύσταλλο*

Ο δείκτης ηχομείωσης ενός παραθύρου με μονό κρύσταλλο ακολουθεί το νόμο της μάζας μόνο στις μεσαίες συχνότητες. Στις χαμηλές συχνότητα είναι μεγαλύτερος από τον προβλεπόμενο από το νόμο της μάζας, ενώ στις υψηλές συχνότητες παρουσιάζει μια απότομη μείωση εξαιτίας του φαινομένου της σύμπτωσης.



Σχ.46 Δείκτης ηχομείωσης μονού παραθύρου με κρύσταλλα διαφορετικού πάχους.

Οι παραπάνω αποκλίσεις οφείλονται, όπως προαναφέρθηκε, στις μικρές διαστάσεις των κρυστάλλων που επηρεάζουν την ακαμψία με αποτέλεσμα την έντονη εμφάνιση του φαινομένου της σύμπτωσης και τον περιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας. Για το λόγο αυτό, ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης δεν αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση του πάχους των κρυστάλλων. (σχήμα 46,σελ.125).

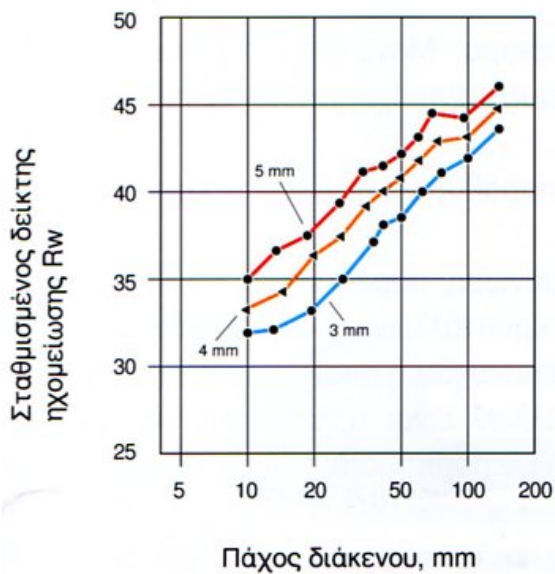
#### *Παράθυρα με διπλά κρύσταλλα*

Στην περίπτωση παραθύρων με διπλά κρύσταλλα η βελτίωση που επιτυγχάνεται καθορίζεται κύρια από το πάχος του διάκενου μεταξύ των κρυστάλλων και λιγότερο από το πάχος τους (σχήμα 47,σελ.127).

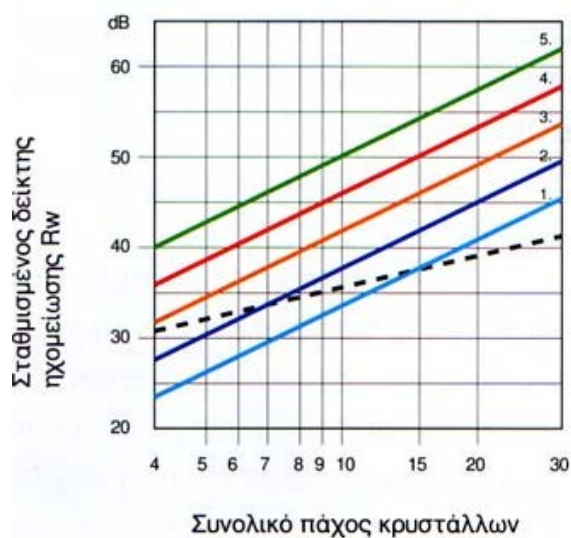
Ο δείκτης ηχομείωσης αυξάνει περίπου 3dB για διπλασιασμό του διάκενου. Για μικρά πάχη του διάκενου η συχνότητα συντονισμού εμφανίζεται (ανάλογα με το πάχος των κρυστάλλων) στην περιοχή μεταξύ 200 και 400Hz με αποτέλεσμα μειωμένη ηχομόνωση. Για το λόγο αυτό, το διάκενο στα διπλά παράθυρα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 12mm.

Στις υψηλές συχνότητες το πρόβλημα των διπλών παραθύρων είναι η απότομη μείωση της ηχομόνωσης λόγω της έντονης εμφάνισης του φαινομένου της σύμπτωσης. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση ανισόπαχων κρυστάλλων. Μια σχέση πάχους 1:2 μεταξύ των κρυστάλλων θεωρείται βέλτιστη.

Στο σχήμα 48 (σελ.127) δίνεται διάγραμμα για την εκτίμηση του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης παραθύρων με διπλό κρύσταλλο σε συνάρτηση με το συνολικό πάχος των κρυστάλλων για διάφορα πάχη διάκενου.



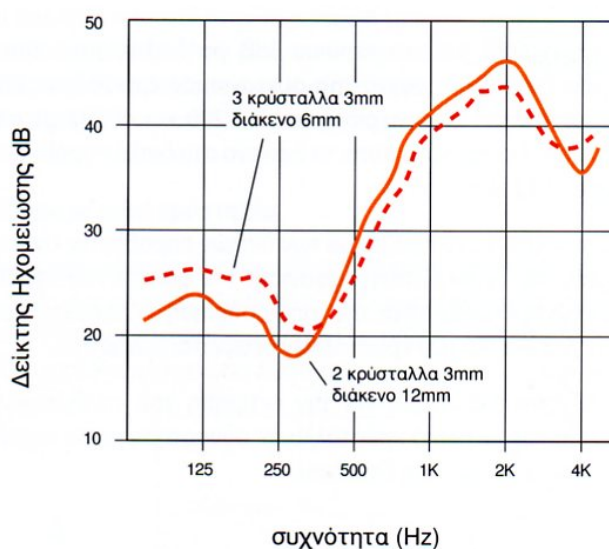
Σχ.47 Σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης διπλού παραθύρου για διαφορετικά πάχη κρυστάλλων και διάκενου.



Σχ.48 Σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης  $R_w$  διπλού παραθύρου σε συνάρτηση με το συνολικό πάχος των κρυστάλλων.

### Παράθυρα με τριπλό κρύσταλλο

Όπως φαίνεται στο σχήμα 49 ένα τριπλό παράθυρο δεν προσφέρει αυξημένη ηχομόνωση σε σύγκριση με ένα διπλό αντίστοιχου πάχους κρυστάλλων και διάκενου. Ο λόγος είναι ότι όταν το διάκενο μεταξύ τριών κρυστάλλων είναι μικρό, οι κρύσταλλοι δε λειτουργούν σαν διπλό χώρισμα. Μόνο στην περίπτωση μεγάλων διακενων ένα τριπλό παράθυρο εμφανίζει αυξημένη ηχομόνωση σε σύγκριση με το αντίστοιχο διπλό.

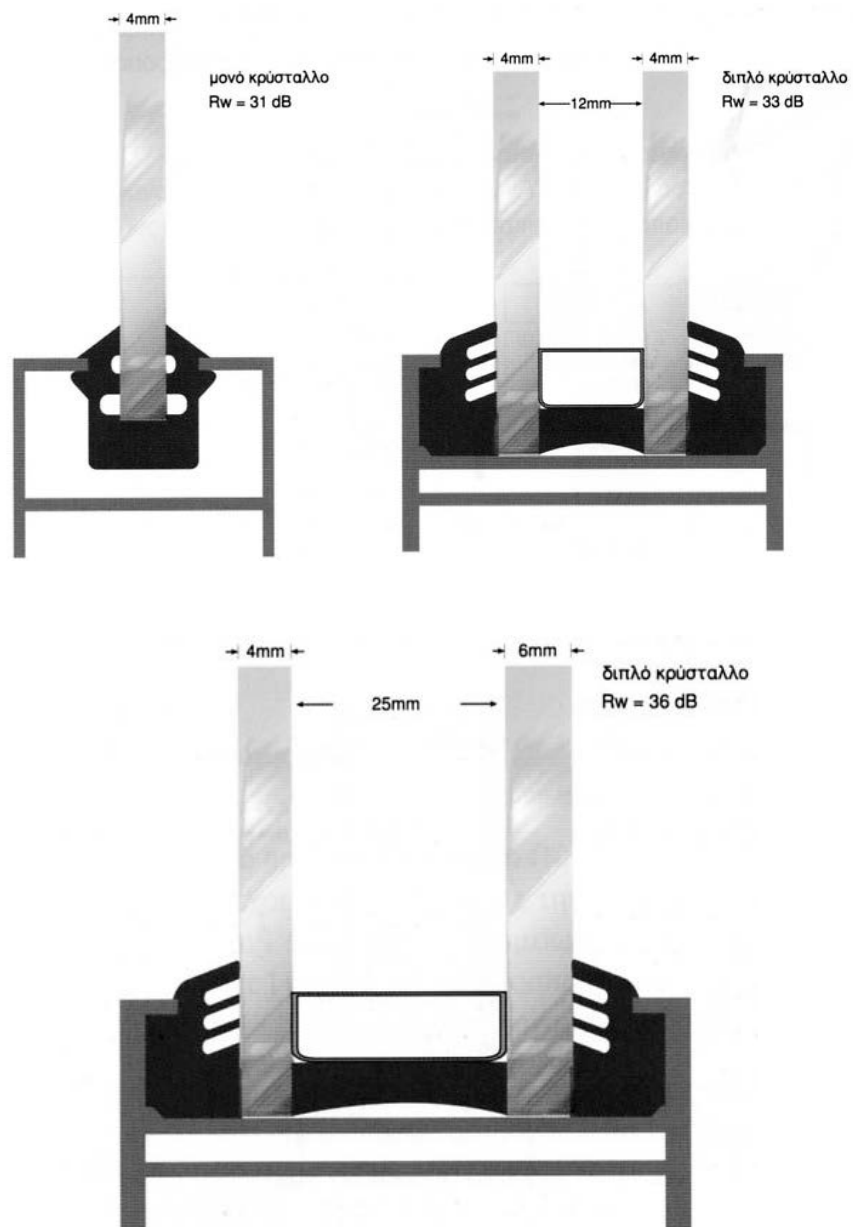


Σχ.49 Σύγκριση δείκτης ηχομείωσης μεταξύ διπλού και τριπλού παραθύρου.

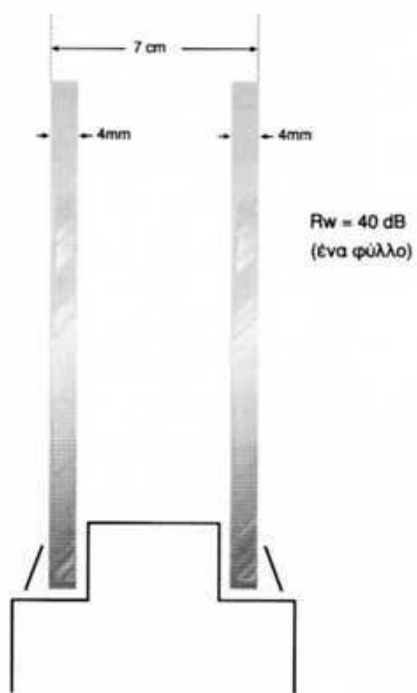
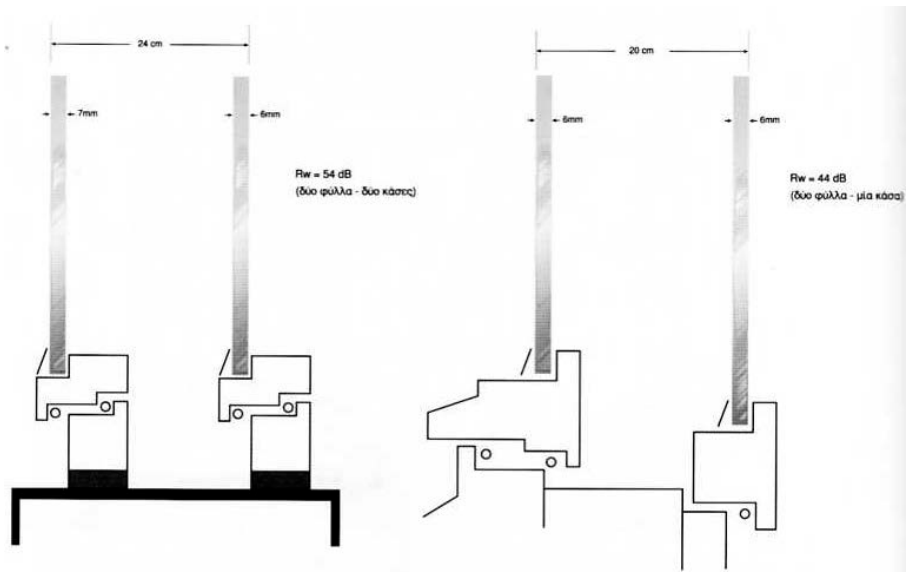
Κατά την κατασκευή ηχομονωτικών παραθύρων οι βασικοί κανόνες είναι οι παρακάτω:

- Όπου απαιτείται αυξημένη ηχομόνωση, παράθυρα με διπλά κρύσταλλα είναι η καλύτερη επιλογή. Το πάχος των κρυστάλλων καθώς και το διάκενο πρέπει να επιλεγούν κατάλληλα έτσι ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη ηχομόνωση.
- Η χρήση ανισόπαχων κρυστάλλων είναι απαραίτητη για αυξημένη ηχομόνωση (διαφοροποίηση συχνοτήτων σύμπτωσης). Λόγος πάχους 1:2 είναι βέλτιστος.
- Η κάσα του παραθύρου και η τοποθέτησή της είναι σημαντική για την ηχομονωτική ικανότητα. Η χρήση ξεχωριστών φύλλων (και ειδικά πάνω σε ξεχωριστή κάσα) αυξάνει σημαντικά την ηχομόνωση λόγω μείωσης των πλευρικών μεταδόσεων.

Μερικά παραδείγματα παραθύρων με τα αντίστοιχα ηχομονωτικά χαρακτηριστικά τους δίνονται στα σχήματα 50 και 51 (σελ.130).



Σχ.50 Παραδείγματα παραθύρων

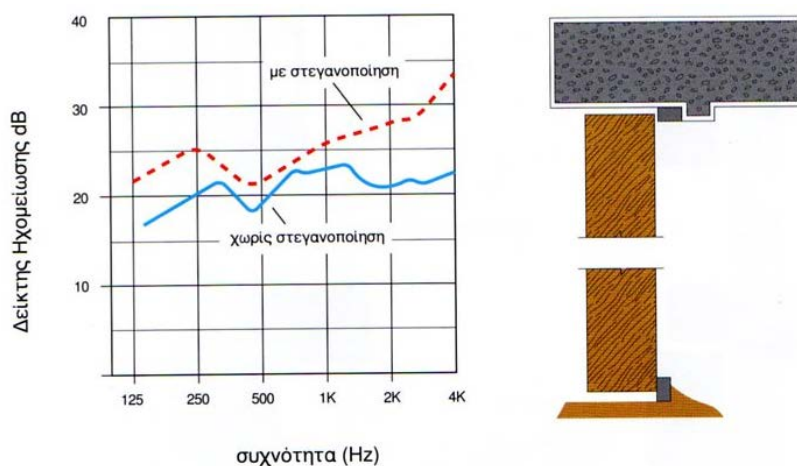


Σχ.51 Παραδείγματα παραθύρων.



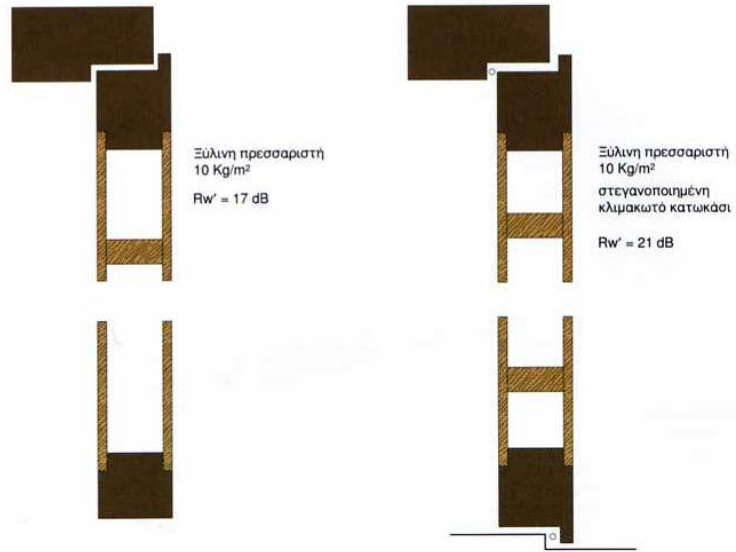
## β) πόρτες

Οι πόρτες είναι τα κτιριακά στοιχεία με τη μικρότερη ηχομονωτική ικανότητα. Η ηχομόνωση που προσφέρουν είναι χαμηλή και αυτό οφείλεται στο χαμηλό επιφανειακό βάρος τους αλλά και στη μετάδοση του ήχου από το περιμετρικό κενό μεταξύ κάσας και φύλλου, κάσας και τοίχου και το κατωκάσι. Στο σχήμα 52 δίνεται η βελτίωση της ηχομόνωσης μιας πρεσσαριστής πόρτας εξαιτίας της στεγανοποίησης των περιμετρικών κενών. Υλικά όπως λάστιχο, καουτσούκ, πλαστικές λωρίδες κλπ είναι κατάλληλα για περιμετρική στεγανοποίηση.

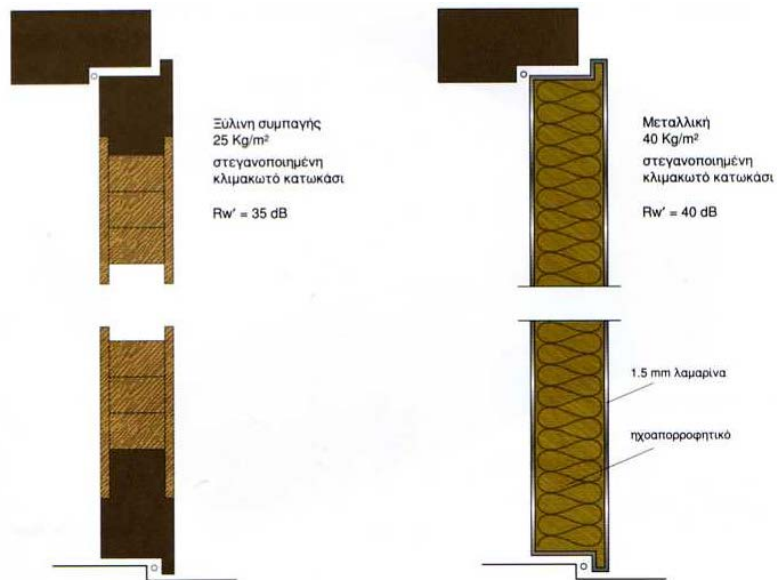


**Σχ.52 Επίδραση της περιμετρικής στεγανοποίησης στην ηχομονωτική ικανότητα πόρτας.**

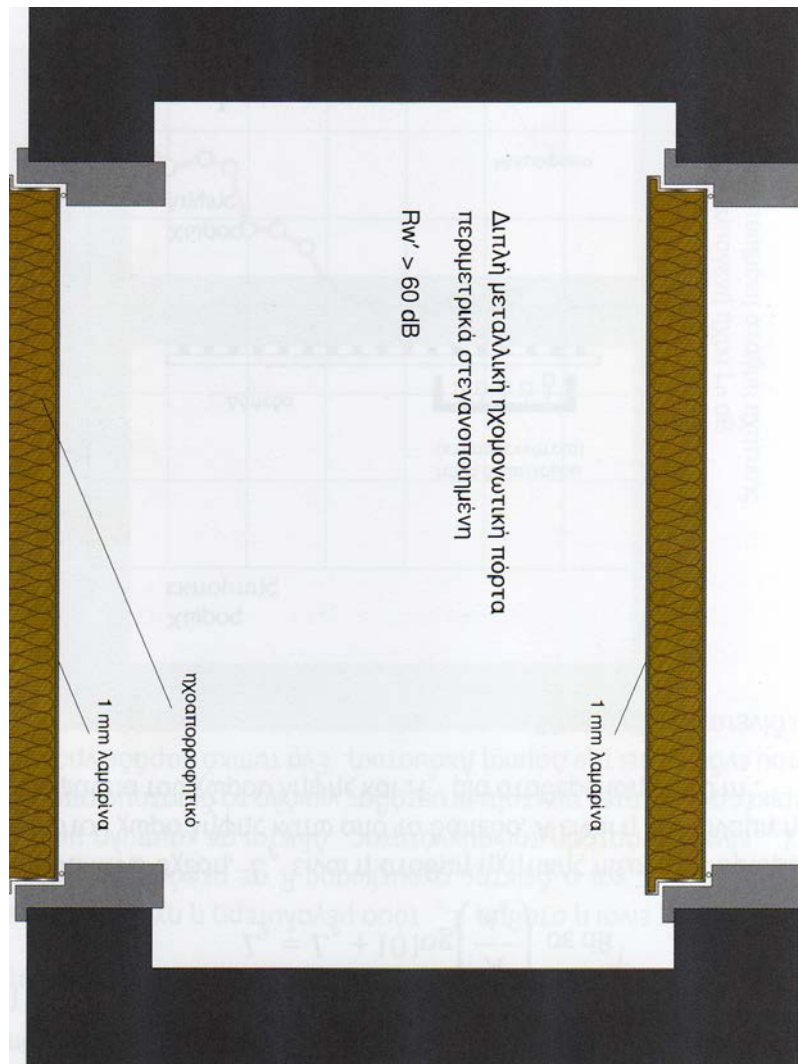
Οι συνήθεις πόρτες από πρεσσαριστό φύλλο ( $10-15\text{kg/m}^2$ ) εμφανίζουν δείκτη ηχομείωσης  $R_w$  από 17 μέχρι 25dB ανάλογα με τη στεγανοποίηση. Συμπαγείς ξύλινες πόρτες ( $25-40\text{kg/m}^2$ ) έχουν δείκτη ηχομείωσης μέχρι 35dB. Μεταλλικές πόρτες από το φύλλο λαμαρίνας 1 μέχρι 2mm και ηχοαπορροφητικό στο διάκενο έχουν δείκτη ηχομείωσης από 35-40dB ανάλογα με το πάχος της λαμαρίνας. Για την επίτευξη αυξημένης ηχομόνωσης σε χώρους με υψηλές απαιτήσεις (στούντιο, θέατρα κλπ) ή εκεί όπου υπάρχει ασυνεχής κατασκευή χρησιμοποιούνται διπλές πόρτες από δύο κελύφη με ενδιάμεσο διάκενο 10-15cm. Παραδείγματα από πόρτες και τα αντίστοιχα ηχομονωτικά χαρακτηριστικά τους δίνονται στα σχήματα 53,54 και 55 (σελ.132-133).



Σχ.53 Ηχομονωτικές πόρτες.



Σχ.54 Ηχομονωτικές πόρτες.



Σχ.55 Διπλή ηχομονωτική πόρτα.

### 2.5.2. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΚΡΟΥΣΙΓΕΝΗ (ΣΤΕΡΕΟΦΕΡΤΟ) ΗΧΟ

#### Ηχομονωτική ικανότητα δομικού στοιχείου σε κρουσιγενή ήχο- Κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κρουσιγενή ήχου.

Η ηχομονωτική ικανότητα ενός δαπέδου σε κρουσιγενή ήχο εκφράζεται από τη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κρουσιγενούς ήχου  $L_n$  που ορίζεται από τη σχέση:

$$L_n = L_p + 10 \log(A/A_0) \text{ σε dB}$$

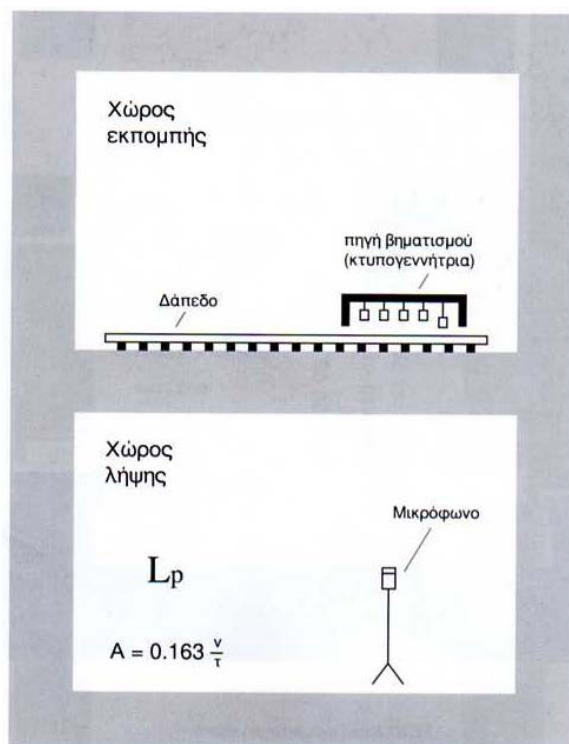
Στην παραπάνω σχέση:

$L_p$  είναι η στάθμη της ηχητικής πίεσης σε ορισμένη ζώνη συχνοτήτων στον χώρο λήψης κάτω από το δάπεδο,

$A$  είναι η ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια του χώρου λήψης και

$A_0$  μια σταθερά ίση με  $10\text{m}^2$ .

Για τον προσδιορισμό της κανονικοποιημένης στάθμης ηχητικής πίεσης κρουσιγενούς ήχου  $L_n$ , το εξεταζόμενο δάπεδο διεγείρεται από πρότυπη πηγή βηματισμού (κτυπογεννήτρια) και μετριέται η στάθμη ηχητικής πίεσης  $L_p$  στον χώρο λήψης. (σχήμα 56)



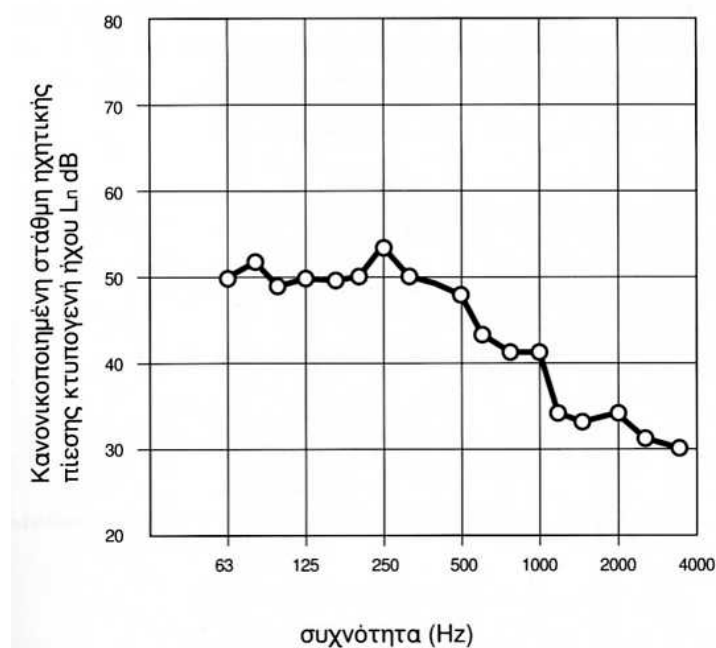
Σχ.56 Διάταξη μέτρησης ηχομονωτικής ικανότητας.

Η ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια  $A$  του χώρου λήψης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A=0,163V/T$$

μετρώντας το χρόνο αντήχησης  $T$  στο χώρο λήψης.

Όσο μικρότερη είναι η στάθμη  $L_n$  τόσο μεγαλύτερη η ηχομονωτική ικανότητα του δαπέδου. Όπως και ο δείκτης ηχομείωσης  $R$  σε αερόφερτο ήχο, έτσι και ο δείκτης  $L_n$  είναι συνάρτηση της συχνότητας. Δίνεται σε καμπύλη με τις τιμές του στις κεντρικές συχνότητες των τρίτων οκτάβας για όλο το διάστημα από 100Hz μέχρι 3200Hz που ενδιαφέρει την Δομική Ακουστική. Ένα τυπικό παράδειγμα στάθμης  $L_n$  δαπέδου δίνεται στο σχήμα 57.

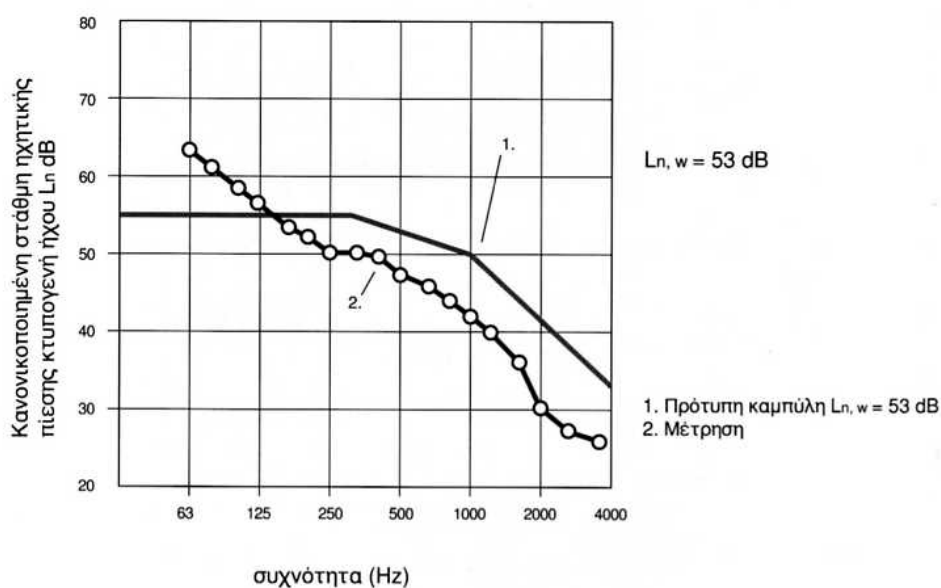


Σχ.57 στάθμη  $L_n$  δαπέδου.

### Αξιολόγηση της ηχομόνωσης κτιριακών στοιχείων σε κρουσιγενή ήχο

Όπως προαναφέρθηκε και στην περίπτωση του δείκτη ηχομείωσης R σε αερόφερτο ήχο, έτσι και ο δείκτης  $L_n$  σε κρουσιγενή είναι δύσχρηστος όταν δίνεται με τις τιμές του στις κεντρικές τριτοκταβικές συχνότητες. Και στη περίπτωση αυτή προκύπτει η ανάγκη ορισμού ενός μονότιμου δείκτη που να χαρακτηρίζει συνολικά την ηχομονωτική ικανότητα ενός δαπέδου για όλη την περιοχή συχνοτήτων. Στην περίπτωση του δείκτη  $L_n$  το μονότιμο μέγεθος που ορίζεται ονομάζεται σταθμισμένη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κρουσιγενούς ήχου και συμβολίζεται ως  $L_{n,w}$ . Η διαδικασία στάθμισης των τιμών του δείκτη  $L_n$  στις τριτοκταβικές ζώνες για να προκύψει ο δείκτης  $L_{n,w}$  είναι ανάλογη με αυτήν που περιγράψαμε στην περίπτωση ηχομείωσης R σε αερόφερτο ήχο (πρότυπο ΕΛΟΤ 370).

Στο σχήμα 58 φαίνεται η διαδικασία στάθμισης. Ο μετρημένος δείκτης  $L_n$  ενός δαπέδου συγκρίνεται με την πρότυπη καμπύλη στάθμισης. Η πρότυπη καμπύλη στάθμισης μετατοπίζεται μέχρις ότου οι δύο καμπύλες «πλησιάσουν» και εκπληρωθούν τα κριτήρια όπως περιγράφηκαν στην περίπτωση στάθμισης του δείκτη ηχομείωσης σε αερόφερτο ήχο. Για τη θέση της πρότυπης καμπύλης όπου εκπληρώνονται τα κριτήρια απόκλισης, η τιμή που αντιστοιχεί στη συχνότητα των 500Hz αποτελεί τον δείκτη  $L_{n,w}$ . Στο συγκεκριμένο παράδειγμα προκύπτει  $L_{n,w}=53\text{dB}$ .



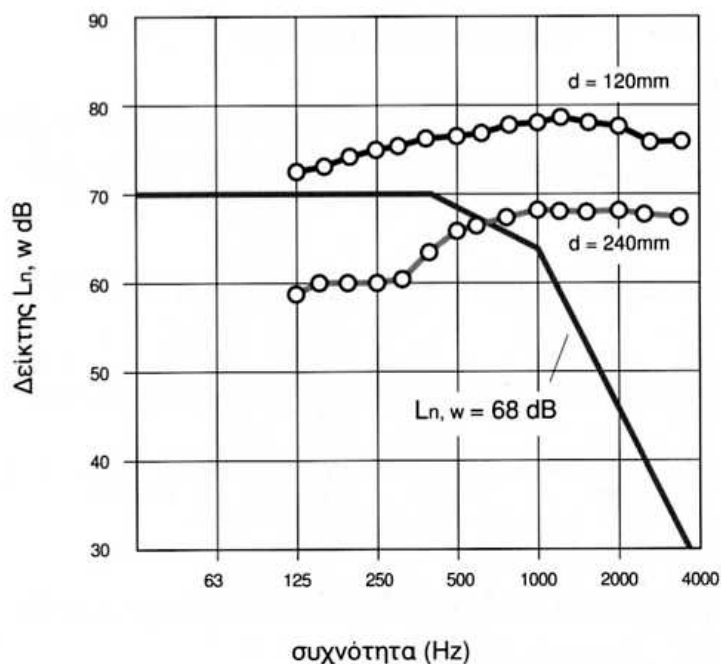
Σχ.58 Στάθμιση κανονικοποιημένης στάθμης ηχητικής πίεσης κρουσιγενούς ήχου.

### Ηχομόνωση δαπέδων χωρίς επικαλύψεις

Η ηχομονωτική συμπεριφορά ενός συνηθισμένου δαπέδου (πλάκα μπετόν) χωρίς επικαλύψεις είναι σχετικά απλή. Ο δείκτης  $L_n$  αυξάνεται (η ηχομόνωση μειώνεται) περίπου κατά 5dB για δεκαπλασιασμό της συχνότητας. Αντίθετα ο δείκτης  $L_n$  μειώνεται (η ηχομόνωση αυξάνεται) κατά 10dB όταν το πάχος της πλάκας διπλασιάζεται.

Στο σχήμα 59 φαίνεται η ηχομονωτική συμπεριφορά σε κρουσιγενή ήχο πλακών από μπετόν σε συνάρτηση με το πάχος τους. Η συνηθής πλάκα μπετόν πάχους 120mm εμφανίζει πολύ χαμηλή ηχομόνωση ( $L_n < 60$ dB).

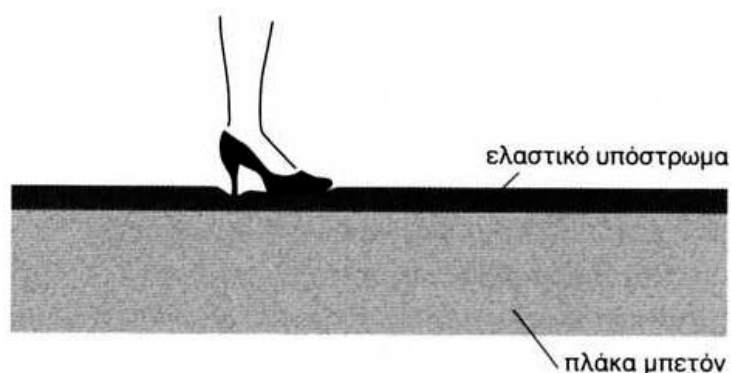
Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι είναι απαραίτητη η βελτίωση της ηχομόνωσης των δαπέδων. Η απαιτούμενη βελτίωση επιτυγχάνεται σε κάποιο βαθμό με τη χρήση ελαστικών επιστρωμάτων και αποτελεσματικά με την κατασκευή «κολυμβητών» (πλωτών) δαπέδων.



Σχ.59 Ηχομονωτική ικανότητα σε κρουσιγενή ήχο πλακών μπετόν διαφορετικού πάχους.

### **Βελτίωση της ηχομόνωσης δαπέδου με ελαστικές επιστρώσεις**

Μια απλή λύση για τη βελτίωση της ηχομονωτικής ικανότητας ενός δαπέδου είναι η χρησιμοποίηση ενός ελαστικού επιστρώματος που τοποθετείται απ'ευθείας στο δάπεδο (σχήμα 60). Η βελτίωση οφείλεται στο ότι το επίστρωμα (π.χ. μοκέτα) λόγω της ελαστικότητάς του μειώνει τις δυνάμεις (χτυπήματα) που διεγείρουν την πλάκα με αποτέλεσμα τον περιορισμό της εκπομπής ήχου στον κάτω χώρο. Η λύση ενός ελαστικού επιστρώματος μπορεί να εφαρμοσθεί όταν η απαιτούμενη βελτίωση είναι μικρή και η εκ των υστέρων κατασκευή «κολυμπητού» δαπέδου δεν είναι τεχνικά εφικτή.



**Σχ.60** Ελαστικό επίστρωμα δαπέδου.

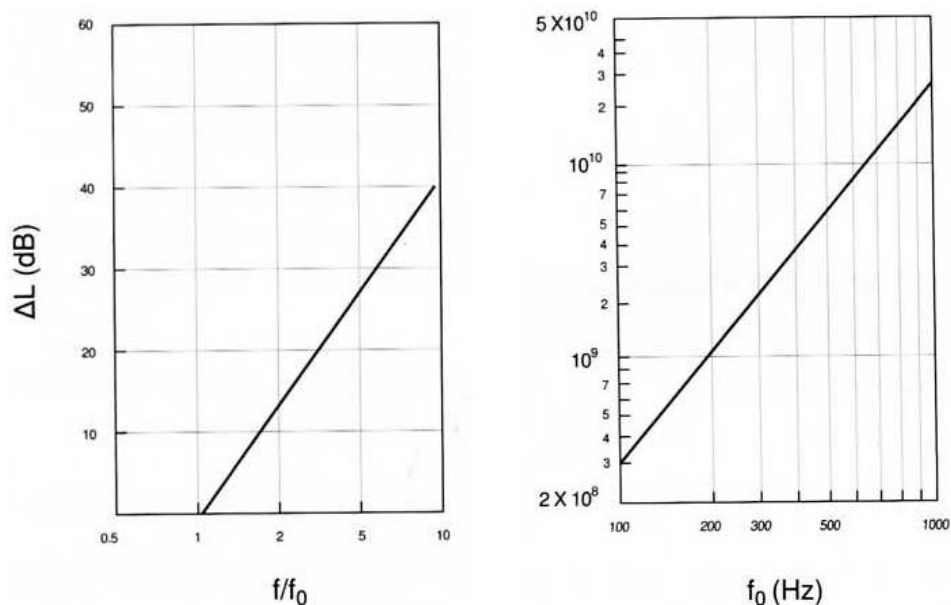
Η επιλογή του κατάλληλου επιστρώματος για συγκεκριμένη βελτίωση της ηχομονωτικής ικανότητας μπορεί να γίνει εύκολα με τη βοήθεια των διαγραμμάτων του σχήματος 61 (σελ. 139).

Για παράδειγμα υποθέτουμε ότι απαιτείται βελτίωση της ηχομόνωσης ενός δαπέδου κατά 20dB στη συχνότητα των 500Hz. Από το διάγραμμα 1 προκύπτει  $f/f_0=2,5$  και  $f_0=f_0/2,5=500/2,5=200\text{Hz}$

Από το διάγραμμα 2 για  $f_0=200\text{Hz}$  προκύπτει για το λόγο του μέτρου ελαστικότητας  $E$  προς το πάχος  $h$  του υλικού  $E/h=10^9 \text{ N/m}^3$ .



Κάθε υλικό με λόγο μέτρου ελαστικότητας προς πάχος ίσο με το παραπάνω θα μπορούσε να δώσει τη ζητούμενη βελτίωση. Για ένα επιστρώμα πάχους 3mm το μέτρο ελαστικότητας του υλικού θα πρέπει να είναι  $3 \cdot 10^6 \text{N/m}^2$ .

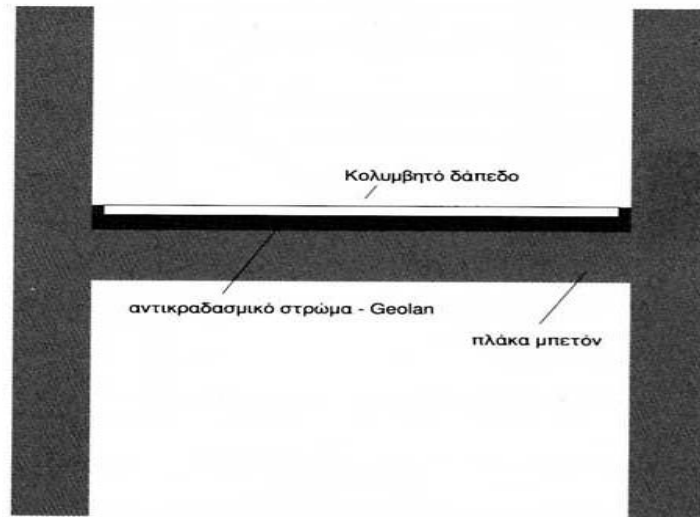


Σχ.61 Διαγράμματα υπολογισμού επιστρώσεων για βελτίωση ηχομόνωσης δαπέδων.

### Πλωτά δάπεδα

Επειδή η βελτίωση που επιτυγχάνεται με ελαστικά επιστρώματα είναι περιορισμένη, είναι απαραίτητη στην πράξη η κατασκευή πλωτών δαπέδων για υψηλή ηχομόνωση σε κρουσιγενή ήχο. Με τον όρο «πλωτό» εννοεί κανείς ένα δάπεδο που δε βρίσκεται σε απ'ευθείας επαφή με την πλάκα (και τους πλευρικούς τοίχους) αλλά μεταξύ τους περιβάλλεται ελαστικό, αντικραδασμικό στρώμα σχήμα 62 (σελ. 140).

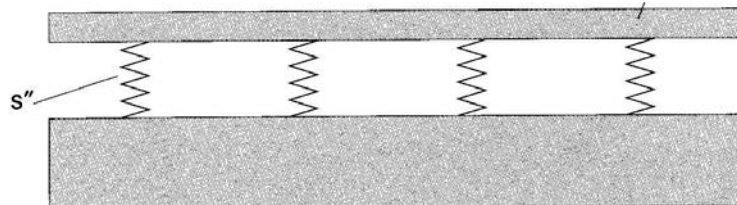
Στην περίπτωση αυτή, λόγω του ελαστικού στρώματος, η διέγερση του δαπέδου δε μεταφέρεται στην πλάκα με αποτέλεσμα μειωμένη εκπομπή ήχου στον κάτω χώρο. Η βελτίωση της ηχομονωτικής ικανότητας ενός κολυμπητού δαπέδου σε σχέση με το αντίστοιχο μη πλωτό δίνεται προσεγγιστικά από τη σχέση:  $\Delta L = 40 \log(f/f_0)$  σε dB. όπου  $f_R$  είναι η συχνότητα συντονισμού του συστήματος δάπεδο-ελαστικό στρώμα.



Σχ.62 Σχηματική παράσταση πλωτού δαπέδου.

Το μηχανικό ισοδύναμο ενός κολυμπητού δαπέδου φαίνεται στο σχήμα 63, όπου  $S''$  είναι η δυναμική ακαμψία ανά μονάδα επιφανείας του ελαστικού στρώματος ( $N/m^3$ ) και  $m''$  η επιφανειακή μάζα του δαπέδου ( $kg/m^2$ ).

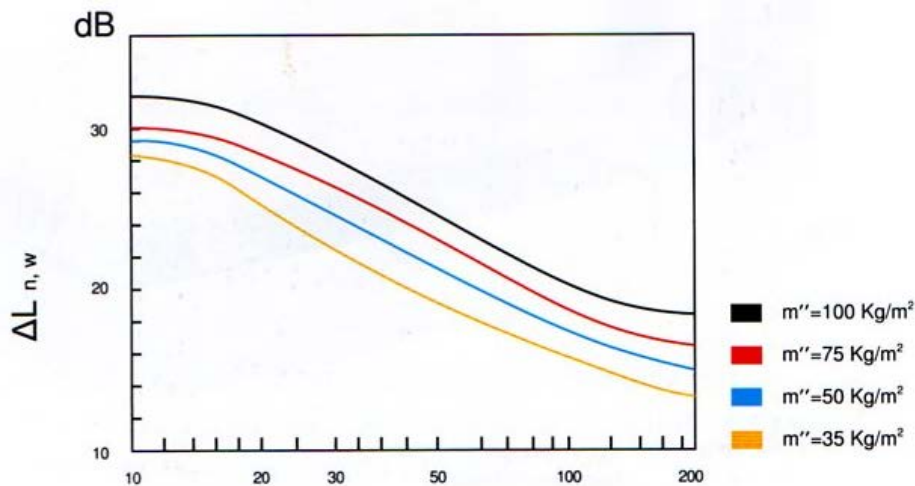
Η συχνότητα συντονισμού  $f_R$  δίνεται από τη σχέση  $f_R=500\sqrt{S''/m''}$  (σε Hz).



Σχ.63 Μηχανικό ισοδύναμο πλωτού δαπέδου.

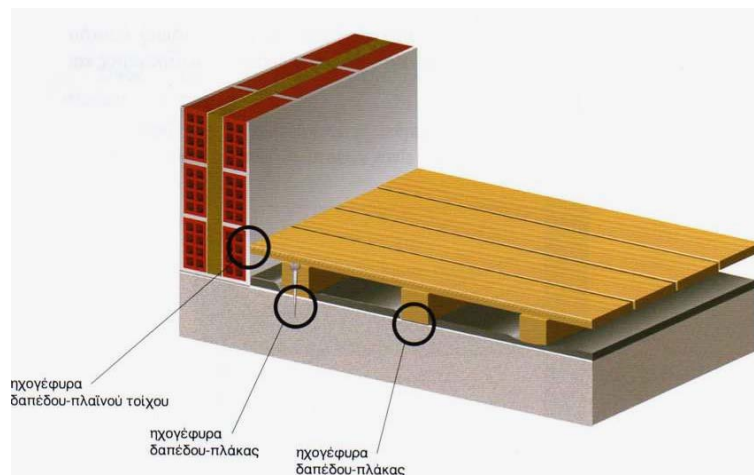
Η βελτίωση  $\Delta L$  της ηχομόνωσης που επιτυγχάνεται με ένα πλωτό δάπεδο εξαρτάται κύρια από τη δυναμική ακαμψία  $S''$  του αντικραδασμικού στρώματος και το επιφανειακό βάρος  $m''$  του δαπέδου. Η βελτίωση  $\Delta L$  μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά με τη βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 64 (σελ.141) όταν είναι γνωστή η δυναμική ακαμψία  $S''$  του ελαστικού στρώματος.

Όπως προκύπτει, όσο μικρότερη η ακαμψία (μαλακότερο το ελαστικό) τόσο μεγαλύτερη η βελτίωση  $\Delta L$  της ηχομόνωσης. Στην πράξη, η βελτίωση  $\Delta L$  επιτυγχάνεται με ένα πλωτό δάπεδο κυμαίνεται από 20 μέχρι 25dB. Κατά την επιλογή του αντικραδασμικού στρώματος, πέρα από τη δυναμική ακαμψία θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η παραμόρφωσή του λόγω στατικών φορτίων, έτσι να διατηρεί την ελαστικότητά του κατά την εφαρμογή των δυναμικών φορτίων.



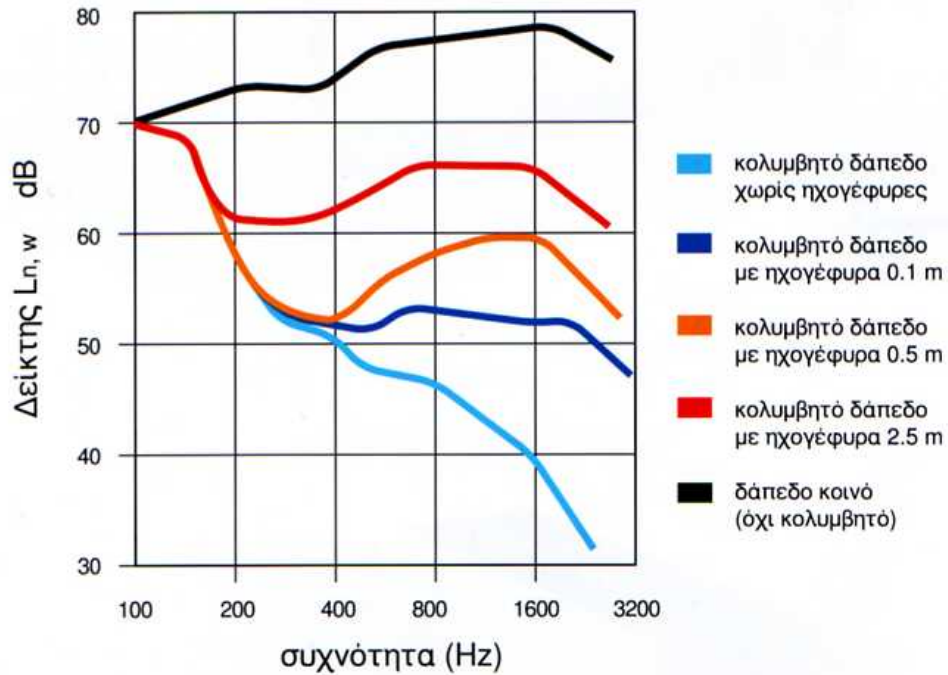
**Σχ.64 Αναμενόμενη βελτίωση  $\Delta L_{n,w}$  της ηχομόνωσης πλωτών δαπέδων σε συνάρτηση της ακαμψίας  $S''$  του ελαστικού στρώματος και του επιφανειακού βάρους  $m''$ .**

Η ηχομόνωση ενός κολυμπητού δαπέδου μειώνεται σημαντικά από την ύπαρξη τυχόν συνδέσεων (ηχογεφυρών) μεταξύ δαπέδου-πλάκας και δαπέδου-πλευρικών τοίχων σχήματος 65. Για αυτόν το λόγο θα πρέπει να αποφεύγονται κατά την κατασκευή ενός κολυμπητού δαπέδου.



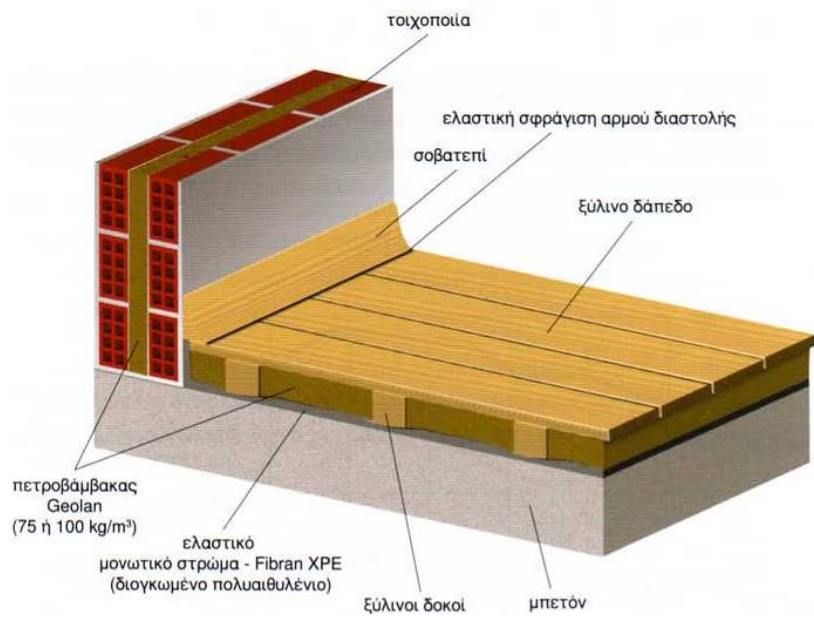
**Σχ.65 Ηχογέφυρες στην κατασκευή πλωτού δαπέδου.**

Γενικά οι ηχογέφυρες μεταξύ δαπέδου-πλάκας προκαλούν μεγαλύτερες μειώσεις της ηχομόνωσης σε σύγκριση με τις ηχογέφυρες μεταξύ δαπέδου-πλευρικών τοίχων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επίδρασης ηχογεφυρών στην ηχομονωτική ικανότητα πλωτών δαπέδων δίνεται στο σχήμα 66.

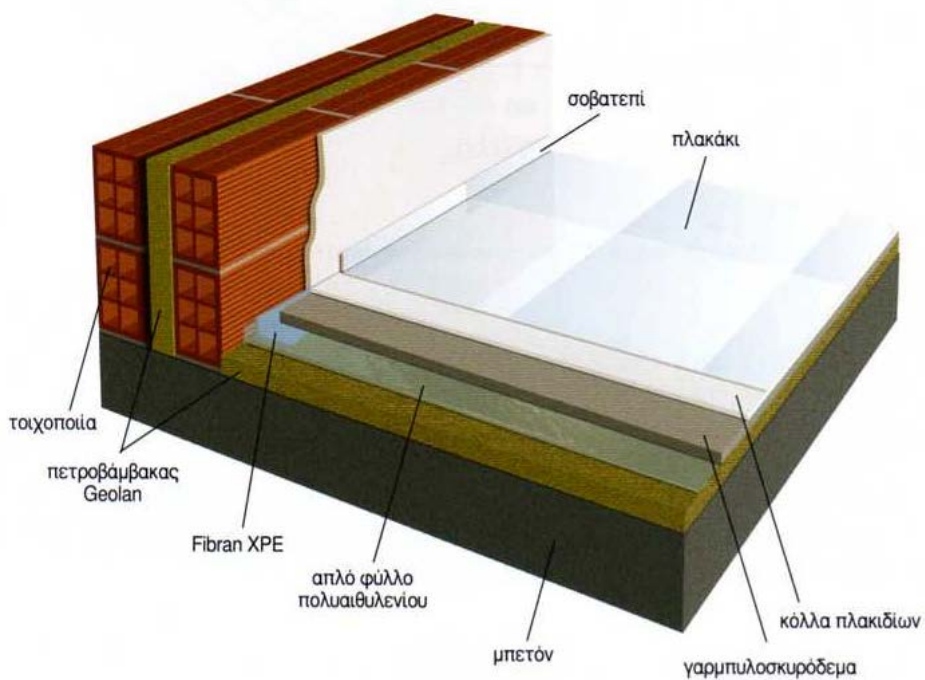


Σχ.66 Επίδραση ηχογεφυρών στην ηχομονωτική ικανότητα πλωτού δαπέδου.

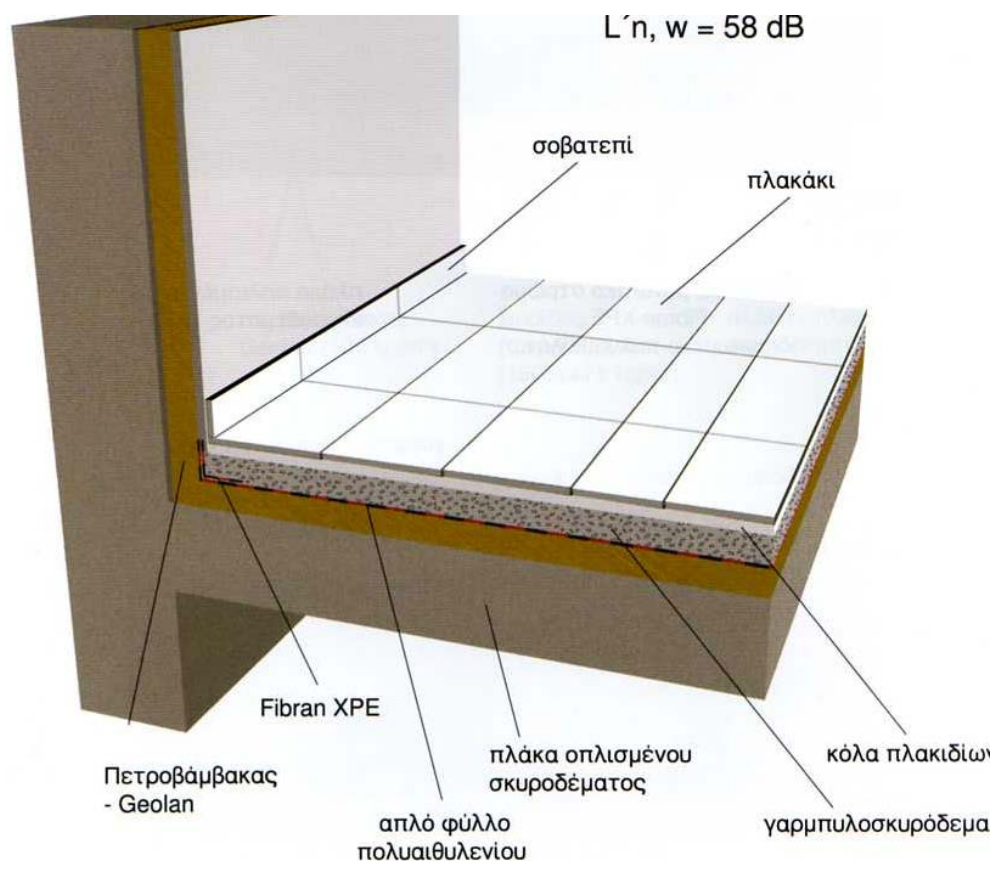
Κατασκευαστικές λεπτομέρειες πλωτών δαπέδων δίνονται στα σχήματα 67,68 και 69 (σελ.143-144), ενώ παραδείγματα πλωτών δαπέδων με τα αντίστοιχα ηχομονωτικά τους χαρακτηριστικά δίνονται στα σχήματα 70 και 71 (σελ.145-146).



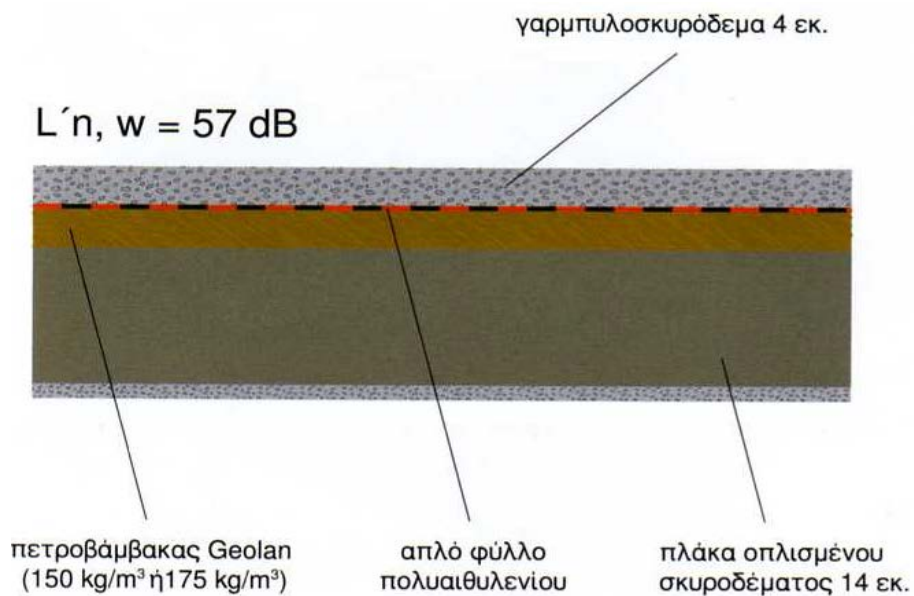
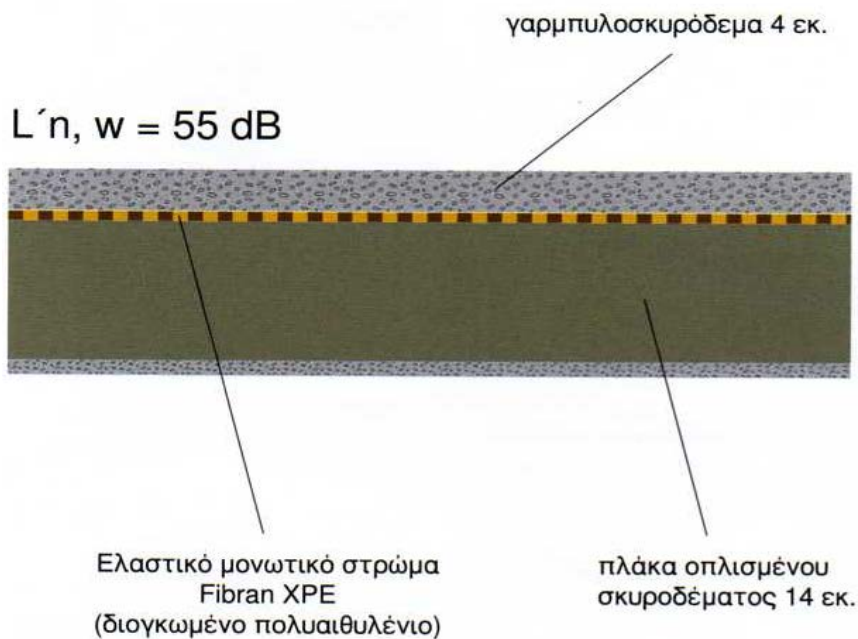
Σχ.67 Παράδειγμα πλωτού δαπέδου.



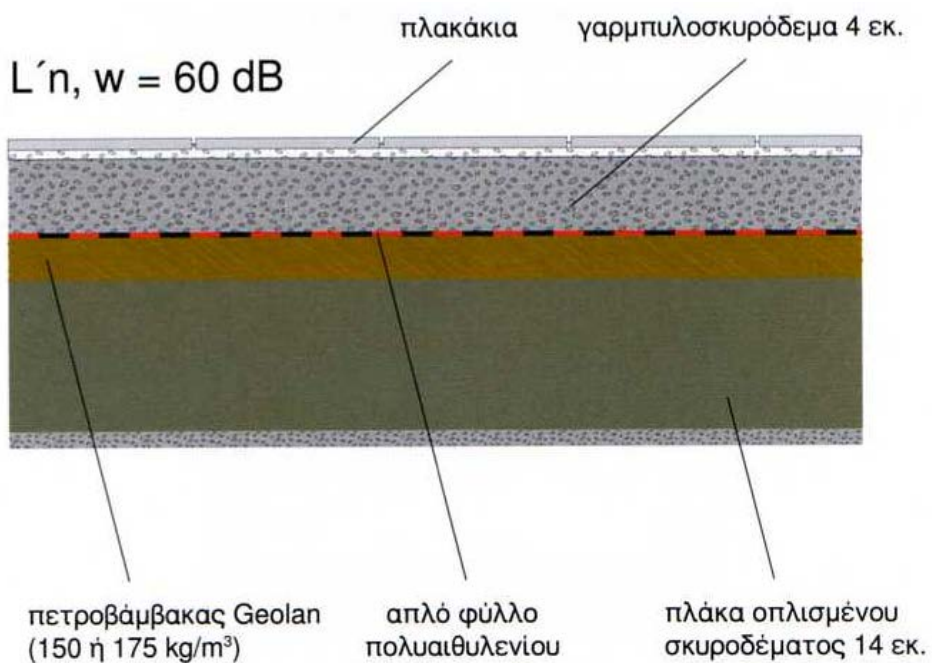
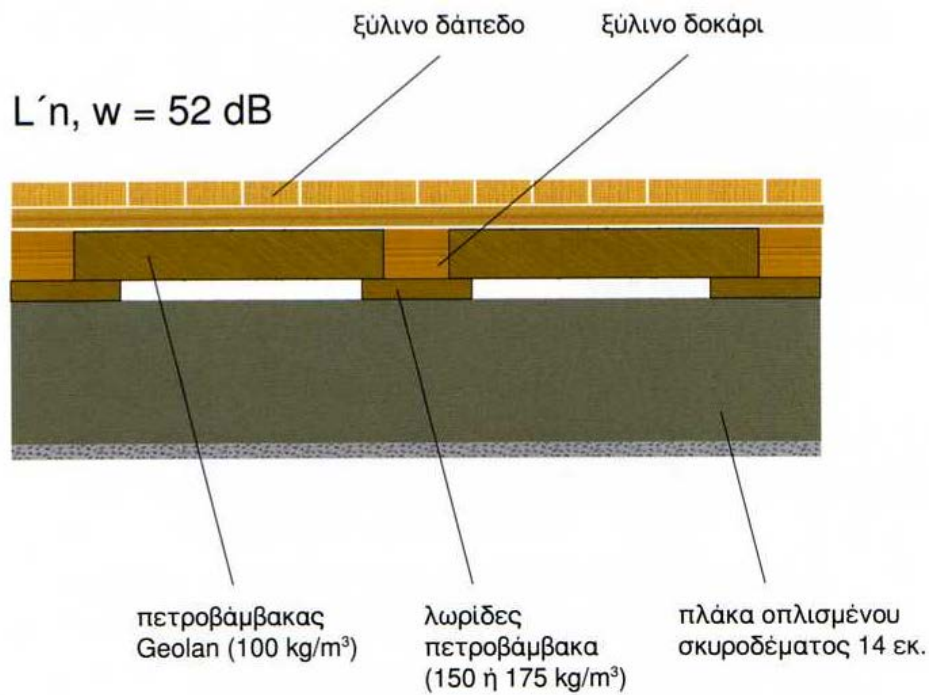
Σχ.68 Παράδειγμα πλωτού δαπέδου.



**Σχ.69 Παράδειγμα ηχομονωτικού πλωτού δαπέδου.**



Σχ.70 Παραδείγματα ηχομονωτικών πλωτών δαπέδων.



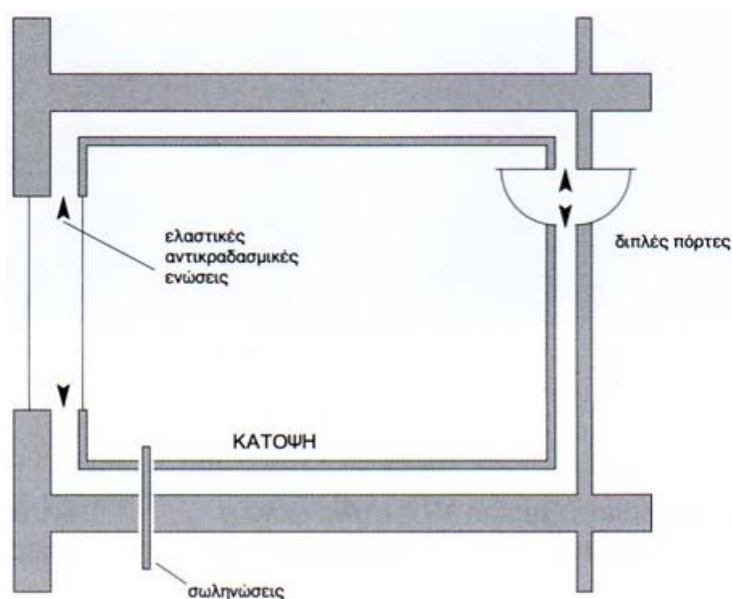
Σχ.71 Παραδείγματα ηχομονωτικών πλωτών δαπέδων.



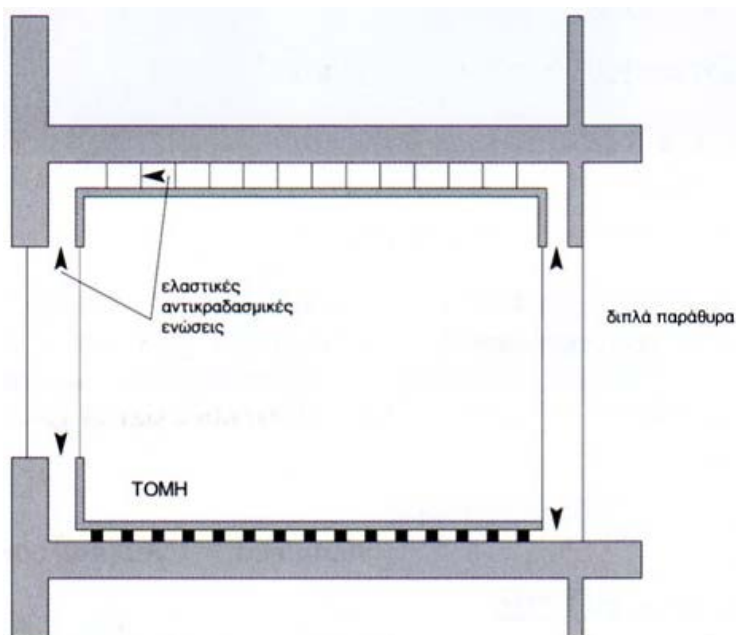
### Ασυνεχής κατασκευή

Όπως προαναφέρθηκε, οι πλευρικές μεταδόσεις μειώνουν την ηχομονωτική ικανότητα ακόμη και δομικών στοιχείων με υψηλό δείκτη ηχομείωσης. Για το λόγο αυτό σε χώρους όπου απαιτείται υψηλή ηχομόνωση είτε λόγω ειδικών χρήσεων (studio, δωμάτια μουσικής, θέατρα κλπ) είτε λόγω δημιουργίας υψηλών σταθμών θορύβου (κέντρα διασκέδασης, πιεστήρια, τυπογραφεία κλπ) επιβάλλεται η εξάλειψη των πλευρικών μεταδόσεων.

Αυτό επιτυγχάνεται με την ασυνεχή κατασκευή που είναι η κατασκευή δωματίου σε δωμάτιο χωρίς καμία σύνδεση μεταξύ των δύο δωματίων (σχήμα 72).



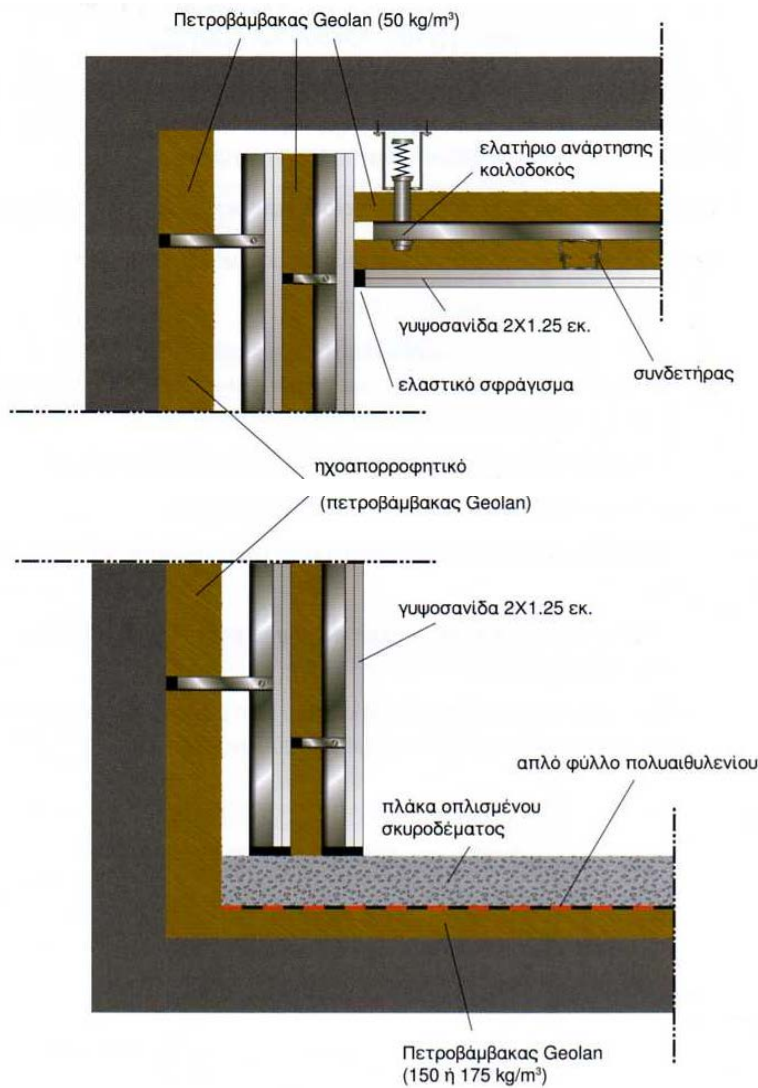
Σχ.72 Σχηματική απεικόνιση ασυνεχούς κατασκευής.



Η ασυνεχής κατασκευή έχει συνολικό δείκτη ηχομείωσης πολύ μεγαλύτερο από το όριο που θέτουν οι πλευρικές μεταδόσεις γιατί εξασφαλίζει αποτελεσματικό έλεγχο τόσο του αερόφερτου όσο και του κρουσιγενούς ήχου. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ασυνεχούς κατασκευής δίνεται στο σχήμα 73 (σελ.149).

Τα βασικά χαρακτηριστικά της ασυνεχούς κατασκευής είναι τα εξής:

- Κατασκευάζεται πλωτό δάπεδο
- Οι εσωτερικοί τοίχοι πατούν ελαστικά στο πλωτό δάπεδο, στηρίζονται ελαστικά στους εξωτερικούς, δε φτάνουν μέχρι την οροφή και κλείνουν περιμετρικά με ελαστικό υλικό
- Κατασκευάζεται ελαστικά αναρτημένη ψευδοροφή που κλείνει περιμετρικά στους τοίχους με ελαστικό σφράγισμα
- Τοποθετούνται διπλές πόρτες που η καθεμία στηρίζεται σε ξεχωριστό τοίχο
- Όλες οι σωληνώσεις (νερού, ηλεκτρικού κλπ) μονώνονται με ελαστικό υλικό και στηρίζονται ελαστικά με ειδικούς αναρτήρες.



Σχ.73 Σχηματική απεικόνιση ασυνεχούς κατασκευής.

### Ακουστική άνεση

Σκοπός της ηχομόνωσης είναι η προστασία ενός κτιρίου τόσο από τους εξωτερικούς όσο και από τους εσωτερικούς θορύβους έτσι ώστε να εξασφαλίζεται στο εσωτερικό του ακουστικό περιβάλλον (ακουστική άνεση) κατάλληλο για τις δραστηριότητες των χρηστών. Η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται από τις τιμές των παραμέτρων που αφορούν την ηχομόνωσή του τόσο από αερόφερτο και κρουσιγενή ήχο από εσωτερικές πηγές όσο και από αερόφερτο από εξωτερικές πηγές.

Οι παράμετροι που καθορίζουν την ακουστική άνεση ενός χώρου δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Είδος Ηχομόνωσης - Ηχοπροστασίας	Παράμετρος ακουστικής άνεσης				Μετρούμενο μέγεθος			
	Όνομασία	Σύμβολο	Μονάδα μέτρησης	Πρότυπο ΕΛΟΤ	Όνομασία	Σύμβολο	Μονάδα μέτρησης	Πρότυπο ΕΛΟΤ
Ηχομόνωση από αερόφερτο ήχο	Σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης	$R_w$	dB	461.1	Δείκτης ηχομείωσης	R	dB	370.3
	Σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης	$R'_w$	dB	461.1	Φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης	R'	dB	370.4
Ηχομόνωση από κτυπογενή ήχο	Σταθμισμένη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου	$L'_{nw}$	dB	461.2	Κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου	$L'_n$	dB	370.7 370.8
Ηχοπροστασία από αερόφερτο θόρυβο εξωτερικών πηγών	Ωριαία ισοδύναμη A – ηχοστάθμη	$L_{Aeq,h}$	dB (A)	230	A – ηχοστάθμη	$L_{pA}$	dB (A)	230
Ηχοπροστασία από τον αερόφερτο θόρυβο που παράγεται από εγκαταστάσεις	A – ηχοστάθμη	$L_{pA}$	dB (A)	229	A – ηχοστάθμη	$L_{pA}$	dB (A)	229

Ο κανονισμός ηχομόνωσης προβλέπει τρεις κατηγορίες ακουστικής άνεσης για τα νέα κτίρια με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις για τις τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης.

### Κατηγορία Α: «υψηλή ακουστική άνεση»

Για την κατηγορία αυτή κτιρίων οι απαιτήσεις (κριτήρια ηχομόνωσης) που πρέπει να πληρούνται δίνονται στον επόμενο πίνακα.

#### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ-ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης				Ηχοπροστασία από :		Ηχομόνωση ανάμεσα σε χώρους της ίδιας κατοικίας		
	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης		Ηχομόνωση κατοικίας από άλλο χώρο κύριας χρήσης		Εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων	Ηχομόνωση ανάμεσα σε χώρους της ίδιας κατοικίας		Ηχομόνωση κύριου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$L_{Aeq,h}$	$L_{pA}$	$R'_w$	$R'_w$	$L'_{n,w}$
	dB	dB	dB	dB	dB (A)	dB (A)	dB	dB	DB
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ	54	55	-	-	30	25	48	60	45
ΓΡΑΦΕΙΑ ΕΜΠΟΡΙΟ	52	60	58	52	35	30	-	55	55
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	57	58	58	52	30	25	-	60	45
ΥΓΕΙΑ	57	55	58	52	30	25	-	60	45
ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	65	40	62	47	(25)	(25)	-	(65)	(40)

**Κατηγορία Β: «κανονική ακουστική άνεση»**

Τα κριτήρια ηχομόνωσης που πρέπει να πληρούνται για τα κριτήρια κατηγορίας Β δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ-ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β**

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης		Ηχομόνωση κατοικίας από άλλο χώρο κύριας χρήσης		Ηχοπροστασία από :		Ηχομόνωση ανάμεσα σε χώρους της ίδιας κατοικίας		
	1	2	3	4	Εξωτερικούς θορύβους	θορύβους εγκαταστάσεων	8	9	9
	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$L_{Aeq,h}$	$L_{pA}$	$R'_w$	$R'_w$	$L'_{n,w}$
	dB	dB	dB	dB	dB (A)	dB (A)	dB	dB	dB
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ	50	60	-	-	35	30	42	55	50
ΓΡΑΦΕΙΑ ΕΜΠΟΡΙΟ	40	65	52	55	40	35	-	53	60
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	50	65	55	55	35	30	-	55	50
ΥΓΕΙΑ	50	60	55	55	35	30	-	53	50
ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	60	45	60	48	(25)	(25)	-	(62)	(45)

### **Κατηγορία Γ: «χαμηλή ακουστική άνεση»**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κτίρια που δεν πληρούν τα κριτήρια της κατηγορίας Β. οι τιμές στους πίνακες που βρίσκονται σε παρενθέσεις αφορούν στις απαιτήσεις για κτίρια ειδικών χρήσεων (θέατρα, κινηματογράφοι, αίθουσες μουσικής κλπ). Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες των κριτηρίων ηχομόνωσης, στην περίπτωση αερόφερτου ήχου το κριτήριο ηχομόνωσης είναι οι ελάχιστες απαιτούμενες τιμές του σταθμισμένου φαινομένου δείκτη ηχομείωσης  $R'_w$  (σε dB).

Για τον κρουσιγενή ήχο αντίστοιχα, το κριτήριο ηχομόνωσης είναι οι μέγιστες τιμές της σταθμισμένης κανονικοποιημένης στάθμης ηχητικής πίεσης κρουσιγενούς ήχου  $L'_{n,w}$  (σε dB). Σε ότι αφορά τους εξωτερικούς θορύβους, το κριτήριο ηχομόνωσης καθορίζεται από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της ωριαίας ισοδύναμης Α-ηχοστάθμης  $L_{eq,h}$  (σε dBA). Τέλος, για την απαιτούμενη ηχοπροστασία από θόρυβο εγκαταστάσεων (ανελκυστήρες, ψύξη-θέρμανση, υδραυλικά κλπ) το κριτήριο ηχοπροστασίας εκφράζεται με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές της Α-ηχοστάθμης  $L_p$  (σε dBA).

Στην περίπτωση κατοικιών της κατηγορίας Α (υψηλή ακουστική άνεση) η απαιτούμενη ηχομόνωση σε αερόφερτο ήχο μεταξύ κατοικιών είναι  $R'_w=54\text{dB}$ , ενώ μεταξύ των χώρων της ίδιας κατοικίας είναι  $R'_w=48\text{dB}$ . Οι αντίστοιχες απαιτήσεις για την κατηγορία Β (κανονική ακουστική άνεση) είναι  $R'_w=50\text{dB}$  και  $R'_w=42\text{dB}$ . Για την περίπτωση κρουσιγενούς ήχου η απαιτούμενη ηχομόνωση για την κατηγορία Α είναι  $L'_{n,w}=55\text{dB}$ , ενώ για την κατηγορία Β αντίστοιχα  $L'_{n,w}=60\text{dB}$ .

### **Σχεδιασμός ηχομόνωσης**

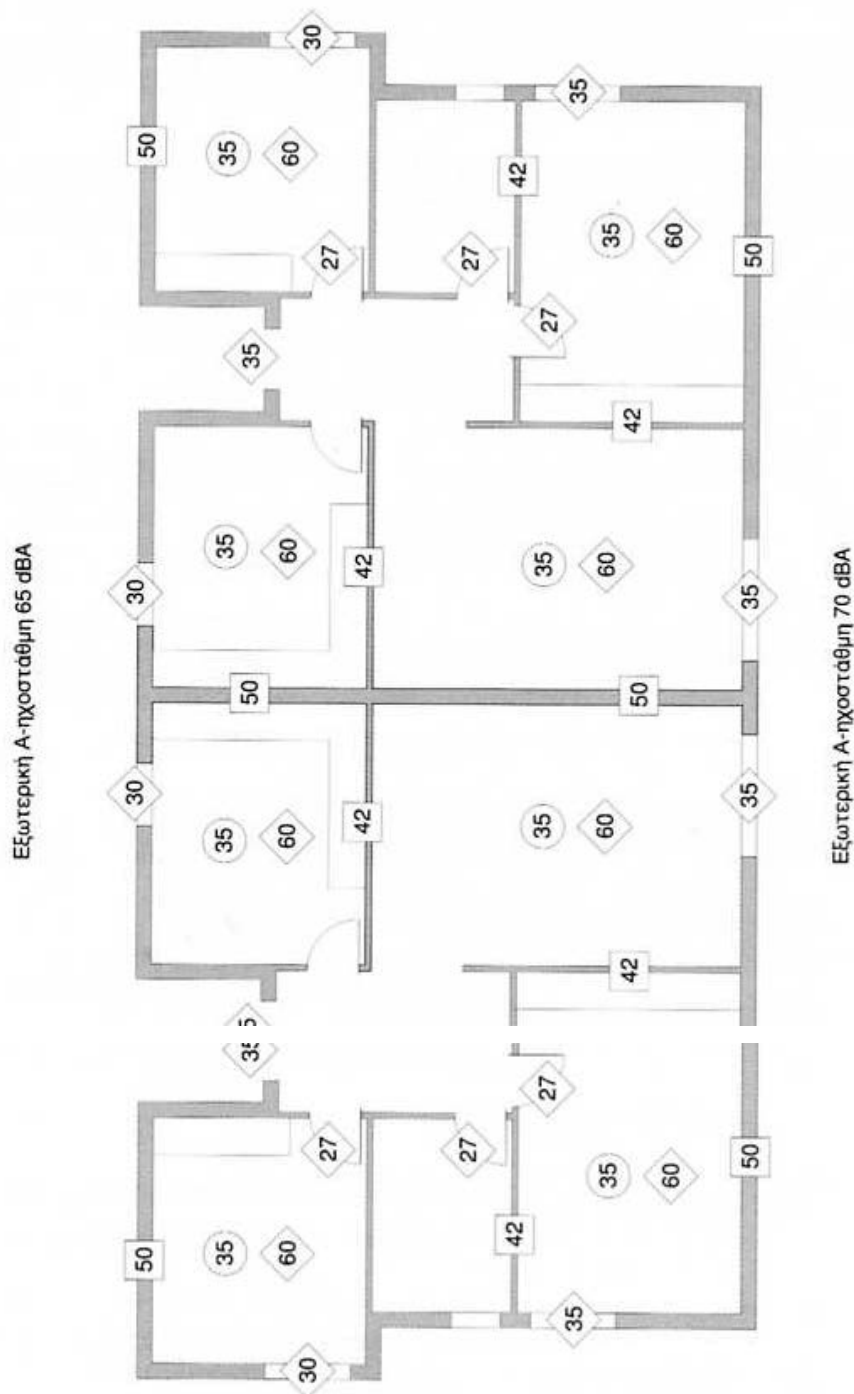
Για τον σχεδιασμό των μέτρων ηχοπροστασίας ενός κτιρίου στο στάδιο της μελέτης θα πρέπει στα σχέδια κατόψεων-τομών να αναγραφούν οι απαιτούμενες τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης για την κάλυψη των απαιτήσεων του κανονισμού ανάλογα με το είδος και τη χρήση του κτιρίου.

Ένα υπόδειγμα για το συμβολισμό των παραμέτρων ακουστικής άνεσης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Σύμβολο	Δείκτης	Περιγραφή
○	$L_{A,eq,h}$ (dB(A))	Ωριαία ισοδύναμη A-ηχοστάθμη Μέγιστη τιμή αερόφερτου θορύβου εξωτερικών πηγών
○	$L_{pA}$ (dB)	A-ηχοστάθμη Μέγιστη τιμή αερόφερτου θορύβου από εγκαταστάσεις
□	$R'_w$ (dB)	Σταθμισμένος Φαινόμενος Δείκτης Ηχομείωσης Ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για τοίχους, πατώματα.
◇	$R'_w$ (dB)	Σταθμισμένος Φαινόμενος Δείκτης Ηχομείωσης Ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για πόρτες, παράθυρα
▽	$L'_{n,w}$ (dB)	Σταθμισμένη Κανονικοποιημένη Στάθμη Ηχητικής Πίεσης Κτυπογενούς Ήχου Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή κτυπογενούς ήχου για οριζόντια χωρίσματα

Το παράδειγμα που ακολουθεί περιορίζεται σε τυπικό κτίριο κατοικίας. Στο σχήμα 74 (σελ.155) φαίνεται η κάτοψη δύο κατοικιών όπου σημειώνονται με τη χρήση των συμβόλων του υπομνήματος όλες οι απαιτούμενες τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης θεωρώντας ότι οι απαιτήσεις αναφέρονται στα κριτήρια της κατηγορίας B «κανονικής ακουστικής άνεσης».





Σχ.74 Παράδειγμα ασυνεχούς κατασκευής.

Εξωτερικά του κτιρίου σημειώνονται (για κάθε πλευρά) οι ωριαίες ισοδύναμες Α-ηχοστάθμες με τιμές 70 και 65dB(A) που χαρακτηρίζουν το θόρυβο από εξωτερικές πηγές (π.χ. κυκλοφοριακός θόρυβος). Σύμφωνα με τον κανονισμό, η μέγιστη επιτρεπόμενη ηχοστάθμη στους χώρους κατοικίας (σημειώνεται μέσα σε κύκλο στις κατόψεις) είναι 35dB(A).

Με βάση τις παραπάνω τιμές οι απαιτούμενοι δείκτες ηχομείωσης  $R'_w$  των παραθύρων και της εξωτερικής τοιχοποιίας καθορίζονται σε 35dB και 42dB αντίστοιχα.

Για τη μεσοτοιχία μεταξύ κατοικιών, ο κανονισμός προβλέπει ελάχιστο απαιτούμενο ηχομείωσης  $R'_w=50$ dB (όπως σημειώνεται στην κάτωψη) και για την τοιχοποιία μεταξύ χώρων της ίδιας κατοικίας δείκτη  $R'_w=42$ dB. Για τις εξώπορτες σημειώνεται απαιτούμενος δείκτης ηχομείωσης  $R'_w=35$ dB, ενώ για τις εσωτερικές πόρτες 25dB αντίστοιχα. Για τα δάπεδα, τέλος, σημειώνεται για όλους τους χώρους η απαίτηση του κανονισμού για το μέγιστο επιτρεπόμενο δείκτη  $L'_{n,w}$  ίσο με 60 dB.

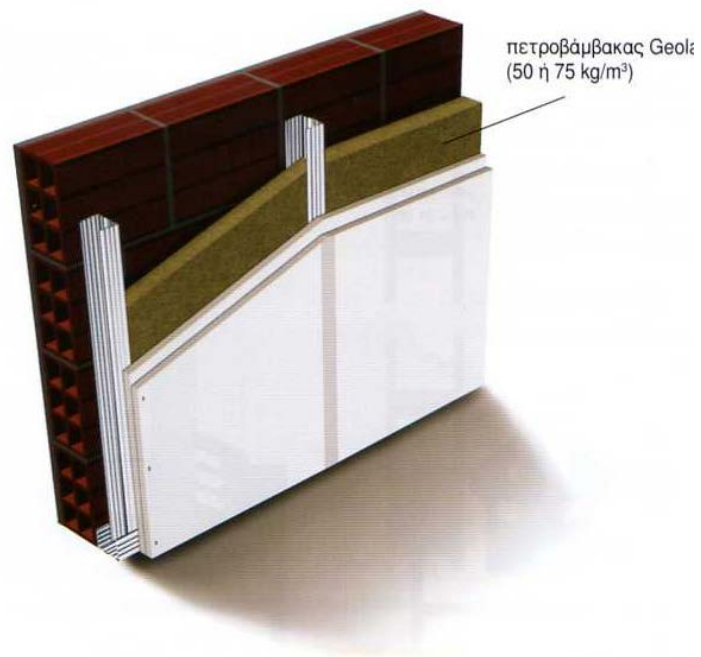
Με τις παραπάνω τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης εκπληρώνονται οι απαιτήσεις ηχομόνωσης για να ανήκει το κτίριο στην κατηγορία Β (κανονική ακουστική άνεση). Κατά τη σχεδίαση των μέτρων ηχομόνωσης η σχέση μεταξύ των δεικτών  $R_w$  και  $R'_w$  καθορίζεται από τον παρακάτω πίνακα.

$R'_w$ (dB)	$R_w$ (dB)
έως 42	$R'_w + 0$
από 43 μέχρι 48	$R'_w + 2$
από 48 μέχρι 52	$R'_w + 3$
από 52 μέχρι 55	$R'_w + 4$
από 55 μέχρι 60	$R'_w + 6$

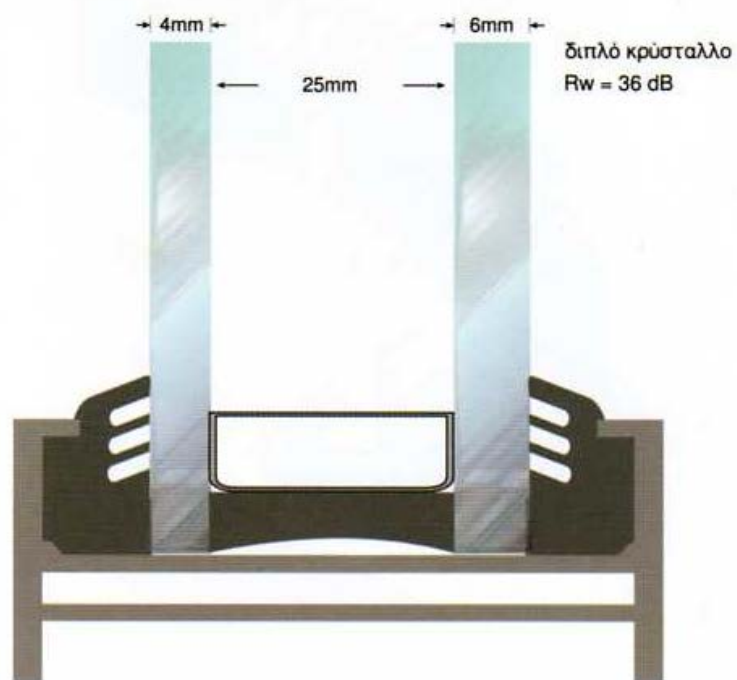
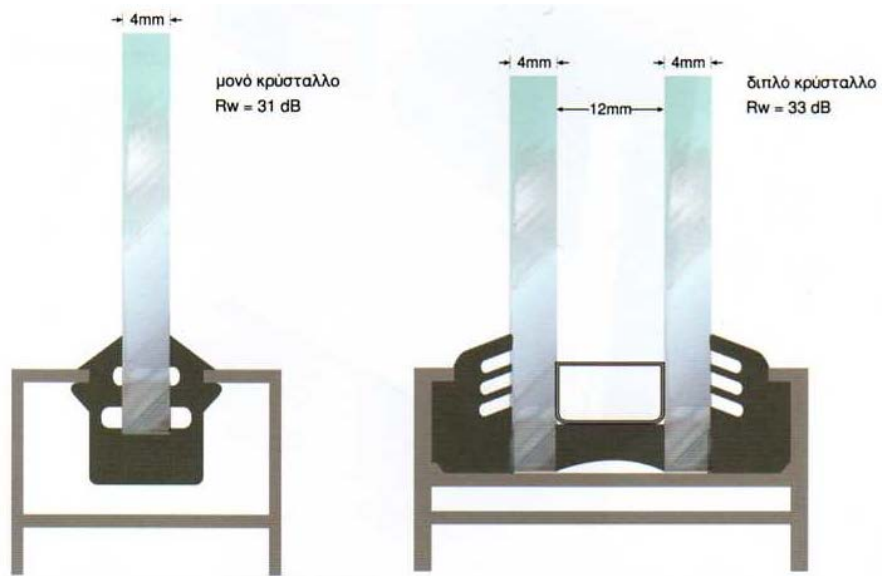
Συνεπώς, θα πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα έτσι ώστε οι διαφορές λόγω πλευρικών μεταδόσεων να μην είναι μεγαλύτερες από αυτές που καθορίζονται στον πίνακα.

Έχοντας καθορίσει τα απαιτούμενα ηχομονωτικά χαρακτηριστικά των κτιριακών στοιχείων επιλέγονται στη συνέχεια οι κατασκευαστικές λύσεις που πληρούν τα παραπάνω κριτήρια.

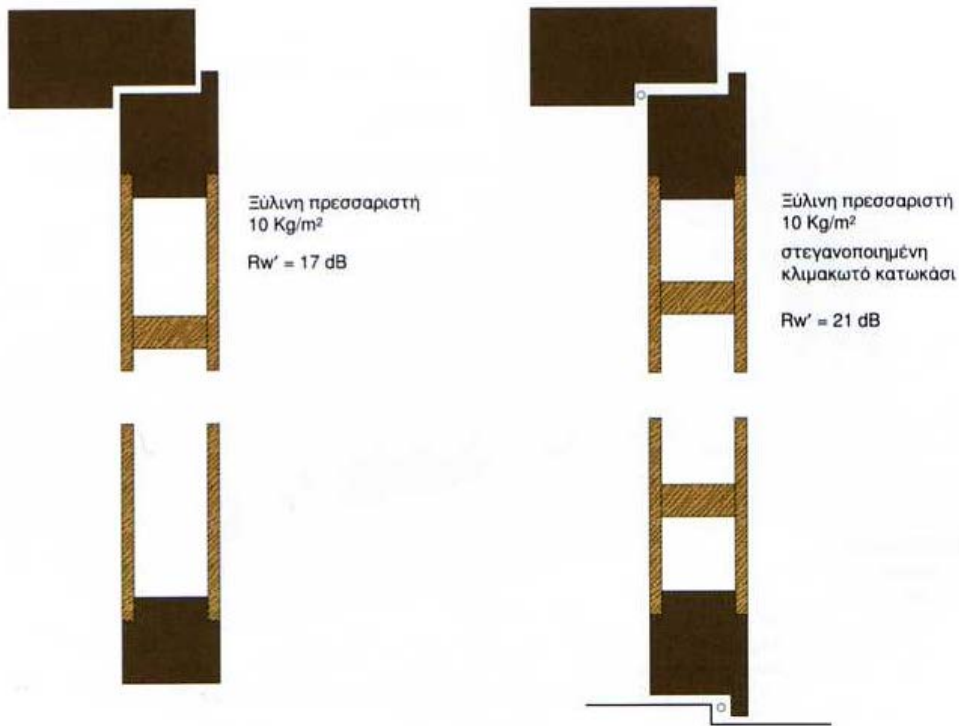
Για το συγκεκριμένο παράδειγμα κατοικιών κατάλληλες ενδεικτικές λύσεις για την εκπλήρωση των απαιτήσεων δίνονται στα σχήματα 75,76,77,78,79,80 και 81 (σελ 157-161).



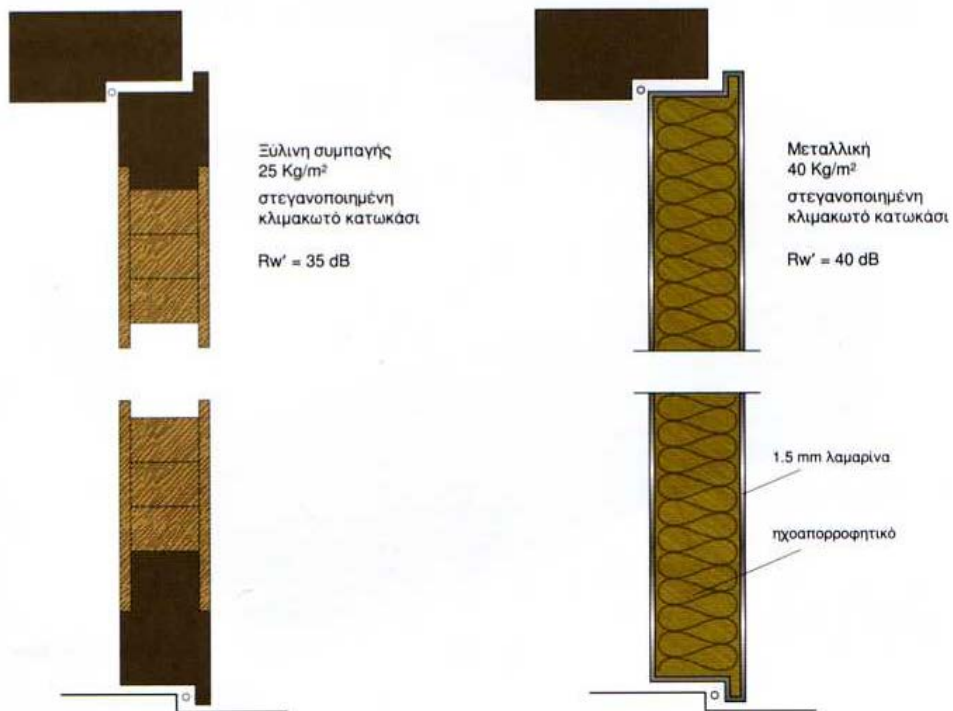
**Σχ.75 Παραδείγματα τοιχοποιίας μεταξύ χώρων της ίδιας κατοικίας.**



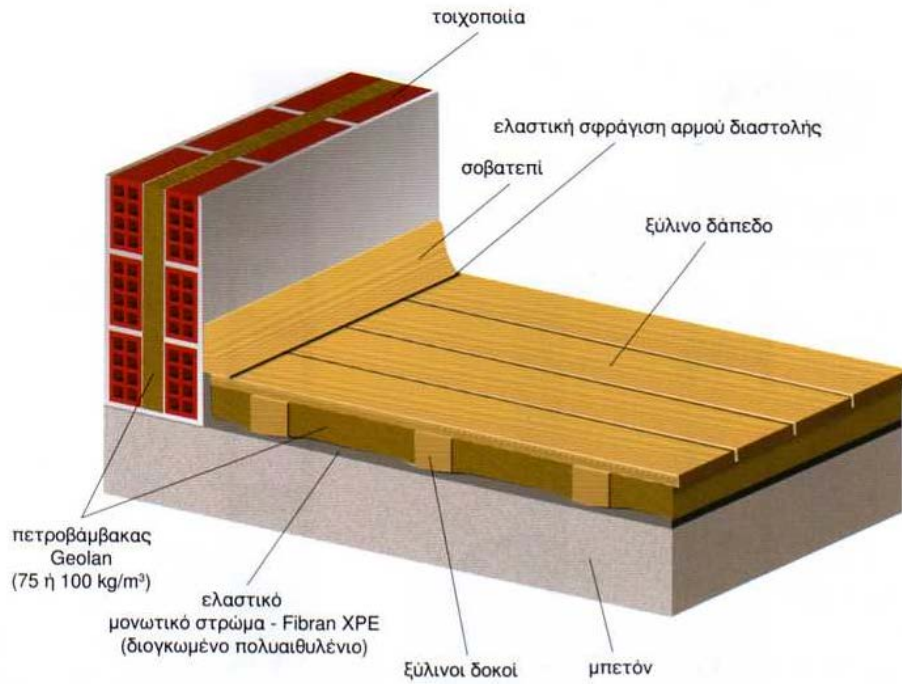
Σχ.76 Παραδείγματα παραθύρων.



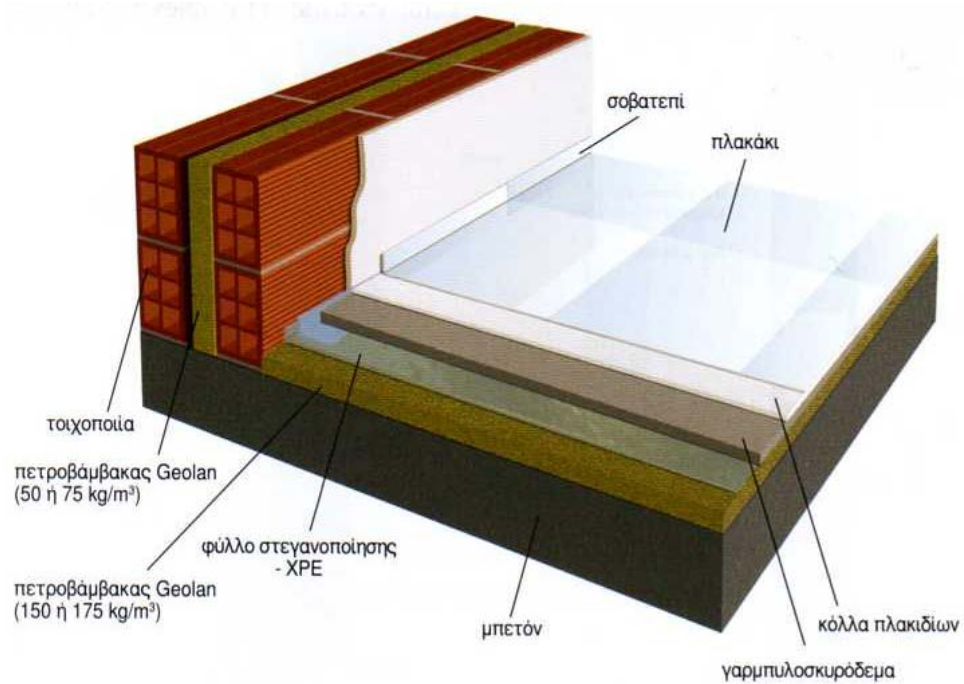
Σχ.77 Εσωτερικές ηχομονωτικές πόρτες.



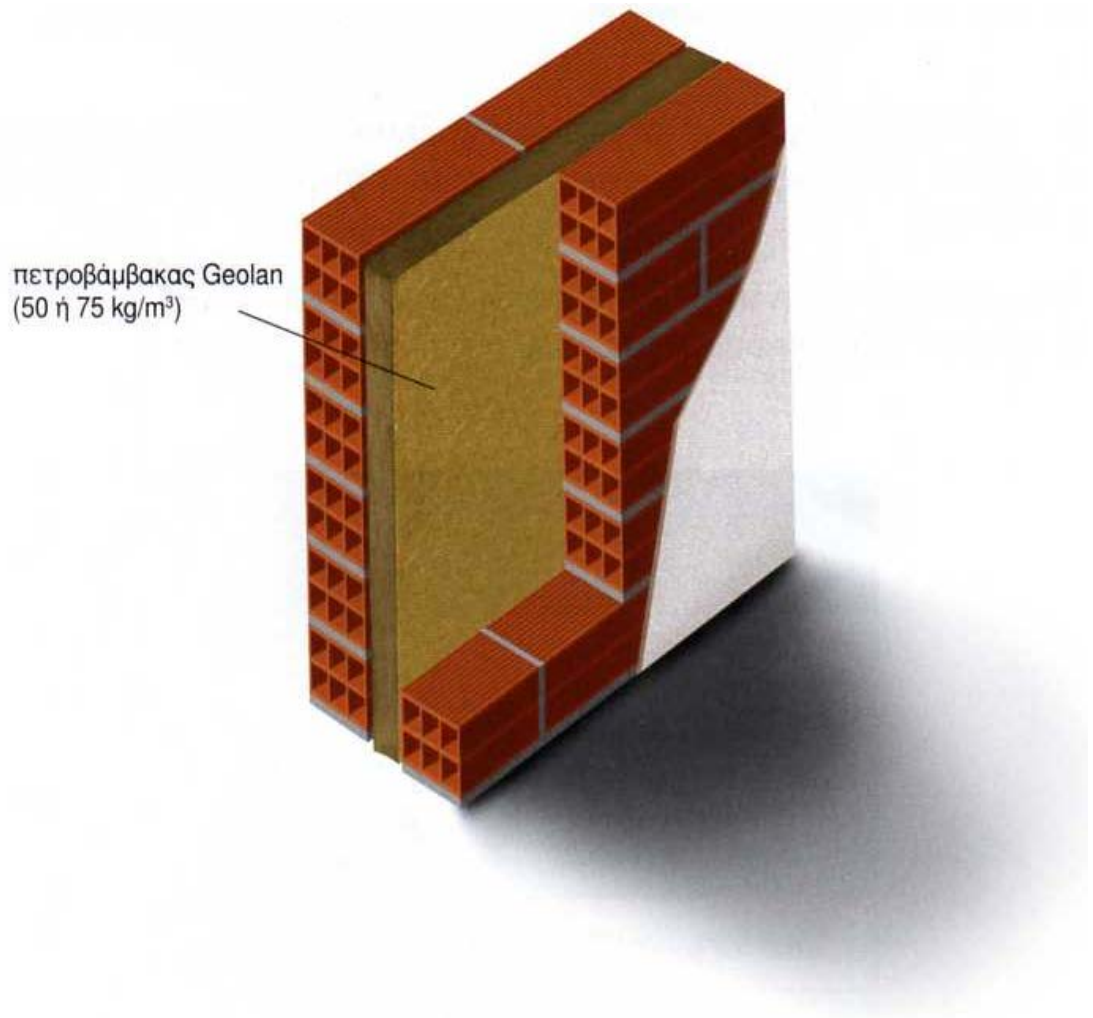
Σχ.78 Εξωτερικές ηχομονωτικές πόρτες.



Σχ.79 Παράδειγμα πλωτού δαπέδου.



Σχ.80 Παράδειγμα πλωτού δαπέδου.



Σχ.81 Παράδειγμα μεσοτοιχίας μεταξύ κατοικιών ή εξωτερικής τοιχοποιίας.

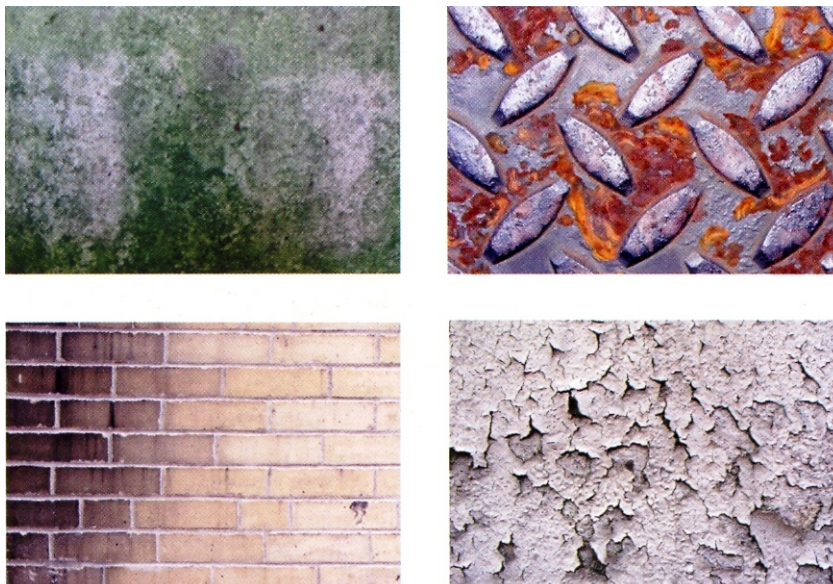
### 3.ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ

#### 3.1. ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

#### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ

##### Εμφάνιση και δράση της υγρασίας

Η υγρασία αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους και πλέον επικίνδυνους εχθρούς των κατασκευών. Οι φθορές που προκαλεί, δημιουργούν σοβαρά και συνήθως δυσεπίλυτα προβλήματα. Οι πρώτες ενδείξεις για την παρουσία υγρασίας συνήθως γίνονται αντιληπτές από επιφανειακές φθορές στους τοίχους, στην πραγματικότητα όμως αυτή έχει ήδη προσβάλει το δομικό στοιχείο σε μεγάλο βάθος και έχει επιφέρει ποικίλες κακώσεις. Η παρουσία της μπορεί να προκαλέσει στα υλικά φυσικές, χημικές και μηχανικές αλλοιώσεις, ανάλογα με το βαθμό προσβολής τους, να μειώσει ή και να εξαλείψει τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες, να συντείνει στην ανάπτυξη και συντήρηση επιβλαβών φυτικών και ζωικών μικροοργανισμών και ακόμη να προξενήσει βλάβες στην υγεία των ενοίκων (εικόνα 33). Πολλές φορές, όσο εύκολη είναι η προσβολή μιας κατασκευής από υγρασία, τόσο δύσκολη είναι η εξάλειψή της και η αποκατάσταση των φθορών που προκάλεσε. Για το λόγο αυτό ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισής της είναι η πρόληψη.



Εικόνα 33 Επίδραση της υγρασίας σε επίχρισμα, μέταλλο, τούβλα, βαφές.



## Διάγνωση

Η αναζήτηση της πηγής της υγρασίας δεν αποτελεί πάντα εύκολη υπόθεση. Τα συμπτώματα στα δομικά στοιχεία των κατασκευών, δεν μπορεί να αποτελέσουν ποτέ ένα ασφαλές κριτήριο για το είδος και την προέλευσή της. Αντιθέτως, η παραπλάνηση είναι πολύ εύκολη, επειδή το νερό, πριν να κάνει την εμφάνισή του επιφανειακά σε κάποια θέση της κατασκευής, ακολουθεί πολλές φορές μακρές και αόρατες διαδρομές μέσα από τη μάζα των υλικών, ενώ άλλες φορές δίνει ψευδή εικόνα για την πραγματική έκταση του προβλήματος. Έτσι, μπορεί να γίνει εσφαλμένη διάγνωση και να προκληθεί επιδείνωση του προβλήματος.

Η ορθή διάγνωση, λοιπόν, αποτελεί την απαρχή μιας καλής εξυγίανσης.

Μερικές βασικές αρχές μπορούν να αποτελέσουν έναν πρώτο κατευθυντήριο οδηγό. Σε καμιά περίπτωση πάντως οι αρχές αυτές δεν θα πρέπει να εκλαμβάνονται ως αποκλειστικό κριτήριο για την εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων, αλλά απλά και μόνον ως ενδείξεις που χρήζουν περαιτέρω τεκμηρίωσης

- **Εμφανείς κηλίδες στα δάπεδα**, οι οποίες διατηρούν σταθερούς χρωματικούς τόνους, διαρκούν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και συνοδεύονται από την εμφάνιση υγρασίας στους περιμετρικούς τοίχους μέχρι ενός σταθερού ύψους, είναι ενδείξεις για προσβολή από υγρασία εδάφους.

- Αντιθέτως, σχεδόν **ομοιόμορφη επισκόνιση των χρωμάτων όλων των επιφανειών ενός χώρου**, με διαφοροποίηση όμως των τόνων τους κατά τις διάφορες εποχές του έτους δημιουργεί υπόνοιες για υγρασία συμπύκνωσης.

- **Εκτενείς ή και περιορισμένες κηλίδες στην οροφή** των τελευταίων ορόφων, καθώς και μεμονωμένοι εμποτισμοί τμημάτων της επιφάνειας των τοίχων οφείλονται μάλλον στην υγρασία από βροχή υπό κλίση.

- **Μεμονωμένες κηλίδες επάνω στους τοίχους** σε οποιοδήποτε ύψος τους και σε διάφορους τόνους, που εμφανίζονται κυρίως σε περιόδους βροχής ή όταν πνέουν υγροί και ζεστοί άνεμοι, οφείλονται συνήθως σε υγρασία συμπύκνωσης, που δεν αποκλείεται να συνοδεύεται και από υγρασία εδάφους.

- Σε χώρους που δέχονται έντονο εξαερισμό ή μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, **εμφανώς εμποτισμένοι τοίχοι μέχρι ένα ορισμένο ύψος** από τη βάση τους και με διαβρώσεις και αποφλοιώσεις του επιχρίσματος κατά μια επιμήκη λωρίδα που διαχωρίζει το υγρό από το στεγνό μέρος τους, έχουν προσβληθεί κατά μεγαλύτερη πιθανότητα από υγρασία εδάφους.

- **Αντιθέτως, ελαφρές διυγράνσεις στις γωνίες τοίχων**, πίσω από έπιπλα, που και σ' αυτές ακόμη παρατηρούνται φουσκώματα και αποκολλήσεις, μπορεί να οφείλονται σε υγρασία συμπίκνωσης λόγω έλλειψης αερισμού και στασιμότητας του αέρα.

- **Η εμφάνιση μυκήτων και μούχλας** μπορεί να οφείλεται ομοίως σε έλλειψη αερισμού και πλήρη στασιμότητα του αέρα στους χώρους μιας κατασκευής. Παρατηρείται στα υπόγεια και στα κελάρια με παχείς υγρούς τοίχους, που μένουν σχεδόν μόνιμα κλεισμένα.

- **Αποχρωματισμοί των τοίχων σε μικρή έκταση**, σ' όλη την επιφάνειά τους αποτελούν ενδείξεις υγρασίας συμπίκνωσης, ενώ όταν παρουσιάζονται σε μεγάλη έκταση και συνοδεύονται από αποκολλήσεις επιχρισμάτων μπορεί να οφείλονται σε υγρασία εδάφους ή σε υγρασία λόγω διάχυσης και συμπίκνωσης σε ένα χώρο με έντονη παραγωγή υδρατμών (π.χ. κουζίνες).

- **Εμφάνιση εξανθημάτων στους τοίχους**, που μερικές φορές συνοδεύεται από αποσάθρωση των υλικών, πιθανό να οφείλεται στη μετανάστευση αλάτων με την υγρασία εδάφους.

- **Εμποτισμός του τοίχου** σε μια στενή περιοχή ή σε ένα μόνο σημείο με εμφανή τάση αύξησης της υγρασίας και διεύρυνσης του εμποτισμένου τμήματος του τοίχου είναι ένδειξη διαρροής κάποιου αγωγού ή συγκέντρωσης λιμναζόντων νερών.

Από τις παραπάνω ενδεικτικές αναφορές γίνεται σαφές το πλήθος των περιπτώσεων υγρασίας που μπορούν να εμφανιστούν. Έτσι, για την αποφυγή λαθών, η μελέτη οφείλει να γίνεται προσεκτικά, σε βάθος και να εξετάζει όλες τις πιθανές εκδοχές. Να έχει διάρκεια και να μην είναι στιγμιαία, να μη στηρίζεται μόνο σε αισθητικές και οπτικές παρατηρήσεις αλλά και σε μετρήσεις.

### Μορφές υγρασίας

**Η υγρασία εδάφους** οφείλεται σε υπόγεια ή επιφανειακά νερά, που βρίσκονται στο έδαφος. Ανέρχεται στις κατασκευές από τα θεμέλια μέσω των τριχοειδών αγγείων των υλικών. Έχει σταθερή τιμή και είναι εύκολο να μετρηθεί.

**Η υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης** οφείλεται στη συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα, όταν αυτοί έρθουν σε επαφή με μια ψυχρή εσωτερική επιφάνεια, της οποίας η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από το σημείο δρόσου.

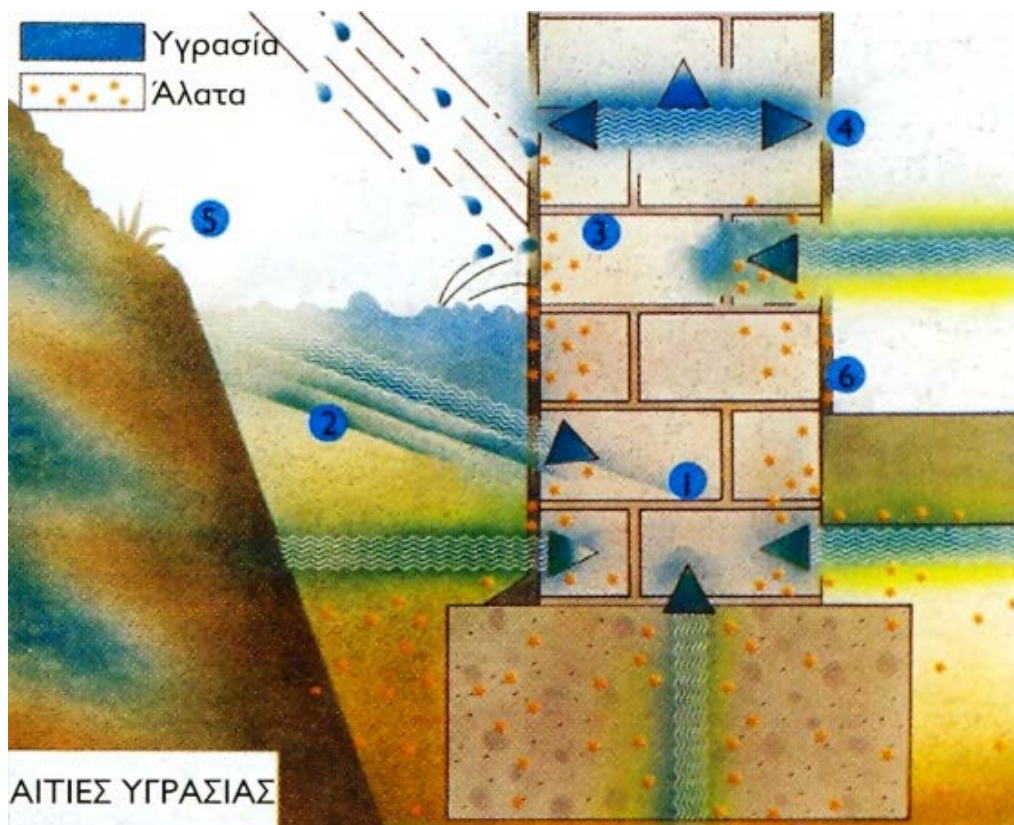
Η εμφάνισή της είναι πρόσκαιρη και γι' αυτό δεν έχει σταθερή τιμή και ούτε είναι τόσο εύκολο πάντοτε να μετρηθεί.

**Η υγρασία λόγω διάχυσης των υδρατμών** είναι μια μορφή συμπύκνωσης που εκδηλώνεται στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων κατά τη διάχυση των υδρατμών, όταν οι τελευταίοι βρεθούν σε κατάσταση κορεσμού. Είναι δύσκολο να διαπιστωθεί και να μετρηθεί. Μπορεί όμως να υπολογιστεί.

**Η υγρασία λόγω βροχής** οφείλεται στα νερά της βροχής που προσβάλλουν εξωτερικά τους τοίχους, είτε απευθείας, είτε από ανάκλαση στα περιμετρικά των κτιρίων πλακόστρωτα, πεζοδρόμια και κράσπεδα. Δεν φτάνει στην εσωτερική τους επιφάνεια, παρά μόνον αν η δόμησή τους είναι ελαττωματική, ή παρουσιάζει φθορές. Μια υγρή όμως τοιχοποιία μπορεί να γίνει πρόξενος επιφανειακής συμπύκνωσης στην εσωτερική πλευρά των τοίχων. Αυτή η υγρασία είναι σχετικά εύκολο να μετρηθεί.

**Η υγρασία λόγω σφαλμάτων στην κατασκευή ή πλημμελούς συντήρησης** οφείλεται σ' αυτό ακριβώς που δηλώνει η ονομασία της. Συνήθως οφείλεται σε διαρροές, σε θραύση αγωγών, σε λανθασμένες κλίσεις των δωματίων και των εξωστών, σε απόφραξη των υδρορροών κτλ

**Η υγρασία των νέων κατασκευών** οφείλεται στο νερό που αναμείχθηκε με τα οικοδομικά υλικά κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Η διάρκειά της κυμαίνεται από λίγους μήνες ως τέσσερα χρόνια, ανάλογα με τα υλικά κατασκευής και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (εικόνα 34, σελ.166).



Εικόνα 34 1. Υγρασία από το έδαφος λόγω των τριχοειδών αγγείων, διεισδύει από τα θεμέλια.

2. Υγρασία από το έδαφος λόγω των τριχοειδών αγγείων, διεισδύει από τα πλευρικά τοιχώματα.

3. Υγρασία λόγω διάχυσης των υδρατμών.

4. Επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών.

5. Υγρασία λόγω βροχής.

6. Υγρασία από διαρροές αγωγών υδραυλικών εγκαταστάσεων.

### Φθορές από την υγρασία:

**Διάλυση και αποσάθρωση των δομικών υλικών.** Υλικά, όπως η γύψος, παρουσιάζουν έντονες διαλυτικές τάσεις υπό την επίδραση της υγρασίας, ενώ άλλα, όπως ο γρανίτης, θεωρούνται πρακτικά αδιάλυτα, ακόμη και σε παρατεταμένη δράση της. Ωστόσο, κάτω από ειδικές συνθήκες γίνονται και αυτά ευπρόσβλητα.

**Διογκώσεις (φουσκώματα), αποφλοιώσεις και αποκολλήσεις.** Οφείλονται σε μακροχρόνιες διαρκείς ή περιοδικές επιδράσεις της υγρασίας στα υλικά. Οι επάλληλες διυγράνσεις και εξατμίσεις επιφέρουν διογκώσεις και συρρικνώσεις, που καταστρέφουν τη συνάφεια μεταξύ των υλικών.

**Σχηματισμός εξανθημάτων.** Το νερό όταν διεισδύει μέσα στα δομικά υλικά είτε διαλύει ορισμένα συστατικά τους, δημιουργώντας άλατα, είτε μετακινεί άλατα που υπάρχουν διαλυμένα σ' αυτό. Τα άλατα αυτά μεταφέρονται σταδιακά στην εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων και μετά την εξάτμιση του νερού παραμένουν εκεί υπό μορφή κηλίδων και εξανθημάτων.

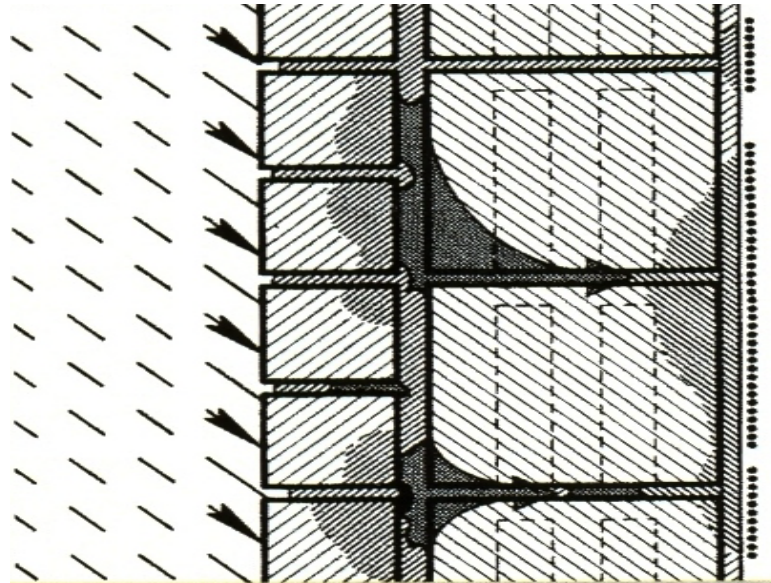
**Χημικές διαβρώσεις και οξειδώσεις.** Οφείλονται στην επίδραση οξειδίων και αλάτων, που βρίσκονται διαλυμένα μέσα στο νερό και αντιδρούν όταν έρθουν σε επαφή με τα συστατικά ορισμένων δομικών υλικών, όπως είναι η γύψος, τα μάρμαρα και άλλα ασβεστολιθικής προέλευσης υλικά, τα μέταλλα, κτλ

**Χρωματισμοί και αποχρωματισμοί των επιφανειών.** Είναι απόρροια του προηγούμενου φαινομένου. Οι έγχρωμες ενώσεις οξειδίων, που δημιουργούνται κατά την αντίδραση του νερού με ορισμένα συστατικά των δομικών υλικών, προσβάλλουν και αλλοιώνουν τους χρωματισμούς των επιφανειών. Τα αποτελέσματα γίνονται περισσότερο αισθητά στις επιφάνειες των μαρμάρων και των ασβεστολίθων.

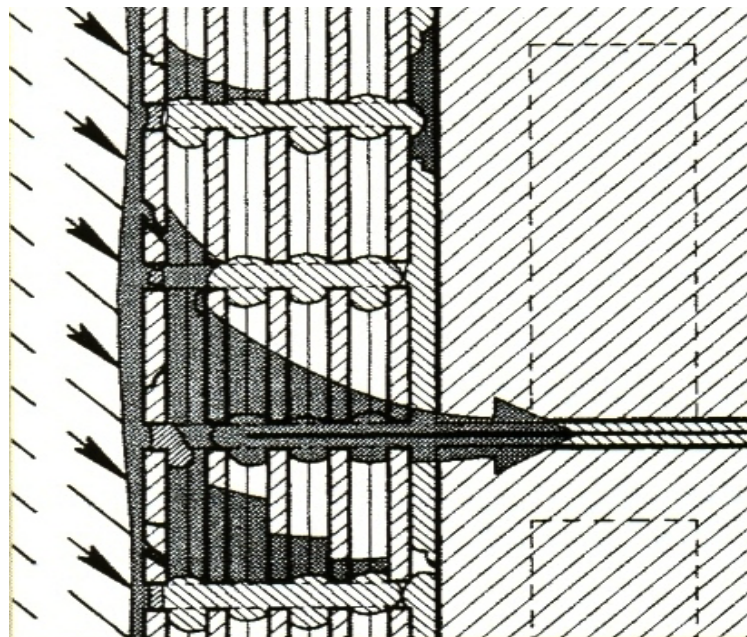
**Θραύσεις και ρηγματώσεις,** που κατά κανόνα οφείλονται στην ιδιότητα που έχει το νερό να αυξάνει τον όγκο του περίπου κατά 10% όταν παγώσει. Η αύξηση αυτή του όγκου του νερού, που είναι εγκλωβισμένο μέσα στους πόρους των υλικών, επιφέρει τη διάρρηξη του ιστού τους και επομένως τη θραύση τους και ενίοτε το θρυμματισμό τους.

**Μείωση ή και πλήρης εξάλειψη των θερμομονωτικών ιδιοτήτων των υλικών.** Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τις ιδιότητές τους στον εγκλωβισμένο αέρα μέσα στους πόρους της μάζας τους. Όταν ο αέρας εκτοπίζεται από το νερό, οι ιδιότητες αυτές χάνονται. Ας ληφθεί υπόψη ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του νερού λ είναι περίπου 24 φορές μεγαλύτερος αυτού του αέρα.

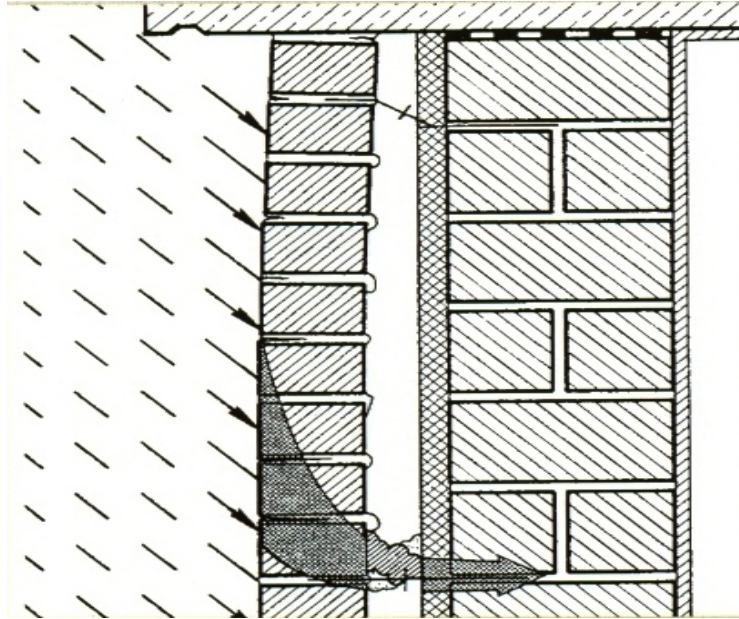
**Ανάπτυξη φυτοφυίας και μικροοργανισμών.** Το φαινόμενο εμφανίζεται σε χώρους που δεν είναι ψυχροί, έχουν ανεπαρκή αερισμό και παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας. Τα αναπτυσσόμενα φυτά -κυρίως μύκητες και λειχήνες- διεισδύουν με τις ρίζες τους στους πόρους των υλικών και τα καταστρέφουν, συντείνοντας παράλληλα για τη συντήρησή τους στην αύξηση της υγρασίας.



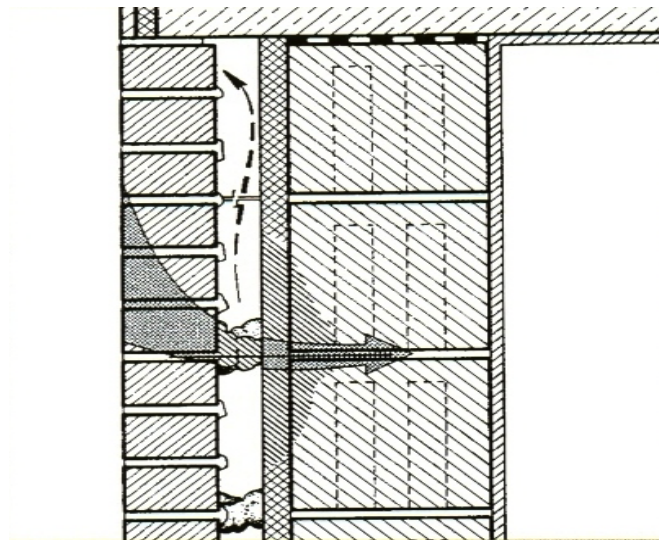
**Εικόνα 335** Δικέλφους τοίχος με κτιστή προστατευτική τοιχοποιία χωρίς ενδιάμεσο αεριζόμενο διάκενο. Μια κακή αρμολόγησή τους δεν επιτρέπει στον τοίχο να ανταποκριθεί ικανοποιητικά στις μεγάλες απαιτήσεις ιδιαίτερα έντονης βροχής.



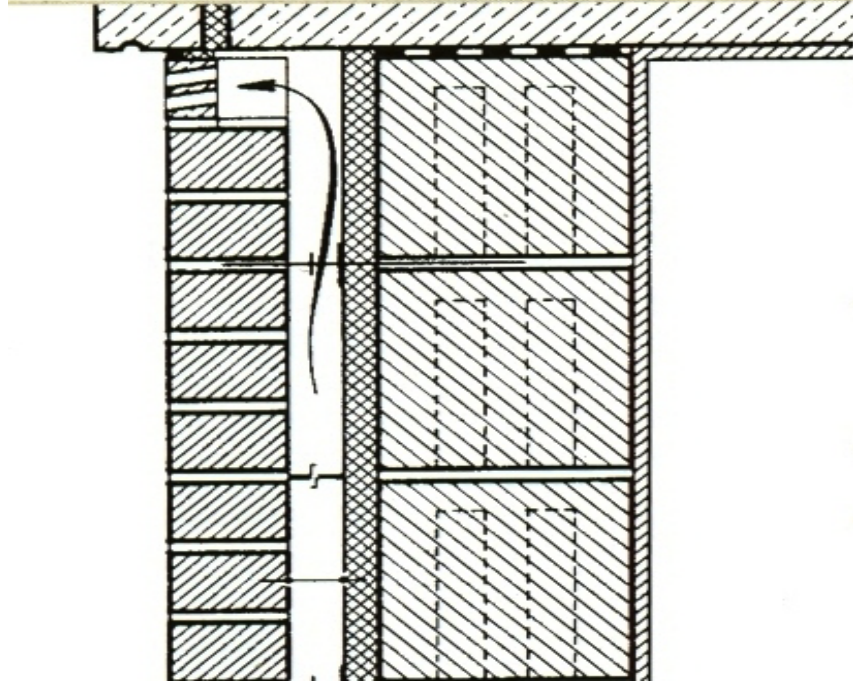
**Εικόνα 36** Βλάβες από την υγρασία παρατηρούνται σε εξωτερικούς τοίχους με προστατευτικές τοιχοποιίες, όταν η αρμολόγησή τους είναι ελλιπής ή παρουσιάζει τριχοειδείς ρωγμές, λόγω κακής σύνδεσης του κονιάματος.



**Εικόνα 37 Προστατευτικές τοιχοποιίες ύψους πολλών ορόφων χωρίς αγκύρωση, ιδίως σε μικρά τμήματα ανάμεσα σε τμήματα, εμφανίζουν ρωγμές και αποκολλήσεις.**



**Εικόνα 38 Το κονίαμα των τούβλων της προστατευτικής τοιχοποιίας που έπεσε στο διάκενο σχηματίζει γέφυρα με το εσωτερικό κέλυφος, εμποδίζοντας παράλληλα τον κανονικό του εξαερισμό. Το αποτέλεσμα είναι η υγρασία να προχωρά στο εσωτερικό κέλυφος.**



**Εικόνα 39 Κατασκευαστική λύση για την πρόληψη βλάβης σε ευπαθές σημείο:**

- α) Το αεριζόμενο διάκενο ανάμεσα στα δυο κελύφη, όταν δεν υπάρχει θερμομόνωση, πρέπει να έχει πλάτος περίπου 6 cm, ενώ όταν προβλέπεται θερμομόνωση, 4 cm.**
- β) Κατά τη διάρκεια της κατασκευής πρέπει να καθαρίζεται η λάσπη που περισσεύει στην εσωτερική πλευρά της προστατευτικής τοιχοποιίας και αυτή που πέφτει στο διάκενο.**
- γ) Τα αγκύρια πρέπει να τοποθετούνται οριζόντια.**
- δ) Η καθαρή συνολική διατομή των ανοιγμάτων αερισμού πρέπει να μην είναι μικρότερη από το 0,75% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου, πρέπει να αερίζονται εξίσου καλά.**



### **3.2. ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

Τα στεγανοποιητικά υλικά προστατεύουν τις κατασκευές από την υγρασία και παρεμποδίζουν τη διείσδυση του νερού στα επί μέρους δομικά στοιχεία τους.

Σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορεί ένα πλήθος στεγανοποιητικών υλικών, ποικίλης προέλευσης και ποικίλων χαρακτηριστικών, με τα οποία μπορεί κανείς να προσφέρει την κατάλληλη προστασία στις κατασκευές.

Ανάλογα με τη χημική τους προέλευση, τα στεγανοποιητικά υλικά μπορούν να διακριθούν σε:

- ασφαλτικά,
- συνθετικά ή πλαστικά,
- σιλικόνες,
- υλικά δύο συστατικών,
- στεγανοποιητικές κονίες ή ανόργανα υλικά,
- στεγανοποιητικά μάζας και
- στερεά υλικά.

Από το σύνολο όλων αυτών των υλικών άλλα σχηματοποιούνται επί τόπου κατά την εφαρμογή στο εργοτάξιο και άλλα εξαρχής στο εργοστάσιο και εφαρμόζονται κατόπιν στην κατασκευή.

Γ ενικός κανόνας για την επιλογή των υλικών σε κάθε περίπτωση δεν υπάρχει. Αντιθέτως, υπάρχουν βασικές αρχές και κατευθύνσεις για την ορθή εφαρμογή τους, που αν τηρηθούν με σχολαστικότητα, η κάθε τύπου στεγανοποίηση προσφέρει άριστα αποτελέσματα.

ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ			
ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ	• ΑΜΟΡΦΑ	• Ασφαλτόκολλα • Οξειδωμένη άσφαλτος • Ασφαλτικές μαστίχες & στόκοι	
	• ΡΕΥΣΤΑ	• Ασφαλτικά βερνίκια • Ασφαλτικά γαλακτώματα	
	• ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ	• Ασφαλτικά κορδόνια  • Ασφαλτικά φύλλα & μεμβράνες	- Πισσόχαρτα & ασφαλτόπανα - Κοινά ασφαλτόπανα - Πλαστομερή ασφαλτόπανα - Ελαστομερή ασφαλτόπανα - Ελαστοπλαστομερή ασφαλτόπανα - Αυτοκόλλητα ασφαλτόπανα
	• ΑΜΟΡΦΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	• Πλαστικές μαστίχες & πλαστικοί στόκοι	
ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ Ή ΠΛΑΣΤΙΚΑ	• ΡΕΥΣΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	• Πλαστικά βερνίκια • Πλαστικά γαλακτώματα	
	• ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	• Πλαστικά κορδόνια  • Πλαστικά φύλλα & μεμβράνες	- Μεμβράνες πολυισοβουτυλενίου & πολυβινυλοχλωριδίου - Μεμβράνες συνθετικού καουτσούκ
ΣΙΛΙΚΟΝΕΣ	• ΒΕΡΝΙΚΙΑ, ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ, ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ • ΜΑΣΤΙΧΕΣ ΣΙΛΙΚΟΝΟΥΧΟΥ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ		
ΥΛΙΚΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	• ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΕΣ • ΠΟΛΥΕΠΙΟΞΕΙΔΙΑ (ΕΠΟΞΕΙΚΕΣ ΡΗΤΙΝΕΣ) • ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΠΟΛΥΣΟΥΛΦΙΔΙΑ		
ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΕΣ ΚΟΝΙΕΣ (ΥΛΙΚΑ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ)	• ΚΟΝΙΕΣ ΔΙΟΓΚΟΥΜΕΝΕΣ • ΚΟΝΙΕΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ • ΚΟΝΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ		
ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΜΑΖΑΣ	• ΧΑΛΑΖΙΑΣ, ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ κ.ά. • ΘΗΡΑΪΚΗ ΓΗ, ΑΡΠΛΟΣ, ΠΥΡΙΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ • ΕΝΩΣΕΙΣ ΡΗΤΙΝΩΝ • ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (ορισμένοι)		
ΣΤΕΡΕΑ ΥΛΙΚΑ	• ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΛΑΣΜΑΤΑ Ή ΦΥΛΛΑ • ΠΛΑΚΕΣ ΑΜΙΑΝΤΟΤΣΙΜΕΝΤΟΥ (ΕΠΙΠΕΔΕΣ Ή ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΙΣ) • ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΑΠΟ ΟΡΥΚΤΑ ΥΛΙΚΑ (ΜΑΛΤΕΖΟΠΛΑΚΕΣ, ΜΑΡΜΑΡΑ Ή ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΥΠΟ ΚΛΙΣΗ) • ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΑΠΟ ΟΡΥΚΤΑ ΥΛΙΚΑ (ΜΩΣΑΪΚΟΥ, ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΕΦΥΑΛΩΜΕΝΑ Ή ΜΗ) κ.ά.		

### ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Στην κατηγορία των ασφαλτικών περιλαμβάνεται μια μεγάλη οικογένεια υλικών, που έχουν ως βασική πρώτη ύλη την άσφαλτο, είτε φυσικής είτε τεχνητής προέλευσης. Στον ελληνικό χώρο η χρήση των ασφαλτικών υλικών ως στεγανοποιητικών είναι η πλέον διαδεδομένη. Παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι:

- η αντοχή τους στην επίδραση διαφόρων χημικών ουσιών
- η θερμοπλαστικότητα τους, δηλαδή η ικανότητά τους να πλαστικοποιούνται με την επίδραση της θερμότητας μέχρι ρευστοποίησης και να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση με την επάνοδο της θερμοκρασίας στα συνηθισμένα επίπεδα (ψύξη)

- η διηλεκτρική τους ικανότητα, δηλαδή η μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- η υψηλή συγκολλητική τους ικανότητα, που επιτρέπει τόσο την καλή πρόσφυση σε άλλα δομικά υλικά, όσο και τη διαμόρφωση μιας ενιαίας στεγανής επιφάνειας
- το σχετικά χαμηλό κόστος υλικών και εργατικών, αν και τελευταία αυτό τείνει να παύσει να αποτελεί προνόμιο.

Το μεγάλο τους μειονέκτημα είναι η φθορά τους στην έκθεση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και γενικότερα η μειωμένη ανθεκτικότητα στις έντονες καταπονήσεις από τις καιρικές μεταπτώσεις. Για το λόγο αυτό όλα τα ασφαλτικά υλικά δεν πρέπει να μένουν εκτεθειμένα στην ατμόσφαιρα και κυρίως στον ήλιο, αλλά να προστατεύονται είτε με πρόσθετη επικαλυπτική στρώση είτε με αυτοπροστατευτική στρώση που έχουν επικολημένη στη μία τους όψη. Ανάλογα με τη μορφή τους, τη φυσική τους κατάσταση και τον τρόπο που εφαρμόζονται, τα ασφαλτικά υλικά διακρίνονται σε άμορφα, ρευστά και σχηματοποιημένο. Η κάθε κατηγορία έχει συνήθως διαφορετική χρήση.

### **Άμορφα ασφαλτικά υλικά**

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα ασφαλτικά που προέρχονται από την επεξεργασία της ασφάλτου (ή της πισσασφάλτου) με άλλα αδρανή υλικά, καταλύτες κτλ υπό την επίδραση συνήθως υψηλών θερμοκρασιών. Σ' αυτά περιλαμβάνονται η καθαρή άσφαλτος, η χυτή άσφαλτος, η ασφαλτόκολλα, οι ασφαλτικές μαστίχες κ.ά. Τα ίδια δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια για τη στεγανοποίηση μιας κατασκευής, αλλά είτε χρησιμεύουν για την παραγωγή άλλων ασφαλτικών υλικών (π.χ. καθαρή άσφαλτος, πισσάσφαλτος) είτε χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά (π.χ. ως προεπάλειψη για τη διάστρωση ασφαλτικής μεμβράνης) είτε λειτουργούν συμπληρωματικά (π.χ. ασφαλτικές μαστίχες και στόκοι στο τελείωμα και στην ένωση των μεμβρανών).

#### **• Ασφαλτόκολλα**

Είναι ασφαλτικό διάλυμα σε διαλύτες υδρογονανθράκων με σταθερά ορυκτά πρόσθετα. Έχει συνήθως τη μορφή παχύρρευστης μαύρης πάστας. Χρησιμεύει κυρίως για την επικόλληση ασφαλτικών φύλλων και ασφαλτικών μεμβρανών επάνω σε επίπεδες επιφάνειες. Είναι εύκαμπτη στη χρήση και εφαρμόζεται με χόρτινη βούρτσα, σπάτουλα και σε ειδικές περιπτώσεις μικρών επιφανειών με μυστρί. εν θερμώ ή εν ψυχρώ. σύμφωνα με τις υποδείξεις της παρασκευάστριας εταιρίας.

Οι επιφάνειες επί των οποίων θα απλωθεί η ασφαλτική κόλλα, οφείλουν να είναι στεγνές και προηγουμένως να έχουν καθαριστεί από σαθρά υλικά, ξένα σώματα και σκόνες.

#### • **Οξειδωμένη άσφαλτος**

Πρόκειται για σκληρό υλικό που εφαρμόζεται εν θερμώ, αφού προηγουμένως λιώσει κατά ομοιόμορφο τρόπο μέσα σε λέβητα, σε θερμοκρασία περίπου 200°C. Ουσιαστικά αποτελεί και αυτή μια μορφή ασφαλτικής κόλλας. Η οξειδωμένη άσφαλτος συνήθως χρησιμοποιείται:

ως συγκολλητικό υλικό για τη στεγανοποίηση δωματίων, στεγών, υπόγειων χώρων, αποθηκών κτλ. με ασφαλτικά φύλλα και μεμβράνες.

ως στεγανοποιητικό υλικό για τη στεγανοποίηση αγωγών, σημείων συναρμογής και γωνιών.

Εφαρμόζεται εν θερμώ σε στεγνές και καθαρές επιφάνειες, απαλλαγμένες από σαθρά υλικά, ξένα σώματα και σκόνες.

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η ίδια ως στεγανοποιητικό υλικό, θα πρέπει προηγουμένως να επαλειφθεί η επιφάνεια με κάποιο ασφαλτικό βερνίκι. Όταν όμως πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την επικόλληση ασφαλτικών μεμβρανών, τότε η επάλειψή της γίνεται ταυτόχρονα με τη διάστρωση των μεμβρανών.

#### • **Ασφαλτικές μαστίχες & ασφαλτικοί στόκοι**

Πρόκειται για ομοιογενή διαλύματα πετρελαϊκής ασφάλτου σε διαλύτες υδρογονανθράκων με σταθερά ορυκτά πρόσθετα. Προκειμένου να αποκτήσουν βελτιωμένες ιδιότητες σε παραμορφώσεις και στη γήρανση από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας προστίθενται στη μάζα τους κατά την παραγωγή τους συνθετικά ελαστικά, ρητίνες και πλαστικοποιητές. Τα τελικά προϊόντα έχουν μορφή παχύρρευστης μαύρης πάστας ή σκληρών υλικών. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο:

- στην πλήρωση ρηγματώσεων και αρμών διαστολής.
- στη σφράγιση αρμών, ρωγμών και χαραγών επάνω σε επιφάνειες.
- στην πλήρωση των διάκενων ανάμεσα στην τοιχοποιία και στις κάσες των κουφωμάτων.
- στη στεγανοποίηση ευπαθών σημείων, όπως τα σημεία απόληξης των ασφαλτόπανων σε κατακόρυφες επιφάνειες ή τα σημεία των ενώσεων καμινάδων κτλ.

Εφαρμόζονται με τη βοήθεια σπάτουλας, μυστριού, μαχαιριού, λάμας ή άλλου εργαλείου, εν ψυχρώ ή εν θερμώ, σύμφωνα με τις υποδείξεις της παρασκευάστριας εταιρίας.

Οι μαστίχες που χρησιμοποιούνται εν ψυχρώ είναι πλαστικές και ως τέτοιες παραμένουν και μετά την εφαρμογή τους για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντιθέτως, αυτές που χρησιμοποιούνται εν θερμώ είναι σκληρές στις συνηθισμένες θερμοκρασίες, με τη θέρμανσή τους πλαστικοποιούνται και με την ψύξη τους επανασκληρύνονται μετά από σύντομο χρονικό διάστημα.

Οι επιφάνειες, επί των οποίων θα εφαρμοστούν, οφείλουν να είναι στεγνές και καθαρές από ξένα σώματα και σαθρά υλικά, σκόνες, λάδια, λίπη κτλ Σε περίπτωση που πρόκειται να καλυφθούν αρμοί ή μεγάλες ρωγμές, πρέπει προηγουμένως να παραγεμίζονται με κάποιο ελαστικό κορδόνι. Κατόπιν τοποθετείται η μαστίχη, η οποία συμπληρώνει το κενό που άφησε το κορδόνι. Για την καλύτερη πρόσφυση της μαστίχης καλό είναι οι παρειές του αρμού ή της ρωγμής να επαλειφθούν προηγουμένως με κάποιο ασφαλτικό βερνίκι.

### **Ρευστά ασφαλτικά υλικά**

Διακρίνονται σε ασφαλτικά βερνίκια και ασφαλτικά γαλακτώματα. Εφαρμόζονται εν ψυχρώ και χρησιμοποιούνται είτε ως βοηθητικά στεγανοποιητικά υλικά για προεπαλείψεις είτε ως κύρια υλικά στεγανοποίησης.

#### **• Ασφαλτικά βερνίκια**

Πρόκειται για ομοιογενή διαλύματα πετρελαϊκής ασφάλτου ή πισσασφάλτου αναμειγμένα σε οργανικούς διαλύτες (κηροζίνη, νάφθα, βενζίνη κτλ). Είναι παχύρρευστα ή λεπτόρρευστα, μαύρου χρώματος, και με ικανότητες -τα περισσότερα- εμποτισμού της προς στεγανοποίηση επιφάνειας. Καλό είναι πάντως να αποφεύγεται η επάλειψή τους σε πορώδεις επιφάνειες (πχ. κισσηροδέματος, περλιτοδέματος κτλ), διότι κατά ένα μεγάλο μέρος τους απορροφώνται από αυτές και δεν προσφέρουν την προσδοκώμενη πρόσφυση στο υλικό που θα συγκολληθεί επάνω από αυτό. Σ' αυτές τις περιπτώσεις καλό είναι να προηγηθεί μια λεπτή στρώση πατητής τσιμεντοκονίας.

Τα ασφαλτικά βερνίκια κυρίως χρησιμοποιούνται: για βοηθητικούς σκοπούς, ως υλικά προεπάλειψης σε επιφάνειες που πρόκειται να επικαλυφθούν με ασφαλτικές μεμβράνες ή οξειδωμένη άσφαλτο, αυτούσια ως κύριο στεγανοποιητικό υλικό για πρόχειρες στεγανοποιήσεις, χωρίς υψηλές απαιτήσεις στεγανοποίησης, για προστασία σωληνώσεων, δεξαμενών, ξύλινων ή χάρτινων επιφανειών κ.ά.

Εφαρμόζονται με χόρτινη βούρτσα ή πινέλο σε στεγνές και καθαρές επιφάνειες, απαλλαγμένες από σαθρά υλικά, λάδια και σκόνες. Είναι εύφλεκτα υλικά, γι' αυτό και δεν διαστρώνονται εν θερμώ.

#### • Ασφαλτικά γαλακτώματα

Πρόκειται για σταθερά και ομοιογενή προϊόντα κολλοειδούς διασποράς και γαλάκτωσης ασφαλτικών υλικών σε νερό. Είναι είτε αμιγή είτε μεικτά που περιέχουν διάφορα πρόσθετα συστατικά οργανικής ή ανόργανης προέλευσης. Είναι παχύρρευστα και άφλεκτα υλικά. Η ποιότητά τους εξαρτάται:

- από την ομοιογένεια και τη σταθερότητά τους (δηλαδή δεν πρέπει να παρουσιάζουν συσσωματώσεις, ούτε να διαχωρίζονται σε υδαρείς και ελαιώδεις στιβάδες),
- από την ικανότητά τους να μην επαναγαλακτώνονται μετά τη σκλήρυνσή τους,
- από τη δυνατότητα χρήσης τους σε θερμοκρασίες ανώτερες της πήξης του νερού και χωρίς να έχουν την ανάγκη θέρμανσης, αλλά ούτε και ανάμειξής τους με το νερό.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα βρίσκουν εφαρμογή:

- στη στεγανοποίηση οριζόντιων επιφανειών, όπως δωματίων, στεγών, δαπέδων υπόγειων χώρων, δαπέδων επί εδάφους κ.ά.,
- στη στεγανοποίηση κατακόρυφων επιφανειών, όπως εξωτερικών τοίχων, τοιχίων υπογείων κ.ά.,
- στην προστασία θεμελίων, τοίχων αντιστήριξης, βάσεων γεφυρών και υπόγειων δεξαμενών,
- στην επικάλυψη αρμών και ρωγμών με την ενίσχυση υαλοπλέγματος,
- στη δημιουργία φράγματος υδρατμών.

Εφαρμόζονται με χόρτινη βούρτσα, πινέλο ή ψεκαστήρα σε στεγνές αλλά και σε ελαφρώς υγρές (όχι όμως και βρεγμένες) επιφάνειες, που έχουν προηγουμένως καθαρισθεί και έχουν προεπαλειφθεί με κάποιο βερνίκι. Σκληρύνονται συνήθως λίγες ώρες μετά την επάλειψή τους.

Η διάστρωση τους γίνεται σε δύο ή τρεις στρώσεις, δουλεμένες κατά μια διεύθυνση σε κάθε στρώση και κάθετες μεταξύ τους (σταυρωτά). Κάθε στρώση οφείλει να διαστρωθεί αφού προηγουμένως στεγνώσει η προηγούμενη. Σχηματίζουν μια συνεχή μεμβράνη, που είναι πολύ ανθεκτικότερη από τον υμένα των επαλείψεων με ασφαλτικά βερνίκια. Παρουσιάζουν όμως μικρή αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό. Προκειμένου να περιοριστεί αυτή τους η αδυναμία ενισχύονται με ελαφρά οπλισμό (υαλοϋφασμα, υαλοπίλημα κτλ.), που παρεμβάλλεται κατά τη διαδικασία εφαρμογής ανάμεσα στις επαλειφικές στρώσεις. Ομοίως, αύξηση της ελαστικότητας επιτυγχάνεται στο στάδια της παραγωγής με την ανάμειξη της ασφάλτου με λεπτόκοκκα αδρανή υλικά (λιθάλευρο, κιμωλία, ασβεστολιθικά υλικά κτλ.).

Η στεγανοποίηση με ασφαλτικά γαλακτώματα είναι η πιο απλή και η πιο διαδεδομένη μορφή στεγανής προστασίας των κτιρίων στον ελληνικό χώρο, εξαιτίας του χαμηλού κόστους της, της απλούστερης εφαρμογής της ακόμη και από μη εξειδικευμένο συνεργείο και της ικανότητάς της να εφαρμόζεται και σε ελαφρώς υγρές επιφάνειες. Ωστόσο, έχει διαπιστωθεί γενικά ότι τα επαλειφτικά υλικά δεν επιτυγχάνουν τη δημιουργία μεμβράνης ομοιόμορφου πάχους κατά την εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται ασθενή σημεία στο στεγανό υμένα. Ενίοτε επίσης, επαναγαλακτοποιούνται ή δεν προλαβαίνουν να αποβάλουν έγκαιρα τους διάφορους διαλύτες. Τ έλος, ένα μειονέκτημά τους είναι η δημιουργία φυσαλίδων αέρα στη μάζα τους, στις οποίες εύκολα διεισδύει και εγκλωβίζεται νερό. Αυτό, όταν εξατμιστεί, πολλαπλασιάζει τον όγκο του περίπου κατά 1500 φορές, με αποτέλεσμα από τις υψηλές τάσεις που αναπτύσσονται να προκαλούνται σχισμές στον υμένα στεγανοποίησης.

### Σχηματοποιημένα ασφαλτικά υλικά

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα ασφαλτικά κορδόνια, τα ασφαλτικά φύλλα και οι ασφαλτικές μεμβράνες.

### Ασφαλτικά κορδόνια

Είναι εύκαμπτα, μεγάλης ελαστικότητας υλικά με μεγάλο μήκος και μικρή διατομή, κυλινδρικής ή ταινιοειδούς μορφής. Παράγονται από τον εμποτισμό αφρωδών υλικών σε ασφαλτικά διαλύματα. Επιτυγχάνουν έτσι ένα συνδυασμό ελαστικών και στεγανοποιητικών ιδιοτήτων.

Τα ασφαλτικά κορδόνια χρησιμεύουν στη συμπλήρωση και σφράγιση αρμών διαστολής, καθώς και μεγάλου ανοίγματος ρωγμών, που όμως δεν δημιουργούν στατικά προβλήματα.

Οι αρμοί πρέπει προηγουμένως να καθαριστούν από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Στις άκρες των παρειών του αρμού επικολλώνται προσωρινά προστατευτικές ταινίες. Το κορδόνι πρέπει να είναι διαμέτρου λίγων χιλιοστών μεγαλύτερης του αρμού, εντός του οποίου πρόκειται να τοποθετηθεί, προκειμένου να επιτευχθεί καλή σφήνωσή του σ' αυτόν, Με την τοποθέτησή του θα αφήνει ελεύθερο βάθος περίπου ίσο με το ήμισυ του πλάτους του αρμού ή της ρωγμής που θα παραγεμιστεί κατόπιν με ασφαλτική μαστίχη. Η ασφαλτική μαστίχη τοποθετείται με σπάτουλα και διαμορφώνεται η τελική επιφάνεια επίπεδη με την απομάκρυνση του υλικού που περισσεύει. Μάλιστα για την καλύτερη πρόσφυση της μαστίχης καλό είναι οι παρειές του αρμού να επαλειφθούν προηγουμένως με κάποιο ασφαλτικό βερνίκι. Τέλος, αφαιρούνται από τα χείλη του αρμού οι ταινίες προστασίας που είχαν αρχικά τοποθετηθεί.

### Ασφαλτικά φύλλα & μεμβράνες

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται ένα μεγάλο πλήθος υλικών που βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη στεγανοποίηση των σημερινών κατασκευών. Πρόκειται για καθορισμένων διαστάσεων φύλλα μικρού τους (περίπου 1,00 m) και μεγάλου μήκους (συνήθως μεταξύ 10,00 m ως 20,00 m), που αποτελούνται από ένα βασικό υλικό (φορέας) και από ασφαλτικά υλικά.





**Εικόνα 40** Στεγανοποιητική και θερμομονωτική μεμβράνη στέγης. Η εξωτερική πλευρά αποτελείται από φύλλο καθαρού αλουμινίου 99,9% που έχει την ιδιότητα να ανακλά το 97% της θερμικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην στέγη τους θερινούς μήνες. Εσωτερικά διαθέτει φύλλο πολυαιθυλενίου, το οποίο προσθέτει ιδιαίτερη αντοχή στο σκίσιμο στη μεμβράνη

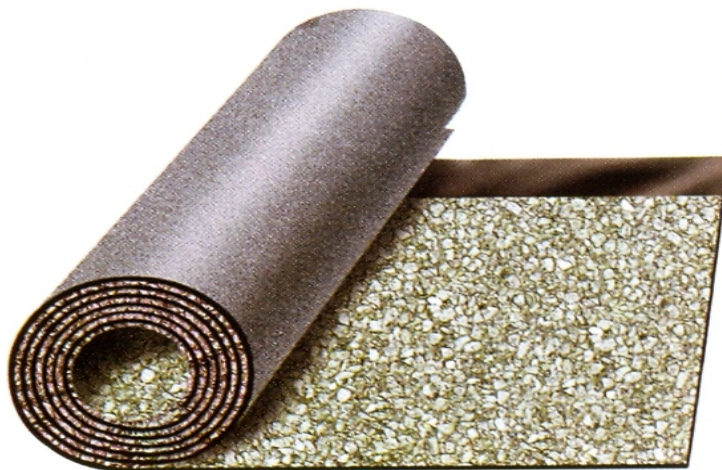
Ο φορέας λειτουργεί ως οπλισμός και προσδίδει ασφατικά φύλλα μεγαλύτερη ελαστικότητα, ενώ αυξάνει τα όρια μηχανικής αντοχής σε εφελκυσμό, κάμψη, θλιπτική πίεση, επιμήκυνση θραύσης, διάτρηση κτλ. Ο οπλισμός επιτρέπει στα ασφατικά φύλλα να παρακολουθούν τις μεγάλες συστολοδιαστολές των δομικών στοιχείων, που προκαλούνται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς να σκίζονται ή να ρηγματώνονται, κάτι που δεν μπορούν να πετύχουν σε μεγάλη έκταση οι ασφατικές επαλείψεις με τα ρευστά στεγανοποιητικά υλικά. Ο οπλισμός αυξάνει επίσης την αντοχή τους στη σήψη και γενικώς στις χημικές φθορές. Ως οπλισμός χρησιμοποιείται συνήθως πορώδες χαρτί, χαρτόνι, υαλοϋφασμα, υαλοπίλημα, πύλημα ινών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, λινάτσα, πλαστικές ίνες ή ίνες υφάσματος, φύλλο πολυαιθυλενίου, πολυεστερικά φύλλα, μεταλλικά ελάσματα κτλ. (εικόνα 40).

Στην περίπτωση που ο κύριος φορέας είναι χαρτί ή χαρτόνι και αναλόγως του ασφατικού υλικού φέρουν συνήθως την ονομασία ασφαλτόχαρτα ή πισσόχαρτα. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις καλούνται συνήθως ασφαλτόπανα ή ασφατικές μεμβράνες. Τα ασφαλτόπανα, ανάλογα με την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης ασφάλτου και των προσδιδόμενων σ' αυτά ιδιοτήτων, διακρίνονται σε κοινά ασφαλτόπανα, πλαστομερή, ελαστομερή και αυτοκόλλητα.

Τέλος, ως ειδική κατηγορία μπορούν να θεωρηθούν τα ελαστοπλαστομερή, που συνδυάζουν τις ιδιότητες των πλαστομερών και των ελαστομερών.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε ρολά. Η κάτω τους επιφάνεια καλύπτεται από μια πολύ λεπτή στρώση σκόνης ορυκτής προέλευσης, προκειμένου να μη συγκολλούνται μεταξύ τους τα φύλλα όσο είναι ακόμη συσκευασμένα σε ρολά, ενώ η επάνω επιφάνεια είτε μένει ελεύθερη είτε επικαλύπτεται από φύλλο αλουμινίου, από χαλαζιακή άμμο ή από στρώση ψηφίδων ορυκτής προέλευσης και δυνατότητας ποικίλων χρωματισμών (εικόνα 41).

Οι ψηφίδες χρησιμεύουν για να προστατεύουν τα στεγανοποιητικά φύλλα από τη γήρανση που προκαλεί η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το φύλλο αλουμινίου εκτός από την προστασία που προσφέρει έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας, βοηθά και στην ανάκλαση του μεγαλύτερου μέρους της. Γι' αυτό το λόγο αυτή η κατηγορία ασφαλικών φύλλων προορίζεται να αποτελέσει την τελική επικαλυπτική στρώση της επιφάνειας που πρόκειται να στεγανοποιηθεί. Αντιθέτως, τα γυμνά ασφαλικά φύλλα μετά την εφαρμογή τους θα πρέπει να επικαλύπτονται με μια προστατευτική στρώση, που θα τα προφυλάσσει από την καταστρεπτική επίδραση του ήλιου.



**Εικόνα 41** Ασφαλτικές στεγανοποιητικές μεμβράνες, με επικάλυψη ψηφίδων στη μια τους όψη για προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία.

Για τη μεταξύ τους συναρμογή τα ασφαλτικά φύλλα και οι ασφαλτικές μεμβράνες με επικάλυψη αφήνουν γυμνή μια λωρίδα πλάτους περίπου 10 cm σε δύο κάθετες μεταξύ τους πλευρές (μία κατά την έννοια του πλάτους τους και μία κατά την έννοια του μήκους τους). Στη λωρίδα αυτή επικολλάται το γειτονικό ασφαλτικό φύλλο, ώστε να αποτελέσουν ενιαία επιφάνεια. Η αλληλοεπικάλυψη των φύλλων κατά 10- 15 cm και η μεταξύ τους συγκόλληση είναι απαραίτητη σε όλους τους τύπους των ασφαλτικών φύλλων και μεμβρανών. Για μεγαλύτερη ασφάλεια, σκόπιμο είναι οι αρμοί σύνδεσης να επικαλύπτονται με πρόσθετες ασφαλτικές ταινίες και να σφραγίζονται με ασφαλτική μαστίχη. Αναλυτική παρουσίαση της κάθε κατηγορίας γίνεται στη συνέχεια.

### **- Πισσόγαρτα & ασφαλτόγαρτα**

Είναι ασφαλτικά φύλλα από πορώδες χαρτί ή χαρτόνι που έχει εμποτιστεί σε ασφαλτικά υλικά. Μπορεί όμως να έχουν επικαλυμμένη με ασφαλτικό υλικό τη μία μόνο επιφάνειά τους. Ενίοτε έχουν επικάλυψη από χαλαζιακή άμμο ή μικρές ψηφίδες. Είναι φθινό υλικά με περιορισμένη διάρκεια ζωής. Αποτελούν την πρώτη μορφή ασφαλτικών φύλλων. Σήμερα έχουν εκτοπιστεί από τα διάφορων τύπων ασφαλτόπανα, γι' αυτό και η χρήση τους είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Χρησιμεύουν κυρίως :

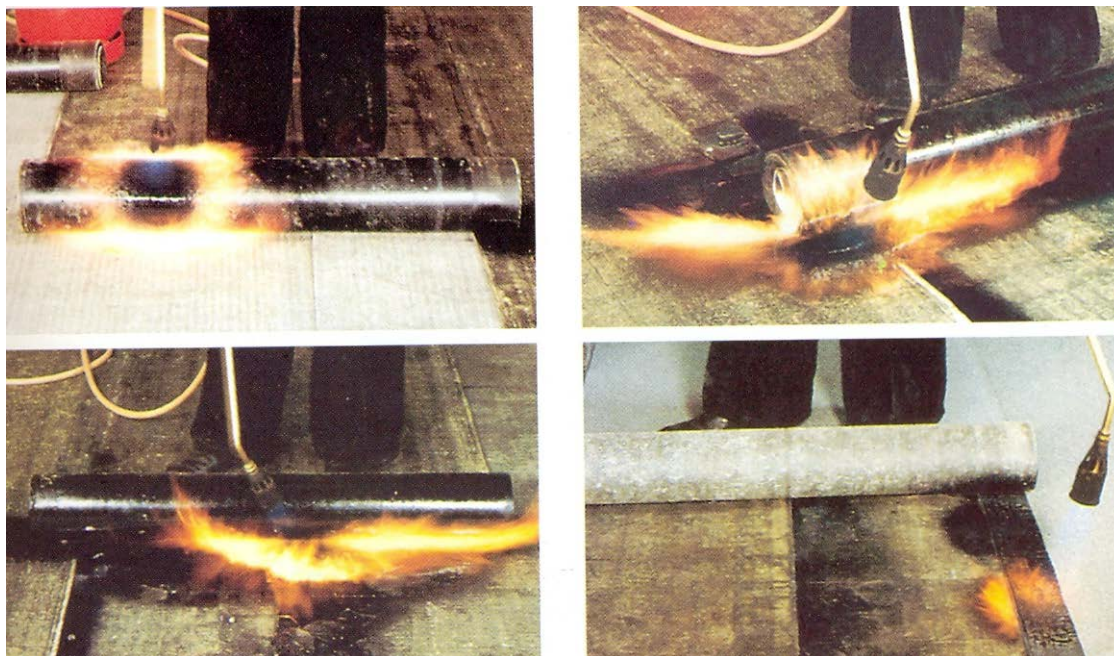
- ως κύρια στεγανοποιητική στρώση σε προσωρινές κατασκευές, χωρίς υψηλές απαιτήσεις προστασίας,
- ως φράγμα υδρατμών.

Εφαρμόζονται σε στεγνές επιφάνειες, οι οποίες έχουν προηγουμένως καθαριστεί από ξένα σώματα, σαθρό υλικό και σκόνες. Η συγκόλλησή τους γίνεται με χρήση θερμής οξειδωμένης ασφάλτου.

### **-Κοινά ασφαλτόπανα**

Παρασκευάζονται με τον εμβαπτισμό του φορέα σε οξειδωμένη άσφαλτο, κυλίνδρωση και ψύξη. Ως φορέας μπορεί να χρησιμεύει ένα οποιοδήποτε από τα υλικά που προηγουμένως αναφέρθηκαν. Μπορεί επίσης να φέρουν προστατευτική στρώση ή να είναι ελεύθερα. Παρουσιάζουν υψηλότερες αντοχές σε μηχανικές και χημικές καταπονήσεις από τις ασφαλτικές επαλείψεις, όμως αυτές είναι χαμηλότερες έναντι των ελαστομερών και πλαστομερών ασφαλτόπανων.

Βασικό μειονέκτημα αυτής της κατηγορίας ασφαλτόπανων μπορεί να θεωρηθεί η παραμόρφωση που υφίστανται, όταν υπερθερμαίνονται το καλοκαίρι από την υψηλή θερμοκρασία που αναπτύσσει η ηλιακή ακτινοβολία.



**Εικόνα 4234** Οι διαδοχικές φάσεις επικόλλησης ενός ασφαλτοπάνου εν θερμώ και χωρίς τη χρήση πρόσθετης ασφαλτικής κόλλας. Έχει προηγηθεί η επάλειψη της επιφάνειας με ένα ασφαλτικό βερνίκι (αστάρωμα).

Χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση δωματίων, τοιχίων από σκυρόδεμα, αργολιθοδομών, οπτοπλινθοδομών, θεμελίων, υπόγειων χώρων και γενικώς παντός τύπου οριζόντια ή κατακόρυφα δομικά στοιχεία. Ωστόσο, λόγω των παραμορφώσεων που υφίστανται σε περίπτωση υπερθέρμανσης, είναι καλύτερα να αποφεύγεται η χρήση τους σε δώματα και στέγες. Η επιφάνεια που θα στεγανοποιηθεί οφείλει να είναι στεγνή και θα πρέπει προηγουμένως να έχει καθαριστεί καλά από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Επαλείφεται κατόπιν με ασφαλτικό βερνίκι με τη χρήση χόρτινης βούρτσας και αφήνεται για 3 ώρες περίπου μέχρι να στεγνώσει. Το ασφαλτόπανο επικολλάται συνήθως με τη βοήθεια θερμής ασφαλτικής κόλλας, που διαστρώνεται με χόρτινη βούρτσα ή ψεκαστήρα ταυτόχρονα μ' αυτό. Μετά την επικόλληση οι θέσεις των επικαλύψεων (οι ραφές) θερμαίνονται, σπατουλάρονται με ασφαλτική μαστίχη και κυλινδρώνονται (εικόνα 42).

Προσοχή πρέπει να δίνεται:

- Στην επικάλυψη των γειτονικών φύλλων κατά 10-15cm.
- Στην αποφυγή διακένων στις θέσεις των ραφών των γειτονικών φύλλων, λόγω αστοχίας ή κακής επικόλλησης των μεμβρανών.
- Στην παραμονή κυψελίδων αέρα μεταξύ ασφαλτόπανων και υποστρώματος.

### **-Πλαστομερή ασφαλτόπανα**

Πρόκειται για ασφαλτόπανα, των οποίων ο οπλισμός έχει εμβαπτιστεί σε μείγμα ασφαλτικού υλικού, διαφόρων χημικών βελτιωτικών και πολυμερών ουσιών με θερμοπλαστικές ιδιότητες. Συνήθως έχουν οπλισμό από πολυεστερικά υφάσματα ή υαλοπιλήματα (φάιμπεργκλας) και διατίθενται είτε χωρίς επικάλυψη είτε με προστατευτική επικάλυψη ψηφίδας ή φύλλου αλουμινίου.

Λόγω της σύνθεσής τους παρουσιάζουν πολύ υψηλές αντοχές στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, στο όζον της ατμόσφαιρας και γενικώς έναντι της επίδρασης των καιρικών μεταβολών. Έχουν τη δυνατότητα να ανταποκρίνονται σε μεγάλες συστολοδιαστολές και αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το σημείο μάλθωσης φθάνει τους + 150°C. Αντέχουν σε χαμηλές θερμοκρασίες και διατηρούν την ευκαμψία τους περίπου μέχρι τους -12°C. Παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε εφελκυσμό, κάμψη και θραύση συγκριτικά με τις προηγούμενες κατηγορίες ασφαλτόπανων. Στα αρνητικά τους συγκαταλέγεται το υψηλό κόστος.

Έχουν εφαρμογή:

- στη στεγανοποίηση δωματίων και στεγών από σκυρόδεμα ή ξύλο,
- στην προστασία υπόγειων χώρων και θεμελίων που καταπονούνται έντονα από υγρασία ή δέχονται πολύ υψηλές πιέσεις,
- στη στεγανοποίηση δεξαμενών και υδραυλικών έργων,
- στην προστασία οδών, γεφυρών, υπόγειων σηράγγων κτλ.

Λόγω των πολύ καλών ιδιοτήτων τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πλήρη στεγανοποίηση σε μία μόνο στρώση. Στην περίπτωση όμως αυτή θα πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα για την καλή επικόλληση των φύλλων μεταξύ τους.

Η επιφάνεια που θα στεγανοποιηθεί, οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Επάνω σ' αυτήν επαλείφεται με χόρτινη βούρτσα ή ψεκαστήρα ασφαλτικό βερνίκι, που αφήνεται για 3 περίπου ώρες μέχρι να στεγνώσει. Η επικόλληση των μεμβρανών γίνεται μόνον εν θερμώ και χωρίς τη χρήση ασφαλτόκολλας.

Η μεμβράνη ξετυλίγεται προοδευτικά και θερμαίνεται προσεκτικά με φλόγιστρο από την πλευρά που έχει επικολημένο έναν πολύ λεπτό υμένα πολυαιθυλενίου. Ο υμένας καίγεται και η μεμβράνη συγκολλείται, με το ασφαλικό βερνίκι. Μετά την επικόλληση οι θέσεις των επικαλύψεων (οι ραφές) θερμαίνονται, σπατουλάρονται με ασφαλική μαστίχη και κυλινδρώνονται.

#### **- Ελαστομερή ασφαλτόπανα**

Παράγονται με τον εμβαπτισμό του οπλισμού τους σε μείγμα ασφάλτου διυλιστηρίου, ελαστοπλαστικών υλικών και διαφόρων χημικών πρόσμεικτων. Έχουν οπλισμό από πολυεστερικές ίνες, υαλοπίλημα (μη υφασμένες ίνες γυαλιού) ή υαλόπλεγμα. Διατίθενται και αυτά είτε με ελεύθερες επιφάνειες είτε με καλυμμένη τη μία εξ αυτών με ορυκτές ψηφίδες (χαλαζιακής προέλευσης) ή φύλλο αλουμινίου.

Κύρια χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας ασφαλτόπανων είναι οι πολύ καλές μηχανικές τους ιδιότητες, που τα επιτρέπουν να αναπτύξουν πολύ υψηλή αντοχή στις καταπονήσεις και η μεγάλη ελαστικότητά τους με δυνατότητα επιμήκυνσης και προς τις δύο διευθύνσεις ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες που φθάνουν τους  $-25^{\circ}\text{C}$ . Στα αρνητικά τους συγκαταλέγονται η μειωμένη τους αντοχή στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και στο όζον της ατμόσφαιρας (είναι καλύτερα των κοινών ασφαλτόπανων, υστερούν όμως έναντι των πλαστομερών) και το χαμηλό σημείο μάλθωσης (γίνονται μαλακά στις υψηλές θερμοκρασίες). Τα ελαστομερή ασφαλτόπανα προσφέρονται για χρήση σε ψυχρά κλίματα και σε επιφάνειες με αυξημένες απαιτήσεις ελαστικότητας της στεγανοποιητικής στρώσης (π.χ. μεταλλικές στέγες). Συνήθως χρησιμοποιούνται σε μία ή δύο στρώσεις :

- στη στεγανοποιητική προστασία δωμαίων και στεγών από σκυρόδεμα, ξύλο ή μέταλλο,
- στην προστασία υπόγειων χώρων μεγάλης έκτασης (π.χ. σιδηροδρομικών σταθμών, σταθμών αυτοκινήτων κτλ),
- στην προστασία θεμελίων.

Χρησιμοποιούνται επίσης σε μία στρώση ως φράγμα υδρατμών σε δώματα και στέγες.

Εφαρμόζονται με τη χρήση θερμής ασφαλτόκολλας, κατά τον ίδιο σχεδόν τρόπο που εφαρμόζονται 10 κοινά ασφαλτόπανα (καθάρισμα της επιφάνειας, προεπάλειψη με ασφαλτικό βερνίκι και διάστρωση ασφαλτόπανου με τη χρήση ασφαλτόκολλας). Η μόνη διαφορά βρίσκεται στο γεγονός ότι η ασφαλτόκολλα μπορεί να διαστρωθεί:

- είτε εν ψυχρώ, με τη χρήση χόρτινης βούρτσας, ταυτόχρονα με το ξετύλιγμα της ασφαλτικής μεμβράνης (όπως στα κοινά ασφαλτόπανα),
- είτε προηγουμένως, οπότε το ασφαλτόπανο συγκολλούνται μ' αυτήν με τη χρήση φλογίστρου.

#### **- Ελαστοπλαστομερή ασφαλτόπανα**

Είναι ασφαλτόπανα που παράγονται με εμβαπτισμό του οπλισμού τους σε μείγμα πολυμερών πλαστομερών και ελαστομερών υλικών, με αποτέλεσμα να συνδυάζουν τις ιδιότητες τόσο των πλαστομερών, όσο και των ελαστομερών ασφαλτοπάνων.

Μια ειδική κατηγορία ελαστοπλαστομερών ασφαλτοπάνων είναι αυτά που τα πλαστομερή και ελαστομερή υλικά δεν έχουν αναμειχθεί ταυτόχρονα. Οι μεμβράνες αυτές αποτελούνται από διαδοχικές στρώσεις του καθενός. Και αυτό επειδή έρευνες έδειξαν ότι κατά την ανάμειξη τα υλικά χάνουν μέρος της ελαστικότητάς τους.

Τα ελαστοπλαστομερή ασφαλτόπανα παρουσιάζουν πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, μεγάλη ελαστικότητα με υψηλή αντοχή σε συστολοδιαστολές, αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες (-25°C) και σε υψηλές (+ 150°C) και μεγάλη διάρκεια ζωής. Έχουν τον ίδιο οπλισμό με τα ελαστομερή και τα πλαστομερή ασφαλτόπανα, καθώς και τις ίδιες επικαλύψεις. Έχουν τις ίδιες εφαρμογές με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Επιπλέον όμως, χρησιμοποιούνται στη στεγανοποίηση φυτεμένων δωμάτων, όταν έχουν εμποτιστεί με ουσίες που παρεμποδίζουν τη διείδυση των ριζών των φυτών μέσω αυτών.

#### **- Αυτοκόλλητα ασφαλτόπανα**

Πρόκειται για κατηγορία ελαστομερών ασφαλτοπάνων, που στη μάζα τους έχουν προστεθεί ειδικές ρητίνες και που έχουν τη βασική ιδιότητα να είναι αυτοκόλλητα και να μη χρειάζονται, κατά τη συγκόλληση στην προς στεγανοποίηση επιφάνεια, φλόγιστρο και ασφαλτική κόλλα. Η κάτω επιφάνειά τους είναι επικαλυμμένη με σιλικονούχο χαρτί, το οποίο αφαιρείται κατά τη διάστρωσή τους.

Η επάνω επιφάνεια είτε είναι γυμνή είτε προστατεύεται από επίστρωση έγχρωμων ψηφίδων ή φύλλου αλουμινίου. Στα πλεονεκτήματα τους συγκαταλέγεται το γεγονός ότι έχουν εύκολη εφαρμογή και δεν απαιτείται εξειδικευμένο συνεργείο για την τοποθέτησή τους.

Παρουσιάζουν ευρεία χρήση σε οριζόντιες και κατακόρυφες επιφάνειες. Εφαρμόζονται σε στέγες και δώματα, υπόγειους χώρους, τοιχία αντιστήριξης, λουτρά και υγρούς χώρους που στεγανοποιούνται από την εσωτερική τους επιφάνεια, σωληνώσεις και αρμούς διαστολής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως φράγμα υδρατμών.

Η επιφάνεια που θα εφαρμοστούν, οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Πρέπει επίσης η θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ των ορίων των  $+ 5^{\circ}\text{C}$  και  $+ 30^{\circ}\text{C}$ . Η επιφάνεια αλείφεται με ασφαλτικό βερνίκι με τη χρήση χόρτινης βούρτσας και αφήνεται για μια ώρα περίπου να στεγνώσει. Η μεμβράνη κόβεται με κοπίδι στο επιθυμητό μήκος και κατά μήκος της ακμής μιας σανίδας που εφαρμόζεται επάνω σ' αυτήν για την επίτευξη ευθείας στην κοπή της.

Η επικόλληση της μεμβράνης αρχίζει από μια γωνία και από το ανώτερο μέρος της επιφάνειας, όταν αυτή είναι κατακόρυφη. Ξετυλίγεται προοδευτικά και ταυτόχρονα αφαιρείται το προστατευτικό σιλικονούχο χαρτί που είναι επικολλημένο στην πίσω όψη της, ενώ πιέζεται με το χέρι, προκειμένου να κολλήσει καλά σε όλα τα σημεία επάνω στην επιφάνεια. Η επόμενη μεμβράνη πρέπει να καλύπτει την προηγούμενη κατά 10 cm. Όταν κολληθεί όλη η μεμβράνη, η επιφάνεια συμπιέζεται και πάλι με το χέρι ή με κυλιόμενη ροδέλα, με ιδιαίτερη έμφαση στα ασθενή σημεία (προεξοχές, βαθουλώματα, γωνίες).

Σε κατακόρυφες επιφάνειες, για ασφάλεια, το ασφαλτόπανο θα πρέπει να στερεώνεται και μηχανικά, ό πως οφείλει άλλωστε να γίνεται και σε όλους τους άλλους τύπους ασφαλτόπανων, με την τοποθέτηση λάμας πλάτους περίπου 5 cm, που θα καρφωθεί σ' άνω άκρο του ασφαλτόπανου. Κατόπιν η λάμα θα επικαλυφθεί με λωρίδα περίπου 20 cm από τον ίδιο τύπο ασφαλτόπανου.



### Συνθετικά ή πλαστικά υλικά

Πρόκειται για σειρά προϊόντων, που προέκυψαν, από την επεξεργασία του πετρελαίου από τη δεκαετία του '60 και μετά. Είναι σχετικά σύγχρονα υλικά κι για το λόγο αυτό δεν είναι πλήρως γνωστή η αντοχή των περισσότερων εξ αυτών στο χρόνο.

Στον ελληνικό χώρο δεν έχουν βρει ακόμη ευρεία εφαρμογή, παρά μόνο κάποιες ειδικές κατηγορίες ( από αυτά. Κατά κανόνα είναι θερμοπλαστικά υλικά, Έχουν δηλαδή την ιδιότητα με τη θέρμανση να μαλακώνουν και σε υψηλές θερμοκρασίες να ρευστοποιούνται, ενώ με την ψύξη να επανέρχονται στην πρότερή τους στερεή κατάσταση. Επίσης πολλά απ αυτά είναι ελαστομερή. Έχουν, δηλαδή, την ικανότητα με την άσκηση εφελκυστικών τάσεων σε συνηθισμένες θερμοκρασίες να επιμηκύνονται μέχρι διπλασιασμού του μήκους τους και κατόπιν, όταν παύουν να ασκούνται επ' αυτών οι εφελκυστικές τάσεις, να επανέρχονται σταδιακά στο αρχικό τους μέγεθος.

Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις, καθώς και στην επίδραση πολλών οργανικών διαλυτών. Παρουσιάζουν όμως μεγαλύτερη δυσκολία στην εφαρμογή τους και μεγαλύτερο κόστος συγκριτικά με τα αντίστοιχα ασφαλτικά υλικά. Διακρίνονται σε άμορφα, ρευστά και σχηματοποιημένα.

### Άμορφα πλαστικά υλικά

Σ' αυτή την κατηγορία υπάγονται οι διάφορες πλαστικές μαστίχες και οι πλαστικοί στόκοι. Τα ίδια δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια για τη στεγανοποίηση μιας κατασκευής, αλλά ως βοηθητικά, σε συνεργασία με τα ρευστά ή σχηματοποιημένα πλαστικά υλικά.

#### • Πλαστικές μαστίχες & πλαστικοί στόκοι

Είναι κολλώδεις ή ημικολλώδεις πάστες, ποικίλων αποχρώσεων και αποτελούν μείγματα διαφόρων πλαστικών υλών όπως ακρυλικών, πολυαιθυλενίου, πολυϊσοβουτυλενίου, καουτσούκ Κ.ά. με σκόνη αδρανών υλικών (μαρμαρόσκονη, σκόνη πυριτικού οξέος κτλ.). Παρουσιάζουν αντοχή σε διαλύματα οξέων και αλκαλίων, διάφορους διαλύτες, πετρελαιοειδή, απορρυπαντικά υλικά κτλ. Για την επίτευξη καλής πρόσφυσης στα τοιχώματα των αρμών θα πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη μαστίχη ή στόκος για κάθε επιφάνεια (οπλισμένο σκυρόδεμα, γυαλί, μέταλλο, μάρμαρο, ξύλο). Οι μαστίχες μετά την τοποθέτησή τους παραμένουν ελεύθερες στην έκθεση του περιβάλλοντος και ανάλογα με τις ιδιότητές τους:

- είτε σκληρύνονται με την επίδραση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας και τη σταδιακή απομάκρυνση των διαλυτών,

- είτε διατηρούν την αρχική τους μορφή (παραμένουν δηλαδή εύπλαστες μάζες),

- είτε δημιουργούν στην επιφάνειά τους ένα σκληρό υμένα και συνεχίζουν να παραμένουν στο εσωτερικό της μάζας τους για μεγάλο διάστημα ακόμη εύπλαστες.

Πάντως, παρά την αντοχή τους, τα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία και στην επίδραση της ατμόσφαιρας υλικά χρειάζονται συνήθως συντήρηση και μετά την παρέλευση διαστήματος ορισμένων ετών αντικατάσταση.

Προσφέρονται:

- για τη σφράγιση οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών διαστολής σε ψευδοροφές, κουφώματα, τοίχους, ορθομαρμαρώσεις κτλ.,

- για την κάλυψη ρηγματώσεων σε παλαιές κατασκευές,

- για τη σφράγιση ειδικών σημείων στις απολήξεις των πλαστικών μεμβρανών ή στο σημείο συνάντησης κάθετων επιφανειών.

- για τη συμπλήρωση αρμών πλακιδίων, μαρμάρων, υαλότουβλων κτλ.

(αρμόστοκοι).

Εφαρμόζονται με σπάτουλα ή ειδικό πιστολέτο. Οι επιφάνειες εφαρμογής θα πρέπει να είναι στεγνές και να έχουν καθαριστεί καλά από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Για την καλύτερη πρόσφυση της μαστίχης καλό είναι οι παρειές του αρμού ή της ρωγμής να επαλειφθούν προηγουμένως με κάποιο βερνίκι καθ' υπόδειξη της παρασκευάστριας εταιρίας. Αν πρόκειται για μεγάλο βάθος αρμού, σκόπιμο είναι να συμπληρωθεί αυτό πρώτα με ένα πλαστικό κορδόνι και στη συνέχεια να τοποθετηθεί η μαστίχη κατά τρόπο ανάλογο με την εφαρμογή του ασφαλικού κορδονιού.

### **Ρευστά πλαστικά υλικά**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται ένα πλήθος υλικών με ποικίλες ιδιότητες και διάφορες χρήσεις. Διακρίνονται και αυτά σε βερνίκια και γαλακτώματα.

Υπερτερούν έναντι των ασφαλικών στο γεγονός ότι εφαρμόζονται εν ψυχρώ και ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερες αντοχές στην επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος της ατμόσφαιρας. Πολλά από αυτά, όμως, υστερούν ως προς την ευκολία εφαρμογής και την προσφερόμενη στεγανοποιητική προστασία, ενώ άλλα παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά από αυτή των ασφαλικών.

#### • Πλαστικά βερνίκια

Πρόκειται για κολλοειδή διαλύματα πλαστικών ή ελαστομερών υλικών σε πτητικούς διαλύτες. Αναμειγνύονται με διάφορα διαλυτικά και δίνουν ποικίλα παχύρρευστα ή λεπτόρρευστα υγρά. Μετά την εφαρμογή τους, με τη σταδιακή εξάτμιση του διαλύτη, σκληρύνονται και σχηματίζουν μια στεγανή μεμβράνη. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σε πλήθος χρωμάτων, αλλά προτιμώνται κυρίως τα λευκά και χρώματος αλουμινίου, τα οποία, λόγω του μεγάλου συντελεστή ανακλαστικότητας που έχουν, ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (μεγαλύτερο του 75%, ανάλογα με τον τύπο τους). Τα πλαστικά βερνίκια δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως κύρια στεγανοποιητικά υλικά, αλλά μόνον ως βοηθητικά.

Χρησιμεύουν κυρίως :

- ως επικαλυπτικές στρώσεις ασφαλτικών φύλλων για προστασία από την υπερϊώδη ηλιακή ακτινοβολία,
- ως προεπαλείψεις για τη διάστρωση πλαστικών γαλακτώματων ή τη συγκόλληση πλαστικών φύλλων,
- ως συγκολλητικά υλικά των πλαστικών φύλλων.

Η προς στεγανοποίηση επιφάνεια οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Η καλή εφαρμογή τους προϋποθέτει επάλειψη σε δύο ή τρεις στρώσεις, ανάλογα με υποδείξεις της εταιρίας παραγωγής ή των προμηθευτών. Η πρώτη στρώση εφαρμόζεται συνήθως αραιωμένο βερνίκι, ενώ οι επόμενες με αυτούς κάθε στρώση εφαρμόζεται αφού στεγνώσει η προηγούμενη και απαιτεί συνήθως τη μεσολάβηση διαστήματος δύο ή τριών ημερών. Στο μεσοδιάστημα δεν πρέπει να βρέξει, επειδή όσο ακόμη δεν έχει στερεοποιηθεί, παρασύρεται από τα νερά της βροχής και ξεπλένονται οι επιφάνειες απ' αυτό.

#### • Πλαστικά γαλακτώματα

Τα πλαστικά γαλακτώματα είναι κατά κανόνα παχύρρευστα υγρά ανοικτού χρώματος, συνήθως αποχρώσεων του λευκού. Είναι κυρίως ακρυλικής ή βυνιλικής βάσης ή έχουν ως κύριο συστατικό το συνθετικό καουτσούκ. Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπαχθεί και ο αφρός πολυουρεθάνης, καθαρός ή με πρόσμεικτα.

Πρέπει όμως ο χρήστης να έχει υπόψη του ότι η πολυουρεθάνη εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία καταστρέφεται και χάνει τις στεγανοποιητικές και θερμομονωτικές της ιδιότητες. Στα υπέρ των πλαστικών γαλακτωμάτων μπορεί να θεωρηθεί η ικανότητά τους να παρακολουθούν τις ανωμαλίες του υποστρώματος και να επιτρέπουν μέσω των πόρων τους τη διάχυση των υδρατμών των εσωτερικών χώρων. Καλό είναι να χρησιμοποιούνται για βοηθητικούς σκοπούς.

Ορισμένα εφαρμόζονται όμως και ως κύριο στεγανοποιητικό υλικό. Η περίπτωση αυτή θα πρέπει να τιμάται μόνον αν το υλικό υποδεικνύεται για κύρια στεγανοποιητική χρήση από την παρασκευάστρια εταιρία ή τους προμηθευτές.

Έχει κυρίως εφαρμογή:

στη σφράγιση αρμών και ρηγματώσεων σε επιφάνειες σκυροδέματος, οπτοπλινθοδομών, λιθοδομών και επιχρισμάτων,

στη στεγανοποίηση στεγών και σπανίως δωματίων μικρών διαστάσεων και χαμηλών στεγανοποιητικών απαιτήσεων,

στην προστασία τοίχων και τοιχιών, υγρών χώρων (κουζίνες, λουτρά) κτλ.

Εφαρμόζονται με βούρτσα, με ρολό βαφής ή με ψεκαστήρα. Η διάστρωσή τους γίνεται σε δύο ή τρεις στρώσεις, δουλεμένες κατά μια διεύθυνση και κάθετες μεταξύ τους. Κάθε στρώση οφείλει να διαστρωθεί αφού προηγουμένως στεγνώσει η προηγούμενη. Το διάστημα αυτό είναι τουλάχιστον 12 με 24 ώρες, ανάλογα με τις προδιαγραφές του υλικού. ως συμβαίνει με τα πλαστικά βερνίκια, έτσι και τα γαλακτώματα πρέπει να εφαρμόζονται με καλοκαίρι διότι η βροχή στα μεσοδιαστήματα των στρώσεων τα παρασύρει και ξεπλένει τις επιφάνειες από τη διάστρωση της πρώτης στρώσης καλό είναι περαστεί ένα πλαστικό βερνίκι. Ακολουθεί η πρώτη στρώση με γαλάκτωμα αραιωμένο στο νερό και κατόπιν οι υπόλοιπες με αυτούσιο το γαλάκτωμα.

Όταν σκληρυνθούν σχηματίζουν μια ελαστική μεμβράνη ικανή να παραλάβει μεγάλες μετακινήσεις του υποστρώματος λόγω συστολοδιαστολών. Προκειμένου να αποκτήσουν μεγαλύτερη αντοχή μεταξύ στρώσεων, μπορεί να παρεμβληθεί οπλισμός από υαλοϋφασμα ή υαλοπίλημα.

Ειδικά τα πολυουρεθανικά γαλακτώματα δεν πρέπει αποτελούν ποτέ την τελική επιφάνεια, αλλά να επικαλύπτονται από κάποια άλλη στρώση, που θα τα προστατεύει από την επίδραση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας.

### **Σχηματοποιημένα πλαστικά υλικά**

Διακρίνονται όπως και τα ασφαλτικά υλικά σε πλαστικά κορδόνια και πλαστικά φύλλα ή πλαστικές με μεμβράνες.

#### **• Πλαστικά κορδόνια**

Αποτελούνται από συνθετικό καουτσούκ ή αφρώδη συνθετικά ελαστικά. Παρουσιάζουν τις ίδιες χρήσεις και ακολουθούν τους ίδιους κανόνες εφαρμογής με τα ασφαλτικά κορδόνια.

#### **• Πλαστικά φύλλα & μεμβράνες**

Είναι συνθετικά προϊόντα, παράγωγα των βιομηχανικών υλικών και μπορούν να προσφέρουν πλήρη στεγανοποιητική προστασία. Καλύπτουν ένα εύρος προϊόντων και διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

στις μεμβράνες πολυισοβουτυλενίου και πολυβυνιλοχλωριδίου (περισσότερο γνωστές ως μεμβράνες PVC) και

στις μεμβράνες συνθετικού καουτσούκ (περισσότερο γνωστές ως μεμβράνες EPDM).

Οι μεμβράνες και των δύο κατηγοριών ανήκουν στα θερμοπλαστικά υλικά.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε ρολά πλάτους 1,00 m ως 6,00 m και μεγάλου μήκους (10,00 m ως 30,00 m). Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,30 mm ως 2,20 mm. Υπάρχουν επίσης και μικρές ταινίες από το ίδιο υλικό, αναλογικά πολύ μικρότερων διαστάσεων, που χρησιμεύουν κατά κύριο λόγο στη στεγανοποίηση αρμών και ρωγμών (αρμοταινίες).

Ανάλογα με την επιδιωκόμενη χρήση παράγονται μεμβράνες με οπλισμό ή χωρίς οπλισμό, που παρεμβάλλεται στη μάζα τους κατά το στάδιο της παραγωγής τους. Συνήθως χρησιμοποιείται υαλοϋφασμα, υαλόπλεγμα, συνθετικά πιλήματα, πολυεστερικά φύλλα, μεταλλικά ελάσματα και άλλα υλικά, κυρίως συνθετικά. Εφαρμόζονται με απλή τοποθέτηση και στερέωση ή με επικόλληση επί του υποστρώματος με ειδικές κόλλες και πλαστικά βερνίκια ή γαλακτώματα. Κατά την εφαρμογή τους πρέπει η μια μεμβράνη να επικαλύπτει την άλλη κατά 10 cm - 15 cm και να συγκολλούνται μεταξύ τους με τα συγκολλητικά υλικά, που υποδεικνύει η παρασκευάστρια εταιρία. Αναλυτική παρουσίαση της κάθε κατηγορίας γίνεται στη συνέχεια.

### **-Μεμβράνες πολυισοβουτυλενίου & πολυβυνιλοχλωριδίου**

Πρόκειται για σειρά ρητινούχων προϊόντων με βάση το πολυισοβουτυλένιο και το πολυβυνιλοχλωρίδιο. Το πολυισοβουτυλένιο είναι προϊόν του αέριου ισοβουτυλενίου, που προέρχεται από την προδιάσπαση των πετρελαίων. Το πολυβυνιλοχλωρίδιο είναι προϊόν πολυμερισμού του βυνιλοχλωριδίου και προέρχεται από το ακετυλένιο με την προσθήκη σ' αυτό υδροχλωρίου. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,30 mm ως 2,20 mm. Και τα δύο υλικά παραμένουν αναλλοίωτα σε θερμοκρασίες, το πολυισοβουτυλένιο από -30°C ως + 100°C και το πολυβυνιλοχλωρίδιο από -20°C ως +80°C, καταστρέφονται όμως από τη φωτιά. Έχουν υψηλή αντοχή σε χημικούς διαλύτες. Είναι αδιάλυτα σε βενζίνες και άλλους διαλύτες και δεν προσβάλλονται από το πετρέλαιο, τα λίπη και τα διάφορα οξειδωτικά μέσα. Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Επιτυγχάνουν απόλυτη στεγανότητα στο νερό, αλλά και στη διάχυση των υδρατμών.

Λόγω των ιδιοτήτων τους προσφέρονται για στεγανοποίηση των περισσότερων σχεδόν οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών.

Τα φύλλα πολυισοβουτυλενίου προσφέρονται περισσότερο για προστασία θεμελίων και υπόγειων χώρων, ενώ τα φύλλα πολυβυνιλοχλωριδίου είναι περισσότερο κατάλληλα για την προστασία δωματίων και κεκλιμένων στεγών. Οι επιφάνειες, επί των οποίων θα εφαρμοστούν οφείλουν να είναι ομαλές, στεγνές και καθαρές από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Η στεγανοποίηση μπορεί να γίνει:

- είτε με απλή εναπόθεση και μεταξύ τους συγκόλληση των φύλλων μόνον στις αλληλοεπικαλύψεις τους,
- είτε με πλήρη συγκόλληση επί της επιφάνειας εφαρμογής.

Στην πρώτη περίπτωση, τα φύλλα συγκολλούνται μεταξύ τους με ειδικές συνθετικές κόλλες καθ' υπόδειξη της παρασκευάστριας εταιρίας ή με θερμό αέρα σε θερμοκρασία περίπου 600°C που προκαλεί μάλθωση στο υλικό και συγκόλληση των φύλλων του. Και στις δύο περιπτώσεις κατόπιν κυλινδρώνεται για να επιτευχθεί η συνέχεια στη μεμβράνη, χωρίς διακοπές.

Στη δεύτερη περίπτωση η επιφάνεια διαστρώνεται με συνθετική κόλλα και κατόπιν ξετυλίγεται η μεμβράνη με προσοχή, ώστε να αποφευχθούν:

- αφενός ρυτιδώσεις και κυματισμοί, που προκαλούν το σκίσιμο και την καταστροφή των φύλλων,
- αφετέρου ο εγκλωβισμός μικρών φυσαλίδων αέρα μεταξύ υποστρώματος και μεμβράνης.

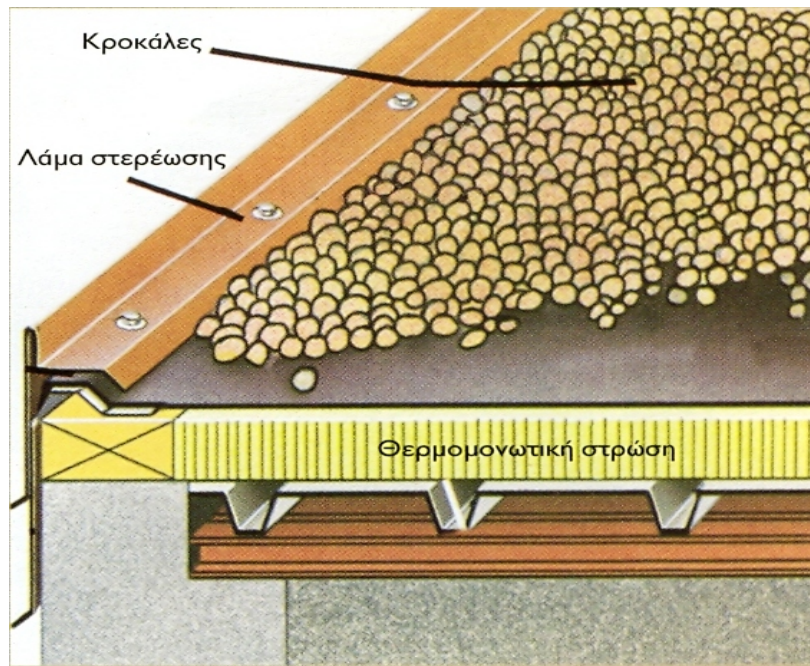
Μπορούν επίσης να συγκολληθούν και με θερμή άσφαλτο ή ασφαλτικό γαλάκτωμα, αφού προηγηθεί η διάστρωση της επιφάνειας με ανάλογο ασφαλτικό βερνίκι.

Και στις δύο περιπτώσεις οι συγκολλήσεις σφραγίζονται με ίδιο ρευστό υλικό. Λόγω της υψηλής τους αντοχής στη γήρανση δεν χρήζουν προστασίας με άλλη επικαλυπτική στρώση και μπορούν να παραμείνουν εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία.

#### **- Μεμβράνες συνθετικού καουτσούκ**

Αποτελούνται από συνθετικό κόμμι (καουτσούκ). Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε ρολά πλάτους 1,50 m ως 6,00 m και μήκους 15,00 m ως 30,00 m και πάχους που κυμαίνεται από 1,10 mm ως 2,30 mm. Έχουν μεγάλη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις. Ως ελαστομερή υλικά μπορούν να επιμηκυνθούν μέχρι 300% του μήκους τους και όταν πάψει να ασκείται η δύναμη να επανέλθουν στην αρχική τους διάσταση. Μπορούν έτσι να παρακολουθούν τις μετακινήσεις του υποστρώματος λόγω συστολοδιαστολών, χωρίς τον κίνδυνο ρηγμάτωσης. Δέχονται ανεπηρέαστα την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία χωρίς να γηράσκουν, καθώς και τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας.

Η χρήση τους είναι ελάχιστα γνωστή στη χώρα μας και μέχρι τώρα βρήκε περισσότερο εφαρμογή σε μεγάλα οικοδομικά έργα και όχι σε μικρές ιδιόκτητες κατοικίες. Ένας παράγοντας που δρα προς αυτή την κατεύθυνση είναι ίσως και το σχετικά υψηλό κόστος τους, αν και για μικρές επιφάνειες αυτό δεν είναι τόσο μεγάλο. Μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν σε κάθε είδους οριζόντιες ή κατακόρυφες επιφάνειες. Προσφέρονται όμως περισσότερο για στέγες και δώματα (εικόνα 43, σελ.194). Η επιφάνεια εφαρμογής οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες.



Εικόνα 4335 Υγρομόνωση δώματος με διάστρωση συνθετικής μεμβράνης.

Εφαρμόζονται στην προς στεγανοποίηση επιφάνεια:

- είτε με ελεύθερη τοποθέτηση και περιμετρική μηχανική στερέωση,
- είτε με ολική επικόλληση.

Στην πρώτη περίπτωση τα φύλλα τοποθετούνται ελεύθερα επάνω στο υπόστρωμα, επικαλύπτοντας το ένα το άλλο περίπου κατά 10 cm. Οι ραφές κολλώνται μεταξύ τους με ειδική συνθετική κόλλα και τα φύλλα στερεώνονται περιμετρικά με κόλλα και επιπρόσθετα με μηχανικό τρόπο με την τοποθέτηση μεταλλικής λάμας. Η λάμα κατόπιν επικαλύπτεται με λωρίδα από το ίδιο υλικό που συγκολλάται επάνω στη μεμβράνη.

Προκειμένου να συγκρατηθεί στη θέση της, πρέπει να σταθεροποιείται, με κάποιο βαρύ υλικό που τοποθετείται στην επιφάνειά της και προσδίδει βάρος περί τα 50 με 70 kg/m<sup>2</sup>. Μεταξύ αυτού του υλικού και της μεμβράνης θα πρέπει να παρεμβληθεί ένα γεωύφασμα. Ως επικαλυπτικό υλικό συνήθως τοποθετούνται κροκάλες (σε περίπτωση επισκέψιμου δώματος) ή ταρατσόπλακες (σε περίπτωση βατού δώματος).

Σε περίπτωση στεγανοποίησης δώματος, που δεν είναι βατό, αλλά απλώς επισκέψιμο, η μεμβράνη μπορεί να τοποθετηθεί και απευθείας επάνω στη θερμομονωτική στρώση χωρίς την ανάγκη μεσολάβησης άλλου σταθερού υπόβαθρου.



Αν αυτό συμβεί, τα θερμομονωτικά υλικά θα πρέπει να είναι από αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη, σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα ή άλλο υλικό υψηλής πυκνότητας και αντοχής στις πιέσεις.

Στη δεύτερη περίπτωση οι μεμβράνες κολλώνται σε όλη τους την έκταση επάνω στην επιφάνεια με τη χρήση ειδικής συνθετικής κόλλας. Και σ' αυτή την περίπτωση τα φύλλα επικαλύπτουν το ένα το άλλο περίπου κατά 10 cm και επικολλώνται μεταξύ τους με άλλη ειδική συνθετική κόλλα, δημιουργώντας με ψυχρό βουλκανισμό μια συνεχή και αδιαπέραστη από το νερό μεμβράνη. Η μεμβράνη μπορεί να παραμείνει ελεύθερη ή να καλυφθεί με κάποιο υλικό για λόγους αισθητικής ή χρήσης του χώρου.

### Σιλικόνες

Είναι ομάδα υλικών ανόργανης και οργανικής δομής. Το μόριο στη δομή του έχει ρίζα οξειδίου του πυριτίου ( $-\text{SiO}$ ), που περιβάλλεται από οργανικές ομάδες υδρογονανθράκων.

Πριν από τη χρήση τους αραιώνονται με νερό σε αναλογίες που υποδεικνύει η παρασκευάστρια εταιρία.

Χαρακτηριστική ιδιότητά τους είναι ο υδροαπωθητικός χαρακτήρας που αναπτύσσουν επάνω στις επιφάνειες που επικαλύπτουν. Με την αδιάβροχη αυτή συμπεριφορά της η σιλικόνη απωθεί το νερό της βροχής από την επιφάνεια που καλύπτει, επιτρέπει όμως την αναπνοή της, διότι δεν σχηματίζει αδιαπέραστο επιφανειακό υμένα, αλλά διεισδύει στους πόρους των υλικών και σχηματίζει μια λεπτή διαφανή μεμβράνη στην επιφάνειά τους.

Οι υδροαπωθητικές της ιδιότητες αρχίζουν να εκδηλώνονται με την εξάτμιση του διαλυτικού μέσου αναπτύσσονται πλήρως 2 με 4 ημέρες μετά την εφαρμογή της. Αντιθέτως, αν μέσα στο διάστημα αυτό βρέξει υπάρχει άμεσος κίνδυνος η σιλικόνη παρασυρθεί από τα νερά της βροχής και η επιφάνεια να ξεπλυθεί. Μάλιστα με την πάροδο των ετών η ικανότητα των επιφανειών που εμποτίστηκαν με σιλικονούχα διαλύματα να απομακρύνουν τα νερά γίνεται πιο ευκρινής. Το ίδιο ισχύει και με τους διάφορους ρύπους που δεν απορροφώνται πλέον από τις επιφάνειες στις οποίες επικάθονται, αλλά απομακρύνονται με τα νερά της βροχής. Ωστόσο, ο εμποτισμός των όψεων οφείλει να γίνεται με προσοχή και φειδώ και, αν δεν είναι αναγκαίος, να αποφεύγεται.

Σε μαρμάρινες επιφάνειες ορισμένων μνημείων που εμποτίστηκαν με σιλικόνη, η προστατευτική της ικανότητα μειώθηκε μετά από χρόνια και δημιουργήθηκαν προβλήματα σε τοπικά σημεία της επιφάνειας, λόγω απορρόφησης του νερού. Στο εμπόριο οι σιλικόνες συναντώνται υπό μορφή βερνικιών, γαλακτωμάτων και διαλυμάτων, καθώς και ως μαστίχες με βάση το σιλικονούχο καουτσούκ .

Τα διαλύματα σιλικόνης έχουν εφαρμογή επάνω σε κάθε πετρώδες υλικό, όπως σκυρόδεμα, λίθους, τούβλα, κεραμίδια, επιχρίσματα κ.ά. Επιλέγονται κυρίως για την προστασία όψεων από την επίδραση της βροχής, αλλά και από την ανάπτυξη βρύων και μυκήτων στην επιφάνειά τους.

Τα βερνίκια σχηματίζουν λεπτές, διαφανείς στεγανοποιητικές μεμβράνες στις επιφάνειες, Είναι όμως ακριβότερα από τα διαλύματα.

Τα γαλακτώματα σιλικόνης προστίθενται στα κονιάματα και στα επιχρίσματα, προκειμένου να καταστήσουν μια πρόσοψη κτιρίου αδιαπέραστη από τη βροχή.

Οι μαστίχες σιλικονούχου καουτσούκ χρησιμεύουν για τη σφράγιση αρμών διαστολής από σκυρόδεμα, αρμών σε πισίνες, κουζίνες, μπάνια κτλ. Επίσης για τη συμπλήρωση των αρμών που δημιουργούνται μεταξύ κουφωμάτων αλουμινίου και των οικοδομικών επιφανειών.

Οι σιλικόνες γενικά δεν προσφέρονται για επιφάνειες ξύλου ή μετάλλου. Ομοίως δεν είναι τα πλέον κατάλληλα υλικά για την προστασία υπόγειων χώρων, θεμελίων, δωματίων και στεγών.

Η επιφάνεια εφαρμογής οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά, σκουριές, σκόνες, λίπη, έλαια κτλ .

Τα σιλικονούχα διαλύματα αραιώνονται σε νερό που ποικίλλει, ανάλογα με την απορροφητικότητα του υποστρώματος. Από αυτό εξαρτάται και η καλυπτική τους ικανότητα. Η επάλειψη γίνεται σε μια μόνο στρώση με απλό πινέλο, βούρτσα ή ψεκαστήρα. Η επάλειψη οφείλει να είναι ομοιόμορφη, διαφορετικά δημιουργούνται κηλίδες επάνω στην επιφάνεια από την ανόμοια ή ανεπαρκή διαπότιση. Για το λόγο αυτό προτιμάται ως επικαλυπτικό μέσο ο ψεκαστήρας.

Πρόκειται για δύο χωριστά υλικά, η σύνθεση των οποίων παράγει το επιθυμητό στεγανοποιητικό υλικό. Τα δύο υλικά αναμειγνύονται λίγο πριν τη χρήση τους και είτε αντιδρούν αμοιβαία, είτε το ένα προκαλεί χημική μεταβολή του άλλου, με αποτέλεσμα να επέρχεται σκλήρυνση του τελικού προϊόντος που αποκτά παράλληλα τις στεγανοποιητικές του ιδιότητες.

### Υλικά δύο συστατικών

Το ένα από τα δύο συστατικά καλείται "βασική πρώτη ύλη" ή "συστατικό Α" και δίνει την κατ' εξοχήν μάζα του τελικού προϊόντος. Το άλλο υλικό καλείται "προσθετικό" ή "συστατικό Β" και είτε αντιδρά και ενώνεται με τη βασική πρώτη ύλη, οπότε καλείται "σκληρυντής" είτε προκαλεί και κατευθύνει τη σκλήρυνση της οπότε καλείται "καταλύτης". Τα δύο συστατικά κατά κανόνα είναι υγρά και σπανιότερα πολτός ή σκόνη.

Από χημική άποψη διακρίνονται σε πολυεστέρες, πολυεποξειδία (εποξεικές ρητίνες) και οργανικά πολυσουλφίδια.

Τα υλικά δύο συστατικών παρασκευάζονται πάντοτε στο εργοτάξιο. Μετά τη σκλήρυνσή τους αποκτούν ιδιότητες που προσδίδουν σ' αυτά υψηλή αντοχή στην επίδραση χημικών ουσιών, πολύ καλή στεγανότητα τόσο σε χαμηλές όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες, σχετικά καλή ελαστικότητα, που τα επιτρέπει να παρακολουθούν τις μετακινήσεις του υποστρώματος, χωρίς να σχηματίζουν ρωγμές.

Στα αρνητικά τους μπορούν να συμπεριληφθούν το υψηλό κόστος τους, που δεν επιτρέπει ευρεία χρήση τους, ο σύντομος χρόνος σκλήρυνσής τους, που επιβάλλει ταχεία και περιορισμένης έκτασης εφαρμογή και η αυστηρή αναλογία ανάμειξης για την επίτευξη του επιθυμητού προϊόντος.

### Πολυεστέρες

Είναι μείγματα ακόρεστων μονομερών πολυεστέρων (συστατικό Α) και οργανικών υπεροξειδίων (συστατικό Β). Το τελικό προϊόν είναι συνήθως πολτός ή παχύρρευστο υγρό. Προκειμένου το υλικό να αποκτήσει μεγαλύτερη αντοχή, μπορεί να προστεθεί οπλισμός από υαλόπλεγμα ή υαλοϋφασμα ισχυρής πλέξης, που τοποθετείται μεταξύ δύο διαδοχικών επαλείψεων. Μετά τη σκλήρυνσή τους καθίστανται απρόσβλητοι από διαλύματα οξέων και βάσεων, απορρυπαντικά, πετρελαιοειδή, θαλάσσιο νερό και διάφορους διαλύτες.

Ανάλογα με το προϊόν, έχουν πρόσφυση σε επιφάνειες από σκυρόδεμα, ξύλο, μέταλλο κ.ά. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη στεγανοποίηση δαπέδων και δεξαμενών.

Η επιφάνεια εφαρμογής οφείλει να είναι "άγρια", στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά, σκουριές, σκόνες, παλαιότερες επαλείψεις, χρώματα κτλ. Σε λείες επιφάνειες δεν επιτυγχάνεται η προσδοκώμενη πρόσφυση.

Η αναλογία ανάμειξης A:B ορίζεται από τον προμηθευτή και είναι περίπου 20:1 ως 10:1 . Ο χρόνος ανάδευσης των υλικών κρατά λίγα λεπτά μέχρι ομογενοποίησης του μείγματος. Το υλικό είναι εργάσιμο για διάστημα που φθάνει συνήθως από 1 ως 3 ώρες. Εφαρμόζεται είτε με έγχυση και διάστρωσή του με βούρτσα (προκειμένου για δάπεδα) είτε με πινέλο, ρολό ή ειδικό εκτοξευτήρα (προκειμένου για κατακόρυφες, κυλινδρικές, υπό κλίση ή άλλες επιφάνειες). Η σκλήρυνσή του επέρχεται σε διάστημα που κυμαίνεται από  $1/2$  ώρα ως 12 ώρες.

### **Πολυεποξειδία (εποξεικές ρητίνες)**

Είναι συνήθως μείγματα πολυεποξειδίων ή μονοεποξειδίων (συστατικό A) και ανυδριτών οργανικών οξέων (συστατικό B). Το τελικό προϊόν είναι υγρό. Όπως και στους πολυεστέρες, έτσι και στις εποξεικές ρητίνες είναι δυνατό μεταξύ δύο διαδοχικών επαλείψεων να προστεθεί οπλισμός από υαλόπλεγμα ή υαλοϋφασμα, προκειμένου να αποκτήσουν μεγαλύτερη αντοχή. Αν μάλιστα απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανική καταπόνηση ή χημική διάβρωση, προτείνεται η διάστρωση και δεύτερης στρώσης περίπου 24 ώρες μετά τη διάστρωση της πρώτης. Μετά τη σκλήρυνσή τους καθίστανται απρόσβλητοι από διαλύματα οξέων και βάσεων, απορρυπαντικά, πετρελαιοειδή, θαλάσσιο νερό και διάφορους διαλύτες. Αντέχουν σε θερμοκρασίες που φθάνουν μέχρι τους 150°C.

Χρησιμοποιούνται κυρίως στη στεγανοποίηση δαπέδων βιομηχανικών χώρων, εργαστηρίων, αποθηκών κτλ .

Ειδική κατηγορία εποξεικών ρητινών είναι οι εποξεικές μαστίχες, που χρησιμοποιούνται για σφράγιση αρμών διαστολής σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος ή αρμών πλακοστρώσεων και πλακιδίων. Η επιφάνεια εφαρμογής οφείλει να είναι επίπεδη, στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά, σκουριές, σκόνες κτλ Η αναλογία ανάμειξης A:B ορίζεται από τον προμηθευτή και είναι περίπου 5:1 ως 2:1. Ο χρόνος ανάδευσης των υλικών κρατά λίγα λεπτά μέχρι ομογενοποίησης του μείγματος και πρέπει να γίνεται προς μια κατεύθυνση προς αποφυγή εγκλωβισμού αέρα υπό μορφή φυσαλίδων. Το υλικό είναι εργάσιμο για διάστημα που φθάνει συνήθως από 1 ως 3 ώρες.

Εφαρμόζεται είτε με έγχυση και εξάπλωσή του (προκειμένου για δάπεδα) είτε με πινέλο, ρολό ή ειδικό εκτοξευτήρα (προκειμένου για κατακόρυφες, κυλινδρικές, υπό κλίση ή άλλες επιφάνειες). Η σκλήρυνσή του επέρχεται σε διάστημα που κυμαίνεται από  $1/2$  ώρα ως 12 ώρες.

### **Οργανικά πολυσουλφίδια**

Είναι προϊόντα που δεν επηρεάζονται από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και αντέχουν στη γήρανση. Μετά τη σκλήρυνσή τους Καθίστανται απρόσβλητα από διαλύματα οξέων και βάσεων, απορρυπαντικά, πετρελαιοειδή, θαλάσσιο νερό και διάφορους διαλύτες. Αντέχουν σε θερμοκρασίες από -30 ως -100°C.

Χρησιμοποιούνται για τη σφράγιση αρμών από μάρμαρο, σκυρόδεμα, μέταλλο κτλ.

Η επιφάνεια εφαρμογής οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά, σκουριές, σκόνες κτλ. και για καλύτερη πρόσφυση επαλείφεται με ένα αστάρι που υποδεικνύει η παρασκευάστρια εταιρία.

Ο χρόνος ανάδευσης των υλικών κρατά λίγα λεπτά μέχρι ομογενοποίησης του μείγματος. Το υλικό είναι εργάσιμο για διάστημα που δεν υπερβαίνει συνήθως τα 30 λεπτά. Εφαρμόζεται με σπάτουλα. Η σκλήρυνσή του επέρχεται σε διάστημα που κυμαίνεται από 2 ώρες ως 5 περίπου ημέρες, οπότε και αποκτά την πλήρη αντοχή.

### **Στεγανοποιητικές κονίες (υλικά ανόργανων συστατικών)**

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται όλες οι στεγανοποιητικές κονίες, που προέρχονται από ανόργανα υλικά. Αναμειγνύονται με νερό και σχηματίζουν πολτό σε αναλογία υλικού: νερού που υποδεικνύεται, από την παρασκευάστρια εταιρία. Προσφύονται επάνω σε επιφάνειες με βασικό υλικό το τσιμέντο. Αντιθέτως, δεν προσφύονται επάνω σε τούβλα, κεραμίδια, λίθους, ασβεστοκονιάματα κτλ.

Διακρίνονται σε :

- κονίες διείδυσης,
- επιφανειακές κονίες και
- διογκούμενες κονίες.

### **Κονίες διείσδυσης**

Εισχωρούν μέσα στο σκυρόδεμα ή στα τσιμεντοκονιάματα και φράζουν τους πόρους της επιφάνειας που πρόκειται να στεγανοποιηθεί. Χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση υπόγειων με τοιχία από οπλισμένο σκυρόδεμα, ανώγειων κατασκευών με τοιχώματα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, τοίχων με επίχρισμα από πεταχτό τσιμεντοκονίαμα, τοιχοποιιών πλήρωσης από τσιμεντόλιθους, δεξαμενών, σηράγγων με τοιχώματα από τσιμέντο κ.ά. Οι κονίες διείσδυσης ανταποκρίνονται κυρίως σε θετικές πιέσεις δηλαδή για προστασία της κατασκευής από την πλευρά που προσβάλλεται από την υγρασία ή ασκείται η υδροστατική πίεση. Σε αρνητικές πιέσεις η προστασία είναι ικανοποιητική, μόνον όταν αυτές είναι χαμηλές.



**Εικόνα 4436 Στεγανοποιητικό κονίαμα υπογείων και δεξαμενών.**

### **Επιφανειακές κονίες**

Διαστρώνονται στην επιφάνεια και σχηματίζουν ένα λεπτοκρυσταλλικό και αδιαπέραστο στρώμα από την υγρασία. Βρίσκουν εφαρμογές κυρίως σε περιπτώσεις που πρόκειται να αντιμετωπιστούν αρνητικές πιέσεις, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούν να προστατεύσουν και κατασκευές που δέχονται θετικές πιέσεις. Έτσι, καλύπτουν τις περισσότερες περιπτώσεις των κονιών διείσδυσης, προσφέρονται όμως περισσότερο για προστασία τοιχωμάτων υπογείων από την εσωτερική τους πλευρά, για την αντιμετώπιση προβλημάτων υγρασίας σε υφιστάμενες κατασκευές κτλ. (εικόνα 44).

### Διογκούμενες κονίες

Εφαρμόζονται αμιγείς, χωρίς άλλες προσμείξεις, με προσθήκη μόνο νερού. Ορισμένες απ' αυτές χρησιμοποιούνται και ως στεγανοποιητικά μάζας. Σε απλά επισκέψιμες επιφάνειες οι κονίες μπορεί να αποτελέσουν την τελική επικαλυπτική στρώση. Όμως σε βατές επιφάνειες πρέπει να προβλέπεται η επικάλυψή τους με κάποια προστατευτική στρώση, προκειμένου να προφυλαχθούν από τη μηχανική φθορά.

Για την εφαρμογή των κονιών, το υπόστρωμα οφείλει να είναι καθαρό από ξένα σώματα, σαθρά υλικά, σκόνες, λίπη, κονιάματα, εισροές νερού κτλ. Οφείλει όμως να είναι υγρό, προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική πρόσφυση της κονιάς επάνω σ' αυτό. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, τότε διαβρέχεται με αρκετή ποσότητα νερού (σχεδόν μέχρι να φθάσει σε κατάσταση κορεσμού).

Η κονία διείδυσης αναμειγνύεται με νερό σε αναλογία που υποδεικνύει η παρασκευάστρια εταιρία και επαλείφεται με βούρτσα ή πινέλο. Όταν η πίεση του νερού είναι μεγάλη, η επάλειψη πρέπει να επαναληφτεί δύο ή περισσότερες φορές.

Η επιφανειακή κονία αναμειγνύεται ομοίως με νερό σε προβλεπόμενες αναλογίες και αναδεύεται έως ότου δημιουργηθεί μια παχύρρευστη μάζα, που επαλείφεται με βούρτσα σε 3 διαδοχικές στρώσεις.

Σε κάθε στρώση η επάλειψη γίνεται με κίνηση της βούρτσας προς μια μόνο διεύθυνση, η οποία όμως είναι κάθετη προς αυτήν της προηγούμενης, έτσι ώστε να μην παραμένουν τυχόν ακάλυπτες επιφάνειες και να αποφεύγονται οι αστοχίες. Στο κονίαμα μπορεί να προστεθεί και ειδικό γαλάκτωμα για βελτίωση της πρόσφυσής του στο υπόστρωμα. Η κάθε στρώση οφείλει να εφαρμόζεται αφού παρέλθει το απαραίτητο διάστημα για τη σκλήρυνση της προηγούμενης (από 6 ως 24 ώρες).

### Στεγανοποιητικά μάζας

Τα στεγανοποιητικά μάζας είναι αδρανή υλικά σε σκόνη που αναμειγνύονται στο σκυρόδεμα ή στο επίχρισμα, φράζουν τους πόρους τους και τα διάκενα ανάμεσα στη μάζα τους και παρεμποδίζουν τη διέλευση της υγρασίας μέσω αυτών.

#### Τέτοια υλικά είναι:

- Ο χαλαζίας, το ανθρακικό ασβέστιο κ.ά. Διεισδύουν στη μάζα και φράζουν τους πόρους.

- Η θηραϊκή γη, η άργιλος και ορισμένες πυριτικές ενώσεις. Ερχόμενα σε επαφή με νερό, διογκώνονται και φράζουν τους πόρους του σκυροδέματος.

- Ενώσεις ρητινών. Η στεγανοποιητική προστασία που προσφέρουν, οφείλεται στις υδροαπωθητικές τους ιδιότητες.

- Ορισμένοι υδρογονάνθρακες. Αποσυντίθενται και γεμίζουν τους πόρους του σκυροδέματος.

Τα στεγανοποιητικά μάζας συμβάλλουν στη βελτίωση της εργασιμότητας και της πλαστιμότητας του μείγματος και στην αποφυγή του κινδύνου απόμειξης των συστατικών του. Επιπλέον, ενισχύουν τις αντιδιαβρωτικές ιδιότητες του σκυροδέματος και την πρόσφυση του οπλισμού σ' αυτό. Παρεμποδίζουν τη διείσδυση του νερού στη μάζα του σκυροδέματος, επιτρέπουν όμως τη διαπνοή του και επομένως τη διάχυση των υδρατμών, που προέρχονται από τους εσωτερικούς χώρους.

#### Τα στεγανοποιητικά μάζας βρίσκουν ευρεία εφαρμογή:

- Σε παντός τύπου υπόγειες κατασκευές από σκυρόδεμα, που βρίσκονται επάνω ή κάτω από τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα.

- Σε τμήματα της ανωδομής, που βάλονται ιδιαίτερα από την υγρασία, όπως εξώστες, βεράντες κ.ά.

- Σε κατασκευές σκυροδέματος, επί των οποίων ασκούνται έντονες υδροστατικές πιέσεις, όπως δεξαμενές νερού, πισίνες, φράγματα, εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού κτλ

- Σε εσωτερικούς χώρους, που από τη χρήση τους έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό, όπως αποχωρητήρια και λουτρά.

Στεγανοποιητικό μάζας με σκέτο τσιμέντο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επισκευαστικά για την απόφραξη οπών και "φωλεών" σε υπόγεια τοιχώματα σκυροδέματος.

Η ανάμειξή τους πρέπει να γίνεται πάντοτε στον αναμεικτήρα του εργοστασίου και ποτέ στο εργοτάξιο, ώστε να είναι ελεγχόμενη ενδεχόμενη μείωση της ποιότητας του σκυροδέματος. Είναι απαραίτητη η ομοιόμορφη κατανομή του στεγανοποιητικού στο μείγμα και η σωστή αναλογία νερού.

Κακή ανάμειξη ή λανθασμένη αναλογία των υλικών μπορεί να επιφέρει μείωση της αντοχής του σκυροδέματος μέχρι και 20%.



Για το λόγο αυτό για τη στεγανοποίηση υπόγειων χώρων, στους οποίους πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στεγανοποιητικό μάζας, είναι προτιμότερη η χρήση της ποιότητας τσιμέντου C20/25 και υψηλότερο.

### Στερεά υλικά

Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπαχθεί πλήθος ανόμοιων μεταξύ τους υλικών, τα οποία ως κοινό χαρακτηριστικό έχουν το γεγονός ότι στην τελική τους μορφή παρουσιάζονται ως στερεά υλικά υπό τύπο φύλλων, μεμβρανών ή πλακών, που δεν επιτρέπουν τη διέλευση του νερού μέσα από τη μάζα τους, όπως είναι:

- τα διάφορα ανοξείδωτα μεταλλικά ελάσματα ή φύλλα από μολύβι, χαλκό, γαλβανισμένη λαμαρίνα, αλουμίνιο κ.ά.



Εικόνα 45 Άκαμπτες μονωτικές πλάκες που παίζουν τον ρόλο πετσώματος σε στέγη.

- οι επίπεδες ή κυματοειδείς πλάκες αμιαντοτσιμέντου ή συνθετικών υλικών (εικόνα 45),

- φυσικές πλάκες από ορυκτά υλικά, όπως μαλτεζόπλακες, μάρμαρα ή σχιστολιθικές πλάκες υπό κλίση,

- τεχνητές πλάκες από ορυκτά υλικά, όπως μωσαϊκού, πλακίδια εφυαλωμένα ή μη κ.ά.

Όλα αυτά τα υλικά προσφέρουν άριστη στεγανοποιητική προστασία με την προϋπόθεση ότι υπάρχει αλληλοεπικάλυψη των φύλλων τους, σωστή συνδεσμολογία με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία, ώστε να προστατεύονται τα ευπαθή σημεία και καλή σφράγιση των αρμών μεταξύ των πλακών τους με κατάλληλα υλικά.

### **3.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ**

Μια κατασκευή δέχεται ποικιλοτρόπως την επίδραση της υγρασίας, που τείνει να διεισδύσει στα δομικά στοιχεία από όποιο σημείο βρει το πλέον πρόσφορο έδαφος.

Προφανώς, ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης είναι η πρόληψη. Αν, ωστόσο, η υγρασία εμφανιστεί εκ των υστέρων, θα πρέπει κανείς, πριν προχωρήσει σε οποιαδήποτε επέμβαση, να αναζητήσει τα αίτια εμφάνισης της και την πηγή προέλευσης.

Άλλωστε, οι περιπτώσεις προσβολής είναι πολυάριθμες και πρακτικά αδύνατο να τις παρουσιάσει κανείς όλες. Έτσι, εξαιρουμένων εκείνων που πιθανόν να οφείλονται σε κάποια διαρροή εσωτερικών σωληνώσεων ή κακοτεχνία, εξετάζονται οι πιο αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις προσβολής από υγρασία σε μια κατασκευή.

#### **Αίτια εμφάνισης υγρασίας εδάφους**

- Επιφανειακά στάσιμα ή ρέοντα νερά. που οφείλονται είτε σε φυσικά φαινόμενα (βροχή, χιόνι, χαλάζι) είτε σε κάποια άλλη επιφανειακή πηγή νερού (π.χ. υδρορροή, βρύση στον περιβάλλοντα χώρο, πότισμα κήπου. άρδευση καλλιεργούμενου εδάφους κτλ.). Τα νερά αυτά συναντούν αδιαπέρατη επιφάνεια (πλακόστρωτο, άσφαλτο, αργιλώδες έδαφος) και για το λόγο αυτό συγκεντρώνονται σε κάποια θέση ή ρέουν επιφανειακά. Ερχόμενα σε επαφή με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία των κτιρίων, εμποτίζουν τα υλικά κατασκευής τους και δημιουργούν κατά κανόνα προβλήματα τοπικού χαρακτήρα.

- Υπόγεια νερά μικρού βάθους. Συνήθως βρίσκονται στο έδαφος σε στάσιμη κατάσταση και σε βάθος που μπορεί να κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι ένα ή και περισσότερα μέτρα κάτω από την επιφάνειά του. Μπορεί να οφείλονται είτε σε μία από τις ίδιες με την προηγούμενη περίπτωση αιτίες (υδρορροή, βρύση κτλ.), με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή τα νερά απορροφώνται από το έδαφος και δεν ρέουν στην επιφάνειά του, αλλά σε μικρό βάθος είτε σε υπόγειους αγωγούς ύδρευσης ή αποχέτευσης λυμάτων, σε υπόνομους, δεξαμενές, πισίνες που παρουσιάζουν διαρροή. Στις περιπτώσεις αυτές τα νερά έρχονται σε επαφή με τα πλευρικά υπόγεια τοιχώματα και ενίοτε -εξαρτάται από το βάθος- και με τα θεμέλια της κατασκευής. Τα προβλήματα που δημιουργούν είναι επίσης τοπικής μορφής και σπάνια εκτείνονται σε μεγάλη έκταση.

• Υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος δημιουργείται λόγω της ύπαρξης αδιαπέραστου συνεκτικού στρώματος του υπεδάφους (άργιλος, μάργες κτλ.), και παρεμποδίζει την κατακόρυφη πορεία του νερού.

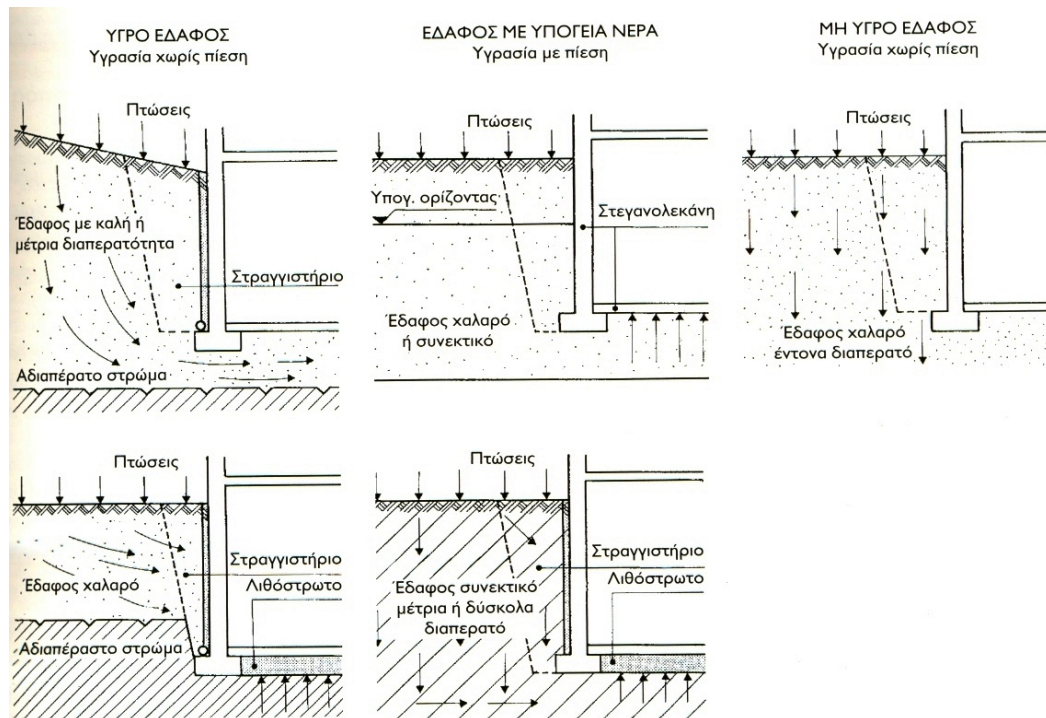
- Αν ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε στάθμη χαμηλότερη των θεμελίων, τότε τα νερά δεν ασκούν πίεση στην κατασκευή και φτάνουν σ' αυτή μέσω των τριχοειδών αγγείων.

- Αντιθέτως, αν ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε στάθμη υψηλότερη αυτής των θεμελίων, τα νερά έρχονται σε άμεση επαφή τόσο με τα θεμέλια και το δάπεδο, όσο και με τα πλευρικά τοιχώματα της κατασκευής, ασκώντας μια υδροστατική πίεση επάνω στις επιφάνειές τους.

Και στις δύο περιπτώσεις της ύπαρξης υδροφόρου ορίζοντα (υπό πίεση ή χωρίς πίεση) τα εμφανιζόμενα προβλήματα εκτείνονται συνήθως σ' όλη την έκταση της κατασκευής. Πολλές φορές μάλιστα το πρόβλημα γενικεύεται και εμφανίζεται και σε άλλες κατασκευές της γύρω περιοχής.

### **3.3.1 Στεγανοποίηση υπογείου**

Η υγρασία που προέρχεται από το έδαφος είναι από τις σοβαρότερες μορφές υγρασίας. Οφείλει την παρουσία της σε υπόγεια ή επιφανειακά νερά, στάσιμα ή κινούμενα, που μέσω των τριχοειδών αγγείων του εδάφους και των υλικών κατασκευής ανέρχονται στην οικοδομή (εικόνα 46,σελ.206). Προσβάλλει αδιακρίτως κάθε κατασκευή, διεισδύοντας από τα θεμέλια και από την πλάκα του υπογείου ή του ισογείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή/και από τα υπόγεια πλευρικά τοιχώματα. Όμως όλα τα εδάφη δεν παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά απέναντι στο νερό.



**Εικόνα 376 Η υγρασία του εδάφους και η στάθμη του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα επηρεάζουν διαφορετικά τα θεμέλια μιας κατασκευής.**

- Τα χονδρόκοκκα εδάφη, (αμμώδη, χαλικώδη), είναι διαπερατά και συγκρατούν ελάχιστη ποσότητα νερού στη μάζα τους.
- Αντιθέτως, τα λεπτόκοκκα εδάφη, (αργιλώδη, ιλώδη), δεν είναι ιδιαίτερα διαπερατά και ευνοούν την παραμονή του νερού σε υπέργειες ή υπόγειες συγκεντρώσεις (λίμνασμα).

Όλα τα δομικά υλικά δεν παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά έναντι της υγρασίας. Η απορροφητική τους ικανότητα εξαρτάται από τη δομή και τη φύση τους και συγκεκριμένα από την τριχοειδή τους αγωγιμότητα, από το πορώδες τους, από την υδροαπορροφητικότητα και από την υδρατμοπερατότητα. Καθοριστικό ρόλο στην απορροφούμενη ποσότητα νερού και στη συγκρατούμενη ποσότητα υγρασίας παίζει και ο τρόπος σύνδεσης των υλικών μεταξύ τους.

### **Η σωστή διάγνωση και η επιλογή της προσφορότερης λύσης**

Σε κάθε περίπτωση, σκόπιμο είναι η μέριμνα για προστασία από την υγρασία να έχει προληπτικό χαρακτήρα και τα μέτρα να λαμβάνονται από το στάδιο της κατασκευής και γενικά πριν από την εμφάνιση του προβλήματος. Γενική μεθοδολογία για την αντιμετώπιση των προβλημάτων υγρασίας δεν υπάρχει.

Η κάθε περίπτωση εξετάζεται ξεχωριστά, αναζητούνται προσεκτικά και με επαγωγικό τρόπο τα αίτια της υγρασίας και οι διαπιστώσεις και τα συμπεράσματα δεν αποτελούν προϊόν μόνον οπτικών παρατηρήσεων, αλλά και μετρήσεων. Ο μόνος γενικός και ταυτόχρονα βασικός κανόνας για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η επισήμανση της πηγής και του πραγματικού αιτίου της υγρασίας και η λήψη μέτρων όχι μόνο για την αποκατάσταση της βλάβης, αλλά και την εξάλειψη του αιτίου που την προκαλεί.

### **Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της κατάλληλης στεγανοποιητικής προστασίας**

- Η προέλευση των νερών: επιφανειακά ή υπόγεια.
- Η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα: νερά υπό πίεση ή χωρίς πίεση.
- Η διαστρωμάτωση και η κλίση του εδάφους, καθώς και η ποιότητα του χώματος: διαπερατό ή αδιαπέραστο.
- Η απορροφητικότητα των δομικών υλικών της κατασκευής: μεγάλη ή μικρή απορροφητικότητα: ανάλογα με το πορώδες και την τριχοειδή αγωγιμότητα των υλικών.

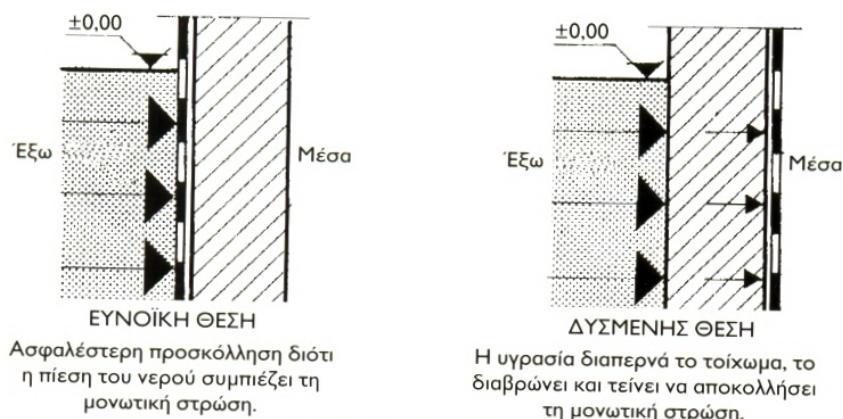
### **Ασφαλτικές επαλείψεις**

Είναι η συνηθέστερη μορφή στεγανοποιητικής προστασίας, επειδή είναι χαμηλού κόστους και εύκολη στην εφαρμογή της. Δεν είναι όμως και η ασφαλέστερη, καθώς δεν παρέχει ικανοποιητική προστασία, όταν η κατασκευή δέχεται ισχυρές καταπονήσεις από την υγρασία εδάφους. Επιπρόσθετα, κατασκευαστικά λάθη, αβλεψίες και παραλείψεις καθιστούν αυτή τη μορφή στεγανοποίησης αρκετά επισφαλή.

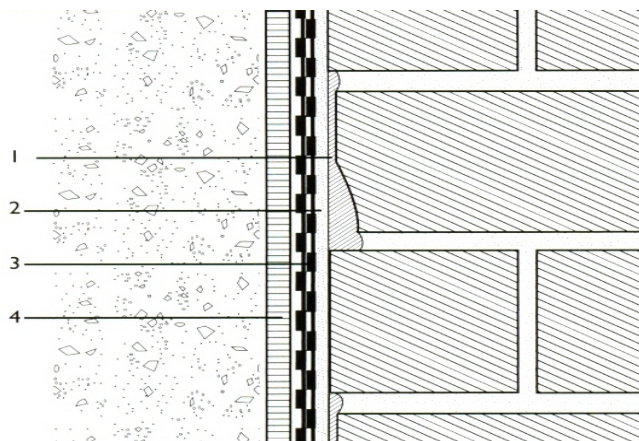
- Οι ασφαλτικές επαλείψεις προσφέρονται για προστασία κατακόρυφων πλευρικών τοιχομάτων των κατασκευών που καταπονούνται (εικόνα 48,σελ.208) :
  - από επιφανειακά στάσιμα ή ρέοντα νερά, που όμως δεν έχουν διαρκή παρουσία
  - από διηθούμενα νερά, που περιστασιακά προσβάλλουν τα πλευρικά τοιχώματα

- από υγρασία προερχόμενη, λόγω τριχοειδών αγγείων, από υδροφόρο ορίζοντα με στάθμη χαμηλότερη των θεμελίων και με την προϋπόθεση ότι η υγρομόνωση με ασφαλτικές επαλείψεις θα συνοδεύεται και από ένα περιμετρικό σύστημα αποστράγγισης,

- Οι ασφαλτικές επαλείψεις πρέπει να αποφεύγονται:
  - σε οριζόντιες επιφάνειες υπόγειων κατασκευών,
  - σε κάθε κατασκευή που καταπονείται από νερά υπό πίεση (υδροφόρος ορίζοντας σε στάθμη υψηλότερη αυτής των θεμελίων).



**Εικόνα 47** Δυνατές θέσεις μονωτικής στρώσης για τη στεγανοποίηση των πλευρικών τοιχωμάτων υπογείου.



**Εικόνα 48** Όταν η στεγανοποίηση γίνεται με ασφαλτικές επαλείψεις πρέπει το υπόστρωμα να έχει επιμελώς εξομαλυνθεί με επίστρωση πατητής τσιμεντοκονίας και να έχει επαλειφθεί με ασφαλτικό βερνίκι. 1) πατητή τσιμεντοκονία εξομάλυνσης 2) προεπάλειψη με ασφαλτικό βερνίκι 3) κύρια στεγανοποιητική στρώση από 2-3 ασφαλτικές επαλείψεις 4) προστατευτική στρώση της στεγανοποίησης από μηχανικές καταπονήσεις.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής & προετοιμασία υποστρώματος**

Η επιφάνεια που πρόκειται να υδρομονωθεί, θα πρέπει να είναι καθαρή και απαλλαγμένη από υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χώματα, σαθρά υλικά, λιπαντικά (γράσα), λάδια, σκόνες και άλλα ξένα σώματα. Το υπόστρωμα πρέπει επίσης να αποτελείται από στερεά και ομογενή υλικά, να μην έχει προεξέχοντα σύρματα ή σίδερα (π.χ. φουρκέτες) και να μην παρουσιάζει κενά και ανωμαλίες, όπως αυλακώσεις και προεξοχές από τις σανίδες του ξυλοτύπου. Θα πρέπει γενικά να είναι επίπεδη και λεία, όχι όμως και σε τέτοιο βαθμό που να δυσκολεύει την πρόσφυση της ασφαλικής επάλειψης. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, θα πρέπει να επιχριστεί με ένα εξομαλυντικό κονίαμα (πατητή τσιμεντοκονία), που θα καλύψει τα κενά και θα προσδώσει επιπεδότητα.

Είναι, τέλος, απαραίτητο το υπόστρωμα να είναι στεγνό. Στο υγρό υπόστρωμα το ασφαλικό υλικό αδυνατεί να εισχωρήσει μέσα στους πόρους, επειδή είναι γεμάτοι με νερό. Αν επιχειρηθεί η επάλειψη, το νερό θα εγκλωβιστεί κάτω απ' αυτή και θα δημιουργήσει σύντομα φουσκώματα, σχισμές και αποκολλήσεις της στεγανοποιητικής μεμβράνης. Αλλά αν για διάφορους λόγους το υπόστρωμα δεν μπορεί να στεγνώσει εντελώς, θα πρέπει η προεπάλειψη να γίνει με αραιωμένο γαλάκτωμα -από το ίδιο υλικό με αυτό των κύριων στρώσεων- και όχι με βερνίκι.

### **Τρόπος εφαρμογής**

Προηγείται προεπάλειψη με ασφαλικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλικό γαλάκτωμα, πάχους περίπου 1 mm. Η προεπάλειψη έχει διπλό στόχο. Αφενός να βοηθήσει στην καλύτερη πρόσφυση της κύριας επάλειψης στο υπόστρωμα και αφετέρου να εισχωρήσει, λόγω της μεγαλύτερης ρευστότητας που έχει, μέσα στους επιφανειακούς πόρους του υποστρώματος και να σχηματίσει μια ισχυρή ενδιάμεση στεγανοποιητική στρώση.

Η κύρια επάλειψη (αφού έχει στεγνώσει η προεπάλειψη), μπορεί να γίνει είτε εν θερμώ με 2 τουλάχιστον στρώσεις είτε εν ψυχρώ με 3 στρώσεις, πάχους περίπου 2-3 mm η καθεμιά. Η κάθε στρώση οφείλει να διαστρώνεται με χόρτινη βούρτσα, ομοιόμορφα επάνω στην επιφάνεια και με φορά κάθετη προς αυτήν της προηγούμενης στρώσης (σταυρωτή διάστρωση). Η ομοιόμορφη κατανομή του ασφαλικού υλικού επάνω στην επιφάνεια μπορεί να επιτευχθεί και με ψεκασμό, όταν βέβαια αυτός είναι εφικτός.

Η στεγανοποιημένη επιφάνεια, μέχρι να επιχωματωθεί, θα πρέπει να προστατευτεί έναντι της επίδρασης της υπερϊόδους ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς αυτή ευνοεί τη γήρανση των ασφαλικών υλικών. Αυτού του τύπου η προστασία είναι προσωρινή και μπορεί να επιτευχθεί με την επικάλυψη με ένα αδιαφανές πλαστικό φύλλο (νάιλον).

Κατά την επιχωμάτωση πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αποφυγή μηχανικών και χημικών καταπονήσεων από τα χώματα και τα άλλα υλικά. Συνήθως πέτρες, σίδερα και άλλα αιχμηρά αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με την υδροπροστατευτική στρώση ασκούν επάνω της ισχυρές πιέσεις που μπορεί να την πληγώσουν. Η προστασία επιτυγχάνεται με την παρεμβολή μιας στρώσης υψηλής αντοχής μεταξύ των επιχωματώσεων και της ασφαλικής στρώσης, που παραλαμβάνει αυτές τις πιέσεις. Τέτοιο ρόλο μπορούν να αναλάβουν:

- Ένας λεπτός αποστραγγιστικός τοίχος, κατασκευασμένος εν ξηρώ .
- Κυματοειδή φύλλα ή αυλακωτές πλάκες από πλαστικά ή ορυκτά υλικά, που επιτρέπουν παράλληλα και τον αερισμό του χώρου μέσω των αυλακώσεών τους (πρέπει να τοποθετούνται με κατακόρυφες τις κυματοειδείς αυλακώσεις).
- Πλάκες από σκληρά αφρώδη υλικά (π.χ. διογκωμένης πολυστερίνης). Αν οι πλάκες αυτές τοποθετηθούν με σκοπό να παρέχουν και θερμομονωτική προστασία, τότε θα πρέπει να επιλεγεί υλικό που δεν προσβάλλεται από την υγρασία (π.χ. πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης).

#### **Τεχνικές προστασίας έναντι της υγρασίας εδάφους σε μια εξαρχής κατασκευή**

Η μέθοδος της εξωτερικής στεγανοποίησης των οριζόντιων και κατακόρυφων δομικών στοιχείων:

- με ασφαλικές επαλείψεις,
- με ασφαλικές μεμβράνες,
- με στεγανοποιητικές κονίες,
- με υδατοστεγές σκυρόδεμα.

Η μέθοδος της περιμετρικής αποστράγγισης:

- συνδυασμός των παραπάνω.



### Δυνατότητες επιλογής σε μια εκ των υστέρων προστασία της κατασκευής

Μία από τις μεθόδους που εφαρμόζονται στην εξαρχής προστασία της κατασκευής.

- Η εσωτερική στεγανοποίηση των υπόγειων χώρων:
  - με ασφαλικές επαλείψεις,
  - με ασφαλικές μεμβράνες,
  - με στεγανοποιητικές κονίες.
- Η διάνοιξη περιμετρικής τάφρου αερισμού.
- Η τοποθέτηση διαμερούς φράγματος στη βάση του τοίχου.
- Η διαμόρφωση εσωτερικού αντίτοιχου.
- Η κατασκευή κούφιου προστατευτικού δαπέδου.
- Συνδυασμός των παραπάνω.

Προφανώς εκτός όλων αυτών, μπορεί να εφαρμόσει κανείς και πλήθος άλλων μεθόδων, που υπαγορεύονται από την ιδιαιτερότητα της κάθε κατασκευής, την εξεύρεση και εφαρμογή των κατάλληλων υλικών, το κόστος τους κτλ.

### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την εφαρμογή των στεγανοποιητικών επαλείψεων

• Η στεγανοποίηση δεν πρέπει να γίνεται σ' ένα μόνο τμήμα του δομικού στοιχείου. αλλά σ' ολόκληρη την επιφάνειά του και είναι απαραίτητο στη βάση του δομικού στοιχείου να συναντά την οριζόντια υδροπροστατευτική στρώση.

• Η μεμβράνη που σχηματίζουν οι ασφαλικές επαλείψεις. όση ελαστικότητα και αν έχουν. παρουσιάζει συμπεριφορά που προσιδιάζει περισσότερο προς αυτή των άκαμπτων στεγανών επιχρισμάτων. Για το λόγο αυτό δεν μπορούν να γεφυρώσουν σχισμές και ρηγματώσεις του υποστρώματος. Αυτές πρέπει να εξαλείφονται πριν τη διάστρωση της ασφαλικής στρώσης.

• Αν μετά την επίστρωση μιας ασφαλικής στρώσης ακολουθήσει βροχή, καλό είναι η επάλειψη να επαναληφθεί όταν στεγνώσει η επιφάνεια, διότι ενδέχεται το υλικό κατά ένα μέρος ή στο σύνολό του να έχει αποπλυθεί με τα νερά της βροχής.

• Οι ασφαλικές επαλείψεις πρέπει να γίνονται από την εξωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου και όχι από την εσωτερική, επειδή ελλοχεύουν συνήθως δύο κίνδυνοι:

- Η υγρασία να οδηγηθεί σε ανώτερες στάθμες, αναζητώντας διέξοδο για να εκτονωθεί.

- Η υγρασία με την πάροδο του χρόνου να προκαλέσει λόγω των αρνητικών πιέσεων διογκώσεις και αποκολλήσεις της στεγανοποιητικής στρώσης και του υποστρώματος, επί του οποίου αυτή είναι διαστρωμένη.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά τη στεγανοποίηση με ασφαλικές μεμβράνες**

Οι στεγανοποιητικές εργασίες, τόσο σε οριζόντια, όσο και σε κατακόρυφη επιφάνεια, πρέπει να γίνονται κάτω από καλές κλιματικές συνθήκες. Ειδικότερα:

Δεν πρέπει να γίνονται υπό βροχή, αλλά ούτε και κάποιες ημέρες ύστερα από αυτή. Το υπόστρωμα πρέπει να αφήνεται επί αρκετές ημέρες να στεγνώσει καλά υπό φυσικές συνθήκες και να αποφεύγεται το τεχνητό στέγνωμά του με φλόγα αερίου, επειδή το επιτυγχανόμενο αποτέλεσμα είναι παραπλανητικό. Η επιφάνεια μπορεί να δείχνει στεγνή, όμως στη μάζα του υποστρώματος συνεχίζει να υπάρχει υγρασία.

Οι εργασίες στεγανοποίησης πρέπει να διακόπτονται σε θερμοκρασίες ατμόσφαιρας χαμηλότερες των +5°C. Δεν πρέπει να θεωρείται ότι η φλόγα του φλόγιστρου ανεβάζει τη θερμοκρασία, διότι αυτό συμβαίνει στιγμιαία και μόνο σε μια μικρή περιοχή εργασίας.

Στις γωνίες η επιφάνεια του υποστρώματος πρέπει να στρογγυλεύεται (ή να σχηματίζεται γωνία μεγαλύτερη των 135°), προκειμένου να αποφεύγεται η ρηγμάτωση του ασφαλτόπανου.

### **Ασφαλικές μεμβράνες**

Είναι μια από τις ασφαλέστερες μεθόδους στεγανοποίησης υπόγειων χώρων, αρκεί να αποφευχθούν λάθη και παραλείψεις κατά την εκτέλεση των εργασιών. Για το λόγο αυτό καλό είναι οι εργασίες εφαρμογής τους να γίνονται από εξειδικευμένο συνεργείο, που έχει επαρκή πείρα και τηρεί τις προβλεπόμενες προδιαγραφές.

Η στεγανοποίηση με ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα) βρίσκει εφαρμογή στο σύνολο σχεδόν των περιπτώσεων, για την προστασία τόσο των οριζόντιων, όσο και των κατακόρυφων υπόγειων δομικών στοιχείων.

Κρίνεται ανεπαρκής μόνο σε υπόγειες κατασκευές με υψηλή καταπόνηση από υδροστατικές πιέσεις. Στην περίπτωση αυτή η πλέον πρόσφορη λύση είναι η εξαρχής κατασκευή μιας στεγανής λεκάνης.

Επίσης πρέπει να αποφεύγεται, όταν πρόκειται να προστατευθούν μόνο τα κατακόρυφα στοιχεία υφιστάμενης κατασκευής, που έχει προσβληθεί από υγρασία ανερχόμενη μέσω τριχοειδών αγγείων από τη βάση των θεμελίων. Στην περίπτωση αυτή η στεγανοποίηση με ασφαλικές μεμβράνες μπορεί να λειτουργήσει επιβαρυντικά για την κατασκευή και να οδηγήσει την υγρασία σε ανώτερα επίπεδα στην προσπάθειά της να αναζητήσει διέξοδο για να εκτονωθεί.

### **Προστασία κατακόρυφων στοιχείων**

Το κατακόρυφο δομικό στοιχείο που θα υδρομονωθεί, μπορεί να είναι κατασκευασμένο από οπτόπλινθους, τσιμεντόλιθους, οπλισμένο σκυρόδεμα, προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία σκυροδέματος κτλ.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής & προετοιμασία υποστρώματος**

Η επιφάνεια που πρόκειται να υδρομονωθεί θα πρέπει, όπως και στην περίπτωση των ασφαλικών επαλείψεων, να είναι καθαρή και απαλλαγμένη από υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χρώματα, σαθρά υλικά, λιπαντικά (γράσα), λάδια, σκόνες και άλλα ξένα σώματα. Το υπόστρωμα θα πρέπει επίσης να παρουσιάζει επίπεδη επιφάνεια και να έχει απαλλαγεί από προεξέχοντα σύρματα ή σίδερα (π.χ. φουρκέτες), να μην παρουσιάζει κενά και ανωμαλίες, όπως τρύπες, αυλακώσεις και προεξοχές από τις σανίδες του ξυλότυπου. Το υπόστρωμα οφείλει να είναι στεγνό, διότι στις υγρές επιφάνειες υπάρχει ο κίνδυνος μελλοντικής αποκόλλησης των μεμβρανών.

### **Τρόπος εφαρμογής**

• Η επικόλληση μπορεί να γίνει εν θερμώ με οξειδωμένη άσφαλτο (θερμή ασφαλτόκολλα) ή εν ψυχρώ με τη χρήση ειδικής ασφαλικής κόλλας. Ωστόσο, η χρήση φλόγιστρου είναι δύσκολη στις κατακόρυφες επιφάνειες και συνήθως αποφεύγεται η εν θερμώ συγκόλλησή τους. Αντιθέτως, ευρύ πεδίο εφαρμογής στην περίπτωση αυτή βρίσκουν τα αυτοκόλλητα ασφαλτόπανα.

Πάντως και στην εν θερμώ και στην εν ψυχρώ συγκόλληση πρέπει να προηγηθεί προεπάλειψη με τον αντίστοιχο τύπο βερνικιού και σε ορισμένες περιπτώσεις με τη χρήση αραιωμένου γαλακτώματος (χρησιμοποιείται μόνο σε απόλυτα στεγνές επιφάνειες).

- Οι στεγανοποιητικές μεμβράνες διαστρώνονται σε δύο ή περισσότερες στρώσεις με κατακόρυφο άνοιγμα των φύλλων τους. Η επικόλλησή τους πρέπει να γίνεται με προσοχή και σ' όλη τους την επιφάνεια, χωρίς να δημιουργούνται θύλακες αέρα.

- Και στις δύο στρώσεις η κάθε μεμβράνη πρέπει να επικαλύπτει τη γειτονική της τουλάχιστον κατά 10 cm. Η συγκόλληση των υπερκαλυπτόμενων τμημάτων πρέπει να εκτελείται με προσοχή και να αποφεύγονται οι ρυτιδώσεις και οι κυματισμοί.

- Η δεύτερη στρώση απλώνεται αφού κολλήσει καλά η πρώτη και έχοντας μετατοπισμένα τα φύλλα της κατά το ήμισυ του πλάτους των φύλλων της πρώτης, έτσι ώστε οι αλληλοεπικαλύψεις της μιας στρώσης να μη συμπίπτουν με αυτές της άλλης.

- Μετά τη συγκόλληση οι ραφές στις θέσεις των επικαλύψεων πρέπει να σπατουλάρονται με ασφαλική μαστίχη και να κυλινδρώνονται καλά, ώστε να μην αφήνουν μεταξύ τους κενά.

- Μετά την ολοκλήρωση της υδρομονωτικής προστασίας και για όσο διάστημα το όρυγμα παραμένει ανοικτό οι ασφαλικές μεμβράνες πρέπει να προστατεύονται από την επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, επειδή ευνοεί τη γήρανση των ασφαλικών υλικών. Αυτού του τύπου η προστασία είναι προσωρινή και μπορεί να επιτευχθεί, όπως και στις ασφαλικές επαλείψεις, με την επικάλυψη με ένα αδιαφανές πλαστικό φύλλο (νάιλον).

- Κατά την επιχωμάτωση πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή μηχανικών και χημικών καταπονήσεων από τα χώματα και τα άλλα υλικά, που θα ριχτούν στο όρυγμα και θα συμπιεστούν. Οι εναλλακτικές δυνατότητες είναι οι ίδιες με των στεγανοποιητικών επαλείψεων:

- Λεπτός αποστραγγιστικός τοίχος.
- Κυματοειδή φύλλα από πλαστικά ή ορυκτά υλικά.
- Πλάκες από σκληρά αφρώδη υλικά, απρόσβλητα από την υγρασία.

### **Προστασία οριζόντιων στοιχείων**

Η οριζόντια στεγανοποίηση πραγματοποιείται είτε στο επίπεδο των θεμελίων είτε στο επίπεδο του δαπέδου του υπογείου. Η σωστή σειρά των στρώσεων, που δυστυχώς πολλές φορές δεν τηρείται, οφείλει να είναι (από κάτω προς τα επάνω) (εικόνα 49,σελ.215):

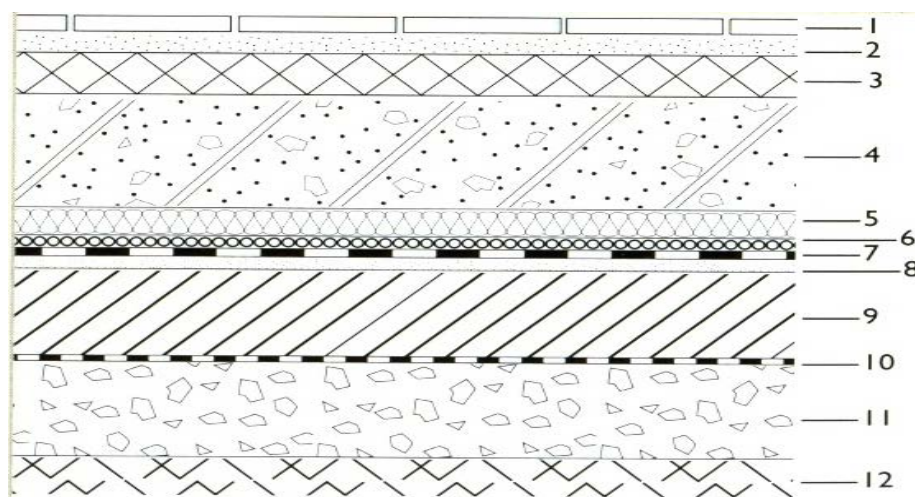
- Αμμοχάλικο ή λιθορριπή πάχους περίπου 20 cm, που διαστρώνεται επάνω στο επίπεδο του σκαμμένου εδάφους και διακόπτει τη συνέχεια των τριχοειδών αγγείων του χώματος.

- Σε περίπτωση διάστρωσης λιθορριπής, φύλλο πολυαιθυλενίου, που θα αποτρέψει τη διείσδυση του σκυροδέματος στα διάκενα της λιθορριπής.

-Η πλάκα του ελαφρώς οπλισμένου σκυροδέματος καθαριότητας.

- Εξομαλυντική στρώση, συνήθως από πατητή τσιμεντοκονία, που θα εξαλείψει τις ανωμαλίες στην επιφάνεια του σκυροδέματος καθαριότητας.

- Υγρομόνωση αποτελούμενη από τρεις ή περισσότερες στρώσεις ασφαλικών μεμβρανών, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, του αίτιου και του βαθμού επίδρασης της υγρασίας, και τις ασκούμενες πιέσεις σ' αυτές.



**Εικόνα 49 Η πλήρης σειρά των στρώσεων σε ένα σωστά θερμομονωμένο και υγροπροστατευμένο δάπεδο όταν πατά στο έδαφος:**

- 1)Τελική επικάλυψη,
- 2)Συνδετική κονία της τελικής επικάλυψης,
- 3)Εξομαλυντική στρώση,
- 4)Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος,
- 5)Θερμομονωτική στρώση,
- 6)Γεωύφασμα,
- 7)Διπλή ή τριπλή υγρομονωτική στρώση,
- 8)Εξομαλυντική στρώση,
- 9)Σκυρόδεμα καθαριότητας
- 10)Φύλλο πολυαιθυλενίου
- 11)Αμμοχάλικο ή λιθοπλήρωση,
- 12)Χώμα.

- Γεώφασμα για την προστασία της στεγανοποιητικής στρώσης από τις υπερκείμενες της. Στόχος είναι να μη συγκολληθούν μ' αυτή και την υποχρεώνουν να παρακολουθεί τις τυχόν μικρομετακινήσεις τους λόγω συστολοδιαστολών.

- Η θερμομονωτική στρώση από υλικό που δεν προσβάλλεται από την υγρασία. Η στρώση αυτή μπορεί να παραλειφθεί, αν δεν προβλέπεται θερμομονωτική προστασία του υπογείου ή να τοποθετηθεί επάνω από τη φέρουσα πλάκα σκυροδέματος.

- Η φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.

- Πιθανές εξισωτικές στρώσεις (π.χ. γαρμπιλοσκυροδέματος) για τη διαμόρφωση ενιαίου επιπέδου στον εσωτερικό χώρο.

- Η τελική επικάλυψη (π.χ. πλακίδια με συγκόλληση πατητής τσιμεντοκονίας ή κόλλας).

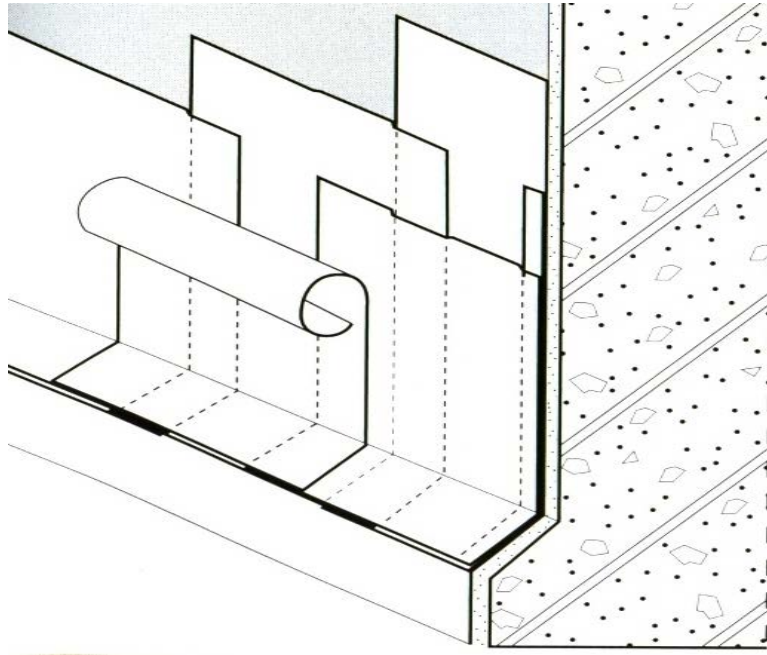
### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την προστασία κατακόρυφων στοιχείων με ασφαλτικές μεμβράνες**

• Η στεγανοποιητική στρώση δεν πρέπει να σταματά στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά να ανέρχεται στο δομικό στοιχείο σε ύψος περίπου 20 - 30 cm (εικόνα 50,σελ.217). Το τμήμα αυτό της στεγανοποιητικής στρώσης πρέπει να προστατεύεται έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας γι' αυτό και δεν πρέπει να παραμένει γυμνό και εκτεθειμένο σ' αυτή. Η προστασία του μπορεί να επιτευχθεί:

- Με διακοσμητικά τούβλα ή πετάσματα, που θα διαμορφώσουν σ' αυτό το ύψος ένα στηθαίο δικέλυφης κατασκευής.

- Με μια επιπρόσθετη λωρίδα ασφαλτόπανου με ψηφίδες, που θα επικολληθεί στην άνω του εδάφους περιοχή του ασφαλτόπανου και είτε θα παραμείνει γυμνό είτε θα επιχριστεί.

Στη δεύτερη περίπτωση η απόληξη του ασφαλτόπανου ή θα σφηνωθεί σε μικρό βάθος μέσα στον τοίχο ή θα προστατευθεί με μια στραντζαριστή λαμαρίνα, που δεν θα επιτρέπει τη διείσδυση των νερών της βροχής πίσω από την υγρομονωτική στρώση, στο σημείο της απόληξής της. Για τον ίδιο λόγο το ασφαλτόπανο στη θέση αυτή σφραγίζεται με ασφαλτική μαστίχη.



**Εικόνα 50** Οι μεμβράνες διαστρώνονται σε 2 ή περισσότερες στρώσεις. Σε όλες τις στρώσεις κάθε φύλλο πρέπει να επικαλύπτει το διπλανό του τουλάχιστον κατά 10 cm.

- Στις κατακόρυφες στεγανοποιήσεις, όταν είναι μεγάλου ύψους (2,00 m), η επικόλληση δεν αρκεί για να συγκρατήσει τις μεμβράνες επάνω στο υπόστρωμα. Αυτή πρέπει να υποστηρίζεται και από μηχανική στερέωση, η οποία επιτυγχάνεται με το κάρφωμα του άνω μέρους των μεμβρανών επάνω στο υπόστρωμα. Το κάρφωμα δεν πρέπει να γίνει απευθείας επάνω στη μεμβράνη, επειδή λόγω του βάρους της μπορεί να σχιστεί και να ολισθήσει, αλλά με τη μεσολάβηση μιας μεταλλικής οδοντωτής λάμας που θα τοποθετηθεί οριζόντια στο άνω μέρος της μεμβράνης, θα τη συγκρατεί σ' όλη της την έκταση και θα κατανέμει ομοιόμορφα τις αναπτυσσόμενες τάσεις. Η λάμα κατόπιν θα πρέπει να επικαλυφθεί με μια λεπτή λωρίδα ασφαλτόπανου, που θα απλωθεί οριζόντια, έχοντας εκατέρωθεν της λάμας πλάτος περίπου 20 cm. Η λωρίδα από το ένα της τμήμα θα επικολληθεί επάνω στο υφιστάμενο ασφαλτόπανο και από το άλλο με ασφαλτόκολλα επάνω στο δομικό στοιχείο και θα σφραγιστεί καλά με ασφαλτική μαστίχη. Μπορεί επίσης -αν είναι εφικτό- να σφηνωθεί σε μια εγκοπή μέσα στον τοίχο.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής & προετοιμασία υποστρώματος**

- Οι οριζόντιες επιφάνειες πρέπει να είναι καθαρές και απαλλαγμένες από υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χώματα, σαθρά υλικά, λιπαντικά (γράσα), λάδια, σκόνες και άλλα ξένα σώματα. Το υπόστρωμα θα πρέπει να παρουσιάζει επίπεδη επιφάνεια, γι' αυτό και διαστρώνεται συνήθως μια εξομαλυντική στρώση τσιμεντοκονιάματος.

- Το υπόστρωμα θα πρέπει επίσης να είναι στεγνό ή τουλάχιστον με μικρές ποσότητες υγρασίας, που δεν θα προκαλέσουν φουσκώματα, σχισμές και αποκολλήσεις της στεγανοποιητικής μεμβράνης.

### **Τρόπος εφαρμογής**

- Πριν τη διάστρωση του ασφαλτόπανου πρέπει να προηγηθεί μια ασφαλική επάλειψη με ασφαλικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλικό γαλάκτωμα (αστάρωμα) σε όλη την επιφάνεια του υποστρώματος.

- Η στεγανοποίηση θα πρέπει να γίνει σε τρεις ή περισσότερες στρώσεις. Η κάθε στρώση διαστρώνεται εν θερμώ ή εν ψυχρώ.

- Οι μεμβράνες συγκολλούνται σε όλη τους την επιφάνεια, υπερκαλύπτοντας τις γειτονικές τους τουλάχιστον κατά 10 cm και αποφεύγοντας ρυτιδώσεις και κυματισμούς.

- Κάθε στρώση έχει μετατοπισμένα τα φύλλα της κατά το ήμισυ του πλάτους των φύλλων της προηγούμενης.

- Μετά τη συγκόλληση κάθε στρώσης οι ραφές στις θέσεις των επικαλύψεων πρέπει να σπατουλάρονται με ασφαλική μαστίχη και να κυλινδρώνονται καλά, ώστε να μην αφήνουν μεταξύ τους κενά.

- Η διάστρωση οποιουδήποτε άλλου υλικού επάνω στη στεγανοποιητική στρώση θα πρέπει να γίνει αφού μεσολαβήσει ένα γεωύφασμα, που θα την προστατεύει και θα παρεμποδίζει τη συγκόλλησή της σε ενιαίο σώμα με την υπερκείμενη στρώση.



### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την προστασία οριζόντιων στοιχείων με ασφαλικές μεμβράνες

Η κατακόρυφη στεγανοποιητική στρώση των περιμετρικών δομικών στοιχείων πρέπει απαραίτητα στην απόληξή της να συναντά την οριζόντια στρώση του δαπέδου, ώστε να διασφαλίζεται η συνέχεια της υδροπροστασίας της κατασκευής.

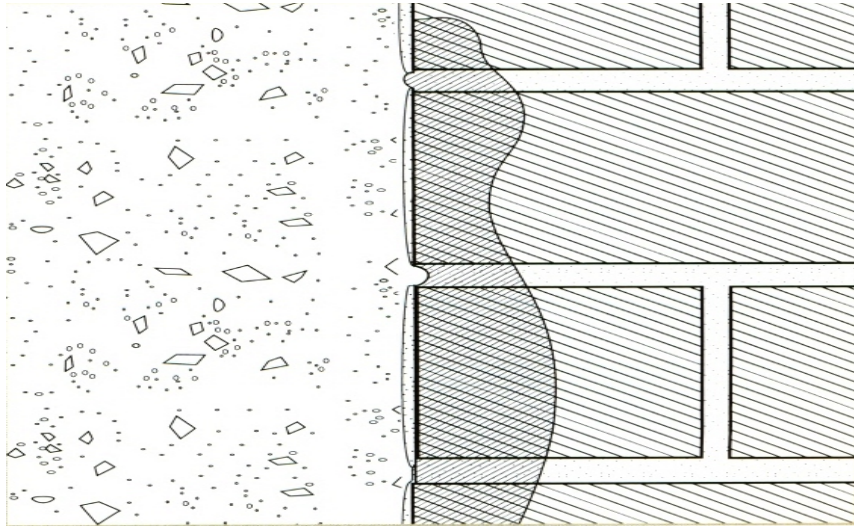
Διαφορετικά, δημιουργούνται γέφυρες υγρασίας, που επιτρέπουν στο νερό να διεισδύσει στο εσωτερικό της κατασκευής και να προσβάλει τα δομικά του στοιχεία.

Στην περίπτωση που η στεγανοποιητική στρώση βρίσκεται στο επίπεδο του δαπέδου του υπογείου και όχι στο επίπεδο των θεμελίων (δηλαδή δεν έχει σχηματιστεί μια στεγανή λεκάνη) η συνέχεια της στεγανοποιητικής στρώσης πολλές φορές αναγκαστικά διακόπτεται στις θέσεις των φερόντων κατακόρυφων στοιχείων (τοιχία, υποστυλώματα) ή των μη φερόντων στοιχείων (τοιχία αντιστήριξης υπογείου) από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για το λόγο αυτό, στα στοιχεία αυτά θα πρέπει να έχει προστεθεί εκ κατασκευής κάποιο στεγανοποιητικό μάζας.

### Στεγανοποιητικές κονίες

Στόχος είναι η παρασκευή ενός κονιάματος με τους ελάχιστους κατά το δυνατόν πόρους, ώστε να είναι αδιαπέραστο από το νερό. Το ρόλο αυτό παίζουν αφενός οι κόκκοι της άμμου που, αναμειγνύομενοι, φράζουν τους πόρους και αφετέρου τα στεγανοποιητικά πρόσθετα, που είτε φράζουν και αυτά τους πόρους με τη διόγκωση των υλικών που περιέχουν είτε απωθούν το νερό μέσα από τους πόρους με υδροαπωθητικά συστατικά, που καλύπτουν τα τοιχώματά τους. Παράλληλα τα στεγανοποιητικά πρόσθετα βελτιώνουν την αντοχή της κονίας σε κάμψη και εφελκυσμό.

Οι στεγανοποιητικές κονίες είναι κατάλληλες τόσο για εξωτερική, όσο και για εσωτερική στεγανοποίηση των υπόγειων χώρων (εικόνα 51,σελ.220). Αντιθέτως, δεν προσφέρονται για δώματα ή άλλες επιφάνειες που δέχονται την απευθείας επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς είναι ορυκτά υλικά που παρουσιάζουν ευθρυπτότητα και αδυνατούν να παραλάβουν τις τάσεις που αναπτύσσονται λόγω συστολοδιαστολών του υποστρώματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις να παρουσιάζουν ρωγμές στην επιφάνειά τους, που γίνονται μεγαλύτερες αν προέρχονται από το υπόστρωμα.



**Εικόνα 51** Οι στεγανοποιητικές κονίες οφείλουν να εφαρμόζονται επάνω σε επιφάνειες από στερεά υλικά που δεν θα παρουσιάζουν ρωγμές και ανωμαλίες και δεν θα κινδυνεύουν από καθιζήσεις και έντονες συστολοδιαστολές, διότι διαφορετικά πολύ εύκολα η στεγανοποιητική προστασία θα καταστεί αναποτελεσματική, αφήνοντας το νερό να διεισδύσει στη μάζα του δομικού στοιχείου από ρωγμές και άλλες περιοχές με μικρή επικάλυψη κονιάματος.

Απαιτούν επίσης σταθερό υπόστρωμα. Για το λόγο αυτό δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε οριζόντιο δάπεδο εξωτερικά, δηλαδή επάνω στο χώμα ή σε κροκάλες που τοποθετούνται για την αποφυγή σχηματισμού τριχοειδών αγγείων.

Προστατεύουν τις κατασκευές που καταπονούνται:

- από επιφανειακά ή διηθούμενα νερά με πρόσκαιρη ή διαρκή παρουσία.
- από υγρασία ανερχόμενη μέσω τριχοειδών αγγείων από τη βάση των θεμελίων και υδροφόρο ορίζοντα χαμηλότερο από τη στάθμη των θεμελίων,
- από νερά υπό πίεση με στάθμη υδροφόρου ορίζοντα ελαφρώς υψηλότερη της στάθμης των θεμελίων.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής & προετοιμασία υποστρώματος**

Σε περίπτωση που ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε στάθμη υψηλότερη αυτής των θεμελίων, θα πρέπει να υποβιβαστεί σε χαμηλότερη στάθμη με άντληση του νερού κατά τρόπο που θα κρατά τη στάθμη χαμηλή συνεχώς, σε 24ωρη βάση και για όσο διάστημα διαρκούν οι εργασίες στεγανοποίησης. Βασικές προϋποθέσεις ως προς την επιφάνεια που πρόκειται να στεγανοποιηθεί:

- Η επιφάνεια του δομικού στοιχείου που πρόκειται να στεγανοποιηθεί οφείλει να αποτελείται από στερεά και σταθερά υλικά και να μην παρουσιάζει κενά και ανωμαλίες, όπως αυλακώσεις και προεξοχές, από τις σανίδες του ξυλότυπου.

- Δεν πρέπει επίσης να παρουσιάζει ρωγμές, ούτε να κινδυνεύει από πιθανές διαφορικές καθιζήσεις, υποχωρήσεις ή έντονες συστολοδιαστολές, επειδή τα στεγανοποιητικά κονιάματα κατά κανόνα δεν έχουν την απαραίτητη ελαστικότητα, που να μπορεί να παραλάβει αυτές τις μικρομετακινήσεις του υποστρώματος με αποτέλεσμα να εμφανίζουν στο μέλλον ρωγμές.

- Πριν την εφαρμογή του κονιάματος θα πρέπει να απομακρυνθούν από την επιφάνεια τα σαθρά υλικά, υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χώματα, λάδια και άλλα ξένα σώματα. Προκειμένου το στεγανοποιητικό κονίαμα να αποκτήσει ισχυρή πρόσφυση και να αποφευχθούν ρωγμές και αποκολλήσεις στο μέλλον, η επιφάνεια που θα το υποδεχθεί οφείλει να είναι αφενός "άγρια" (όχι όμως "ανώμαλη") και αφετέρου υγρή (όχι όμως σε βαθμό που να στάζει νερό ή να δημιουργούνται λιμνάζοντα νερά).

- Η επιφάνεια δεν πρέπει, τέλος, να έχει προεξέχοντα σύρματα ή σίδερα (π.χ. φουρκέτες).

### **Τρόπος εφαρμογής**

- Στο καλά προετοιμασμένο υπόστρωμα η διάστρωση του στεγανοποιητικού κονιάματος γίνεται σε δύο, τρεις ή τέσσερις στρώσεις ανάλογα με τον τύπο του υλικού.

- Στα υδαρή κονιάματα απαιτούνται συνήθως τρεις με τέσσερις στρώσεις και το πάχος της καθεμιάς είναι περίπου 1 mm.

- Στα χυλώδη κονιάματα στις κατακόρυφες επιφάνειες οι δύο στρώσεις συνήθως επαρκούν και το πάχος της καθεμιάς μπορεί να φτάνει και το 1 cm, ενώ στις οριζόντιες η στρώση μπορεί να είναι μόνο μία και να έχει πάχος περίπου 3 cm.

Το καλύτερο απ' όλα είναι ο χρήστης να ακολουθεί πιστά τις υποδείξεις της παρασκευάστριας εταιρίας.

- Η διάστρωση μπορεί να γίνει με βούρτσα, μυστρί ή με εκτοξευτήρα.

- Ωστόσο, όταν το μείγμα είναι χυλώδες και όχι υδαρές, η βούρτσα δεν είναι το πλέον πρόσφορο μέσο για τη διάστρωση του κονιάματος και πρέπει να επιλέγεται μόνον όταν είναι αδύνατη η χρήση των άλλων μέσων, επειδή τότε δεν δημιουργεί ομοιόμορφη κατανομή του υλικού στην επιφάνεια, αφήνει κενά και, αν το μείγμα δεν είναι πολύ υδαρές, δημιουργεί πορώδεις στρώσεις.

- Στις οριζόντιες επιφάνειες η διάστρωση του χυλώδους κονιάματος μπορεί να γίνει με σανίδι ή με εκτοξευτήρα. Χρειάζεται όμως προσοχή για την επίτευξη ενιαίου πάχους στρώσης.

- Η κάθε στρώση περνιέται όταν η προηγούμενή της έχει στερεοποιηθεί, αλλά παραμένει ακόμη υγρή. Αν ωστόσο για οποιοδήποτε λόγο η επόμενη στρώση δεν προλάβει να διαστρωθεί εγκαίρως και μεσολαβήσει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μεταξύ των εργασιών διάστρωσης των δύο στρώσεων, τότε:

- Προκειμένου για πηχτό χυλώδες κονίαμα (ανήκει συνήθως στην κατηγορία αυτών που παρασκευάζονται επί τόπου στο εργοτάξιο), θα πρέπει να διαβραχεί και πριν τη διάστρωση της επόμενης στρώσης να περαστεί επάνω στην προηγούμενη μια λεπτή στρώση πεταχτού κονιάματος.

- Προκειμένου για λεπτόρρευστο υδαρές κονίαμα (ανήκει συνήθως στην κατηγορία αυτών που έρχονται αναμειγμένα από το εργοστάσιο και απαιτείται μόνον η προσθήκη κάποιας ποσότητας νερού), θα πρέπει να αναμένεται η πλήρης σκλήρυνση της στρώσης, ώστε να αποκτήσει τις αντοχές της και κατόπιν η επάλειψη της επόμενης .

- Η κάθε στρώση θα πρέπει να διαστρώνεται σε ενιαία επιφάνεια, χωρίς να εμφανίζει διακοπή. Αν ωστόσο συμβεί κάτι τέτοιο, η συνέχεια μπορεί να επιτευχθεί με αλληλοεπικάλυψη του κονιάματος κατά 10-20 cm στη θέση της διακοπής της στρώσης .

- Όλων των κατηγοριών τα στεγανοποιητικά κονιάματα μετά τη διάστρωσή τους πρέπει να προστατεύονται από τις μηχανικές καταπονήσεις.

### Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά τη στεγανοποίηση με στεγανοποιητικές κονίες

• Η κατακόρυφη στεγανοποιητική στρώση των περιμετρικών δομικών στοιχείων πρέπει απαραίτητα στην απόληξή της να συναντά την οριζόντια του διαπέδου, ώστε να διασφαλίζεται η συνέχεια της υδροπροστασίας της κατασκευής.

• Οι προς στεγανοποίηση επιφάνειες σε όλη τη διάρκεια των εργασιών, αλλά και μέχρι να στεγνώσουν καλά, πρέπει να προφυλάσσονται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και των ισχυρών ρευμάτων αέρα ή των ανέμων, ώστε να αποφεύγεται η απότομη εξάτμιση του περιεχόμενου νερού στο κονίαμα και επομένως η δημιουργία ρωγμών. Γι' αυτό οφείλουν να προφυλάσσονται για χρονικό διάστημα τουλάχιστον δύο ως τριών 24ώρων και να λαμβάνεται μέριμνα να διατηρούνται σχετικά υγρές.

• Αντιθέτως, προκειμένου να αποφευχθεί ο σχηματισμός πάγου. οι εργασίες στεγανοποίησης δεν πρέπει να εκτελούνται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των +5°C. Αν παρατηρηθούν κρύσταλλοι πάγου στο κονίαμα κατά την πήξη του, αυτό πρέπει να καθαιρεθεί και οι εργασίες να επαναληφθούν.

### Υδατοστεγές σκυρόδεμα

Ως υδατοστεγές ή στεγανό χαρακτηρίζεται το σκυρόδεμα εκείνο που έχει ιδιαίτερα πυκνή και κλειστή δομή και δεν παρουσιάζει κενά ή ρωγμές στη μάζα του. Καθοριστικό ρόλο για την απόκτηση αυτών των ιδιοτήτων παίζουν:

- Η περιεκτικότητα σε τσιμέντα,
  - Η σύνθεση των αδρανών υλικών,
  - Η υδαρότητά του και η επεξεργασία του μέσα στο καλούπι,
  - Η ενδεχόμενη προσθήκη στεγανοποιητικών πρόσθετων ή επιβραδυντών πήξης.
- Η προστασία του από γρήγορο στέγνωμα και πρόωρη αφαίρεση του ξυλότυπου.

Τα υδατοστεγή σκυροδέματα αποδεικνύονται αναποτελεσματικά και παρουσιάζουν πολλές βλάβες, αν δεν τηρηθούν με αυστηρότητα οι προδιαγραφές που επιβάλλουν οι κανονισμοί. Για το λόγο αυτό η παρασκευή του οφείλει να γίνεται πάντοτε στο εργοστάσιο και ποτέ στο εργοτάξιο και η διάστρωσή του θα πρέπει να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο συνεργείο. Το υδατοστεγές σκυρόδεμα βρίσκεται εφαρμογή μόνο σε νέες κατασκευές και όχι σε υφιστάμενες και σε κατασκευή νέων δομικών στοιχείων, που θα προστεθούν στα υφιστάμενα.

Εφόσον γίνει καλή κατασκευή, το υδατοστεγές σκυρόδεμα μπορεί να αντιμετωπίσει σχεδόν όλες τις μορφές υγρασίας εδάφους. Ειδικότερα:

- υγρασία οφειλόμενη σε επιφανειακά στάσιμα ή ρέοντα νερά, με πρόσκαιρη ή διαρκή παρουσία,

- υγρασία οφειλόμενη σε διηθούμενα νερά που προσβάλλουν τα πλευρικά τοιχώματα,

- υγρασία οφειλόμενη σε τριχοειδή αγωγή, από υδροφόρο ορίζοντα με στάθμη χαμηλότερη αυτής των θεμελίων,

- υγρασία οφειλόμενη σε νερά υπό πίεση (υδροφόρος ορίζοντας σε στάθμη υψηλότερη αυτής των θεμελίων).

Αν υπάρχουν υποψίες για αστοχίες κατά την κατασκευή και επιφυλάξεις για την αποτελεσματικότητα της στεγανοποιητικής προστασίας του σκυροδέματος, καλό είναι η στεγανοποίηση να συμπληρωθεί με τη χρήση ασφαλικών στεγανοποιητικών φύλλων ή την ανάπτυξη ενός περιμετρικού συστήματος αποστράγγισης.

Σε περιπτώσεις που ασκούνται πολύ υψηλές υδροστατικές πιέσεις δεν αρκεί να στηριχτεί κανείς μόνο στη χρήση του υδατοστεγούς σκυροδέματος είναι προτιμότερο να προχωρήσει στην κατασκευή μιας στεγανής λεκάνης.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά τη στεγανοποίηση με υδατοστεγές σκυρόδεμα**

Οι στεγανοποιητικές ιδιότητες του υδατοστεγούς σκυροδέματος μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά με την προσθήκη ενός στεγανοποιητικού μάζας. Ωστόσο, τα πρόσθετα αυτά υλικά δρουν βοηθητικά και από μόνα τους δεν μπορούν να προσδώσουν απόλυτη στεγανότητα στο σκυρόδεμα.

Σημαντικό είναι επίσης να γνωρίζει κανείς ότι μικροσεις του υπεδάφους, διαφορικές καθιζήσεις, έντονες συστολοδιαστολές από θερμοκρασιακές καταπονήσεις ή την ανάπτυξη ίδιων τάσεων κατά το στέγνωμα, καθώς και άλλες μικρομετακινήσεις οφειλόμενες σε διάφορα an:IG, μπορούν να ακυρώσουν στην πράξη τη στεγανοποιητική προστασία που παρέχει το υδατοστεγές σκυρόδεμα, καθώς ε(ναι οι κατ' εξοχήν πρόξενοι μικρών ή μεγάλων ρωγμών στα δομικά στοιχεία της κατασκευής. Ο μόνος τρόπος αντιμετώπισής τους είναι η προληπτική ενίσχυση του σκυροδέματος με πρόσθετο οπλισμό, που τοποθετείται κατόπιν υπολογισμού στις κατάλληλες θέσεις.

### Προϋποθέσεις εφαρμογής

Όπως προαναφέρθηκε, η κατασκευή στεγανών δομικών στοιχείων από σκυρόδεμα προϋποθέτει την πιστή τήρηση ορισμένων κανόνων και προδιαγραφών σχετικά με τα υλικά του και την επεξεργασία του. Ειδικότερα, για την παρασκευή του υδατοστεγούς σκυροδέματος θα πρέπει:

- Να χρησιμοποιούνται τσιμέντα φτωχά σε άσβεστο και να αναμειγνύονται σε αναλογίες που φτάνουν τουλάχιστον τα  $350 \text{ kg/m}^3$ .
- Να αναμειγνύεται μαζί με το τσιμέντο ικανοποιητική ποσότητα λιθάλεου. Η παρουσία του στο μείγμα συμβάλλει στην καλή κατεργασία του και στην κλειστή δομή της μάζας του.
- Να χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά με διάμετρο σκύρων που δεν θα υπερβαίνουν τα 32 mm. Τρόπος εφαρμογής

Κατά την εκτέλεση ενός έργου με υδατοστεγές σκυρόδεμα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε:

- Να αποφεύγονται μικρορηγματώσεις μετά την πήξη του σκυροδέματος, που εμφανίζονται συχνά στις θέσεις των συνδέσεων εργασίας.
- Τα συστατικά του να αναμειγνύονται καλά και η έγχυσή του στον ξυλότυπο να μη γίνεται από μεγάλο ύψος, προκειμένου να αποφευχθεί η απόμειξή τους.
- Μετά την έγχυσή του να μην πήζει απότομα και γρήγορα και να μην κινδυνεύει από παγετό. Για το λόγο αυτό πρέπει:
  - Να καταβρέχεται και να αποφεύγεται η έκθεσή του σε ρεύματα αέρα και στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία.
  - Να καλύπτεται με θερμομονωτικά υλικά όταν εκδηλωθεί παγετός.

Τα υπόγεια δομικά στοιχεία από υδατοστεγές σκυρόδεμα που δέχονται ισχυρές καταπονήσεις από τα υπόγεια νερά και την υγρασία καλό είναι να προστατεύονται εξωτερικά με τη διάστρωση ασφαλτοπάνου ή τουλάχιστον με την επάλειψη ασφαλτικού γαλακτώματος που θα γίνει σε 3 στρώσεις.

### Σύστημα περιμετρικής αποστράγγισης

Είναι μια από τις παλαιότερες μεθόδους προστασίας υπόγειων κατασκευών από την υγρασία και θεωρούνταν από τις πλέον αποτελεσματικές όταν ακόμη δεν υπήρχε το μεγάλο εύρος στεγανοποιητικών υλικών που υπάρχει σήμερα. Είναι περισσότερο γνωστή με τον ξένο όρο "ντρενάζ" (drainage).

Αποτελείται από μία τάφρο και εντός αυτής έναν υπό μικρή κλίση συνεχή αγωγό, που περιβάλλει το κτίριο, συνήθως στο επίπεδο των θεμελίων, και συλλέγει τα νερά, που μέσω του εδάφους συγκεντρώνονται στα περιμετρικά τοιχώματα.

(εικόνα 52)

• Το σύστημα περιμετρικής αποστράγγισης έχει εφαρμογή σε υφιστάμενες ή νέες κατασκευές που καταπονούνται:

- από επιφανειακά στάσιμα ή ρέοντα νερά, που έχουν πρόσκαιρη ή διαρκή παρουσία,

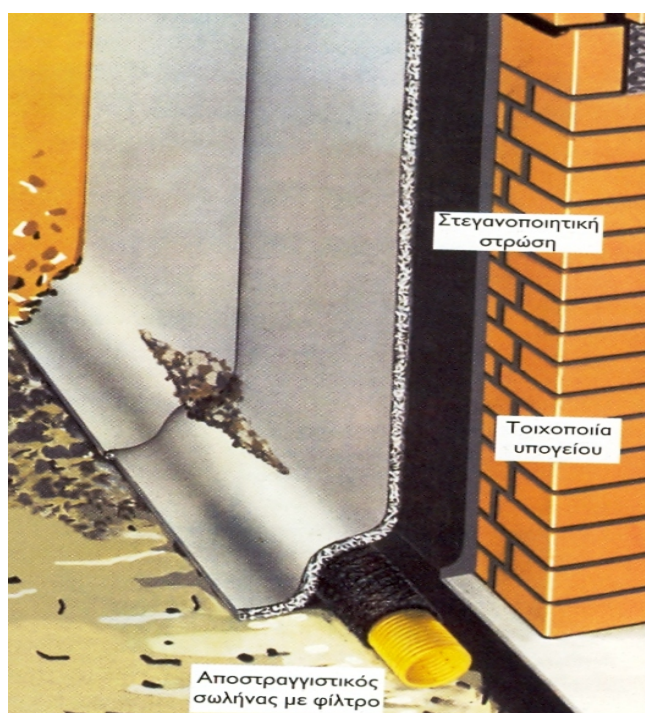
- από διηθούμενα νερά που περιστασιακά προσβάλλουν τα πλευρικά τοιχώματα.

- από υπόγεια νερά των οποίων ο υδροφόρος ορίζοντας μπορεί περιστασιακά μόνο να ανέλθει σε στάθμη ψηλότερη αυτής των θεμελίων.

Μάλιστα, ουσιαστικά αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η αποστράγγιση λειτουργεί συμπληρωματικά προς κάποια άλλη μέθοδο υγραμονωτικής προστασίας και δεν αφήνεται μόνη της να αναλάβει το ρόλο αυτό.

• Αντιθέτως, η μέθοδος αποδεικνύεται αναποτελεσματική και δεν προσφέρεται σε περιπτώσεις που η υγρασία ανέρχεται μέσω τριχοειδών αγγείων αποκλειστικά από τη βάση των θεμελίων.

• Πρέπει να αποφεύγεται σε περιπτώσεις που ο υπόγειος ορίζοντας βρίσκεται σταθερά σε υψηλότερη στάθμη από αυτή των θεμελίων και στην κατασκευή ασκούνται υδροστατικές πιέσεις, επειδή δεν μπορεί να προσφέρει καμία ουσιαστική προστασία.



Εικόνα 52 Τοποθέτηση σύνθετης στρώσης γεωφάσματος επάνω από την στεγανοποιητική στρώση, που λειτουργεί αφενός ως αποστραγγιστικό φίλτρο προς το αγωγό αποστράγγισης και αφετέρου ως προστατευτική στρώση στην υγραμόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων.



### **Προϋποθέσεις εφαρμογής**

Η διάνοιξη της τάφρου γίνεται είτε δίπλα ακριβώς από τον τοίχο του υπογείου είτε σε κάποια απόσταση περίπου 1,5 με 3,0 m από τον τοίχο.

Η τάφρος θα πρέπει να φτάνει τουλάχιστον ως το επίπεδο των θεμελίων και στις υψηλότερες θέσεις της, που διαμορφώνονται λόγω της κλίσης της, να μην ξεπερνά την άνω στάθμη των θεμελίων (κορυφή στον κώνο του πεδύλου), διότι τότε υπάρχει κίνδυνος να συγκεντρώνονται νερά σε στάθμη ανώτερη αυτής του υπογείου και να προσβάλλουν τα τοιχώματά του στη βάση τους (εικόνα 53,σελ.228).

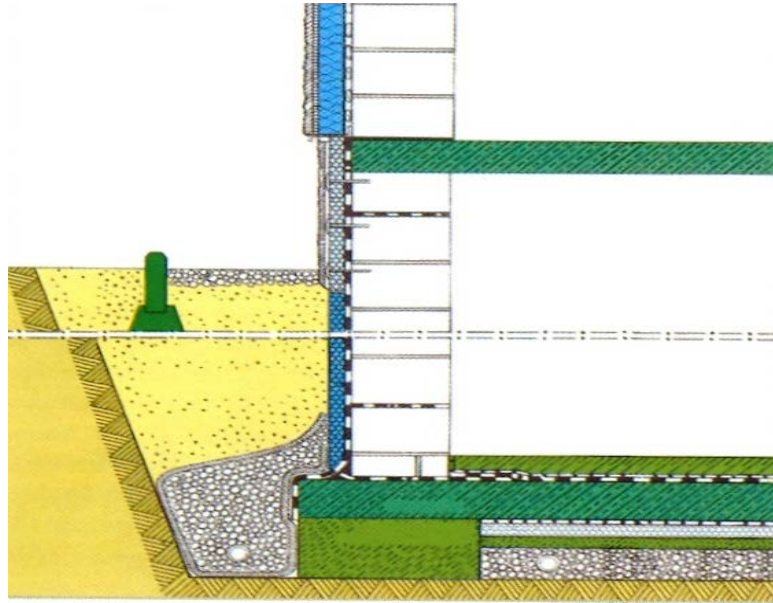
Σε περίπτωση μάλιστα που προβλέπεται και υποδαπέδια αποστράγγιση, το σύνολο του συστήματος πρέπει να βρίσκεται σε στάθμη χαμηλότερη αυτής των θεμελίων, διότι εγκυμονεί ο κίνδυνος να χρειαστεί για τις συνδέσεις των αγωγών να τρυπηθούν τα θεμέλια.

### **Επιλογή αποστραγγιστικού αγωγού**

Για την αποστράγγιση επιλέγονται αγωγοί από ιδιαίτερα πορώδη υλικά που επιτρέπουν την απορρόφηση και διέλευση του νερού μέσω της μάζας τους (π.χ. σωλήνες από πορώδες σκυρόδεμα, μη εφυσωμένοι πηλοσωλήνες κτλ.) ή από αγωγούς κατασκευασμένους με αδιαπέραστα από το νερό υλικά, διάτρητους όμως σ' όλη την επιφάνεια του περιβλήματός τους (π.χ. πλαστικοί σωλήνες με οπές ή σχισμές).

- Η εσωτερική επιφάνεια των αγωγών οφείλει να είναι λεία (όχι "άγρια") και χωρίς ανωμαλίες, ώστε να διευκολύνεται η ροή του νερού.

- Η διάμετρος του αγωγού είναι σκόπιμο να υπολογιστεί κστ' εκτίμηση των νερών που πρέπει να παραλάβει. Στις συνήθεις περιπτώσεις επαρκεί διάμετρος  $\Phi$  100mm.



**Εικόνα 5338** Το σύστημα της περιμετρικής αποστράγγισης λειτουργεί αποτελεσματικά, κυρίως όταν συμπληρώνει κάποια άλλη μέθοδο υγρομονωτικής προστασίας. Προσφέρει ακόμη καλύτερη προστασία, εάν επεκταθεί και κάτω από το δάπεδο του υπογείου. Το διαβαθμισμένο σκύρο που συμπληρώνει το κενό της τάφρου και δρα ανασταλτικά στην ανάπτυξη τριχοειδών φαινομένων, μπορεί όμως να διακόπτεται και σε χαμηλότερη στάθμη.

### Τρόπος κατασκευής

Για τη διαμόρφωση του συστήματος της περιμετρικής αποστράγγισης είναι απαραίτητη η διάνοιξη περιμετρικής τάφρου στο κτίριο. Σε υπό κατασκευή κτίριο η τάφρος συνήθως υφίσταται λόγω του σκάμματος που έχει διανοιγεί περιμετρικά του κτιρίου και δεν έχει ακόμη επιχωματωθεί (εικόνα 54,σελ.229).

- Το σύστημα αναπτύσσεται περιμετρικά στο κτίριο ή υπό μορφή πετάλου, όταν πρόκειται για έδαφος με μεγάλη κλίση, αφήνοντας ελεύθερη τη χαμηλότερη πλευρά του. Τα νερά συλλέγονται στους αγωγούς και στη συνέχεια διοχετεύονται:

- είτε στο αποχετευτικό δίκτυο (πρέπει να υπάρχει σχετική άδεια)
- είτε σε κάποιο φυσικό υποδοχέα (ποτάμι, ρυάκι, λίμνη, θάλασσα)
- είτε σε κατώτερο σημείο του εδάφους, όταν πρόκειται για έδαφος υπό κλίση.

- Πριν την κατασκευή της αποστράγγισης είναι σκόπιμη η στεγανοποιητική προστασία των τοιχωμάτων του υπόγειου χώρου.

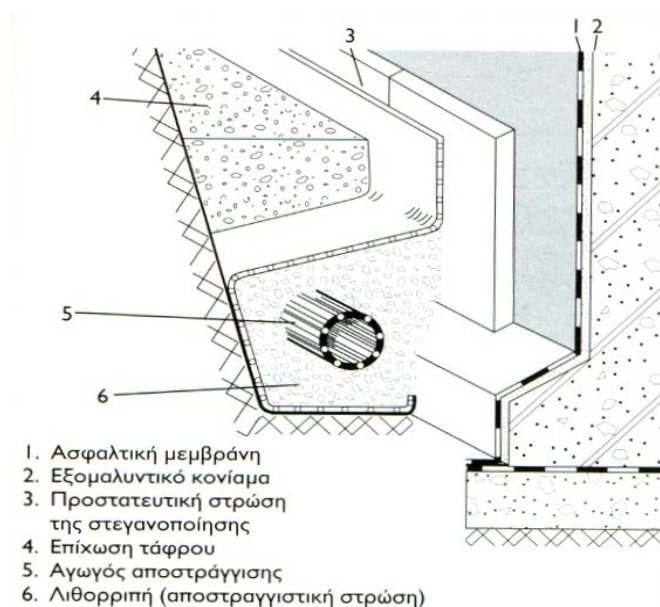
- Όταν αποπερατωθούν οι εργασίες στα τοιχώματα του υπογείου, η τάφρος πρέπει να καθαριστεί καλό από τα υπολείμματα των υλικών κατασκευής και τα άλλα ξένα σώματα που έχουν συγκεντρωθεί στη βάση της (μαδέρια, χαρτιά, πλαστικά, άδεια μεταλλικά ή χαρτονένια κουτιά συσκευασίας κτλ)

- Στον πυθμένα και στα τοιχώματα της τάφρου πρέπει να διαστρωθεί ένα υφαντό υλικό (π.χ. συνθετικό ύφασμα πολύ πυκνής πλέξης) ή μη υφαντό (π.χ. γεωύφασμα) από οργανικές ή ανόργανες ύλες, που θα διηθεί το νερό θα επιτρέπει δηλαδή τη διέλευσή του μέσω αυτού, θα παρεμποδίζει όμως την ταυτόχρονη διέλευση των κόκκων του χόματος και θα αποτρέπει τη συμπλήρωση των κενών που δημιουργούνται μεταξύ των υλικών που θα γεμίσουν την τάφρο.

- Στον πυθμένα της τάφρου και σε πάχος περίπου 20 cm διαστρώνεται ομοιογενούς σύνθεσης χαλίκι διαμέτρου Φ32 - Φ64 mm, προκειμένου να αποτραπεί στο εσωτερικό του σωλήνα η διείσδυση λεπτόκοκκων φερτών υλών που συγκεντρώνονται εκεί με την πάροδο του χρόνου.

- Ο αγωγός αποστράγγισης τοποθετείται επάνω στη στρώση χαλικιού σε όλη την έκταση της τάφρου και με κλίση 0,5% - 2,0%, ανάλογα με τα νερά που πρόκειται να αποστραγγίσει και λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις απαιτήσεις της στάθμης στο σημείο αποστράγγισης (π.χ. στάθμη αποχετευτικού δικτύου, κλίση εδάφους κτλ.).

- Η τάφρος συμπληρώνεται με χαλίκι ίδιας διαμέτρου μέχρι ύψους άλλων 40 cm τουλάχιστον, έτσι ώστε να περιβάλλει τον αγωγό εν είδει προστατευτικού στρώματος.



**Εικόνα 54** Ενδεικτική τομή μιας περιμετρικής αποστραγγιστικής τάφρου με την διάνοιξη των στρώσεων και τον αγωγό αποστράγγισης.

- Η διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας της τάφρου (είτε η στρώση διήθησης φτάνει μέχρι την επιφάνειά της είτε όχι) και του περιμετρικού της εδάφους πρέπει να διαμορφώνεται με μικρή κλίση που θα οδηγεί τα νερά της βροχής μακριά από το κτίριο και όχι προς τα τοιχώματά του.

- Η περιμετρική αποστράγγιση στη διαδρομή της γύρω από το κτίριο δεν θα πρέπει να διακόπτεται από άλλη κατασκευή. Σε όλες τις θέσεις των γωνιών, των μεγαλύτερων από 135° (1 1/2 ορθή γωνία) θα πρέπει να προβλέπεται η κατασκευή φρεατίου καθαρισμού, ώστε να ελέγχεται το όλο σύστημα και να μπορεί εύκολα να καθαριστεί, εφόσον φραχθεί ο αποστραγγιστικός αγωγός ή γενικά παρουσιαστούν άλλα προβλήματα, που θα παρακωλύουν τη λειτουργία του.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την κατασκευή υπόγειου συστήματος περιμετρικής αποστράγγισης**

- Ο αγωγός αποστράγγισης πρέπει πάντοτε να πατά επάνω σε μια στρώση διαβαθμισμένης χαλικόστρωσης πάχους περίπου 20 cm και ποτέ να μην τοποθετείται απευθείας επάνω στον πυθμένα της τάφρου. Τα διηθούμενα νερά περιμετρικά του κτιρίου παρασέρνουν μαζί τους και μικρούς κόκκους χώματος και ψήγματα άλλων λεπτόκοκκων φερτών υλικών, που με την πάροδο του χρόνου συγκεντρώνονται και κατακάθονται στον πυθμένα της τάφρου. Τα υλικά αυτά ανάλογα με το μέγεθός τους και το μέγεθος των οπών του αγωγού μπορούν είτε να φράξουν τις οπές παρεμποδίζοντας τη διείσδυση του νερού είτε να συγκεντρωθούν στο εσωτερικό του αγωγού και, ιδίως όταν αυτός έχει μικρή κλίση, να περιορίσουν την αποτελεσματικότητά του, μειώνοντας την ωφέλιμη διατομή του.

- Το σημείο αποστράγγισης και κατά συνέπεια όλο το σύστημα οφείλει να βρίσκεται σε σημαντικά υψηλότερη στάθμη από τη στάθμη του αποχετευτικού αγωγού, ώστε να μην κινδυνεύει να πλημμυρίσει με ακάθαρτα νερά, που θα επιστρέψουν στον αγωγό (αναστροφή της πορείας) σε περίπτωση υπερφόρτωσης του αποχετευτικού δικτύου (π.χ. νεροποντή).

- Η υδροπροστατευτική στρώση του τοίχου πρέπει να προφυλάσσεται από ενδεχόμενους τραυματισμούς, που μπορεί να προκαλέσουν στην επιφάνειά της τα υλικά πλήρωσης της τάφρου. Στην περίπτωση αυτή είναι σκόπιμο η στρώση να καλυφθεί:

- με πλάκες από σκληρό αφρώδη υλικά (π.χ. διογκωμένης πολυστερίνης),
  - με ένα λεπτό αποστραγγιστικό τοίχο, κατασκευασμένο εν ξηρώ,
  - με σύνθετα αποστραγγιστικά φύλλα, αποτελούμενα συνήθως από μια εξωτερική επικάλυψη
- μη υφαντού γεωυφόςμστος από πολυεστέρα και μια εσωτερική στρώση σε επαφή με τον τοίχο από συνθετικές ύλες πολυπροπυλενίου ή άλλου συνθετικού υλικού ή
- με κυματοειδή φύλλα ή αυλακωτές πλάκες από πλαστικά ή ορυκτά υλικά, που διευκολύνουν και τον αερισμό του τοίχου.

### Περιμετρική τάφρος αερισμού

Η διάνοιξη περιμετρικής τάφρου αερισμού στο κτίσμα δίνει τη δυνατότητα "αναπνοής" στα κατακόρυφα υπόγεια τοιχώματα, που έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Με τη μέθοδο αυτή δεν εξαλείφεται το πρόβλημα της υγρασίας, αλλά περιορίζεται η δράση της. Βασική επιδίωξη είναι να αυξηθεί η επιφάνεια εξάτμισης των προσβληθέντων δομικών στοιχείων, είτε μειώνοντας την επιφάνεια απορρόφησης είτε ακόμη διατηρώντας την σταθερή. Η περιμετρική τάφρος μπορεί να είναι ανοικτή, κλειστή ή στεγασμένη.

- Η ανοικτή έρχεται απευθείας σε επαφή με τον αέρα και περιορίζεται από τον περιβάλλοντα χώρο με ένα στηθαίο ή καλύπτεται με μια μεταλλική σχάρα προς αποφυγή ατυχημάτων. Ωστόσο, καθότι ανοικτή, επιτρέπει την ανεξέλεγκτη συλλογή των νερών της βροχής στο εσωτερικό της.

- Αντιθέτως, η κλειστή είναι σκεπασμένη στο μεγαλύτερο μέρος της και ανά αποστάσεις φέρει σχάρα εξαερισμού. Αναμφίβολα, η ανοικτή τάφρος υπερτερεί κατά πολύ της κλειστής, γι' αυτό και προτιμάται. Ας σημειωθεί πάντως ότι σε βαριές περιπτώσεις υγρασίας τα αποτελέσματα της κλειστής τάφρου είναι πολύ πενιχρά και η κατασκευή της κρίνεται άσκοπη.

- Η στεγασμένη τάφρος αποτελεί ενδιάμεση λύση, που συνδυάζει τα θετικά των δύο προηγούμενων τύπων. Ουσιαστικά πρόκειται για ανοικτή τάφρο, που καλύπτεται με κάποιο προστατευτικό στέγαστρο, στερεωμένο επί του τοίχου σε μικρό ύψος από αυτήν. Η τάφρος αυτή και τον αερισμό επιτρέπει και προστατεύει την κατασκευή από τα νερά της βροχής.

Η εφαρμογή της μεθόδου προσφέρεται κυρίως για υφιστάμενες κατασκευές που έχουν προσβληθεί από υγρασία. Δεν είναι παρ' όλα αυτά απαγορευτική και για μια νέα κατασκευή, αν και άλλες μέθοδοι μπορούν να έχουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα.

- Ενδείκνυται για υγρασία που προέρχεται από:

- επιφανειακά στάσιμα ή ρέοντα νερά, που έχουν πρόσκαιρη ή διαρκή παρουσία,

- διηθούμενα νερά που προσβάλλουν τα πλευρικά τοιχώματα.

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις με τη διάνοιξη της τάφρου επιτυγχάνεται διπλό όφελος: αφενός διακόπτεται η επίδραση της υγρασίας στα πλευρικά τοιχώματα και αφετέρου παρέχεται η δυνατότητα εξάτμισης της υγρασίας που έχει απορροφηθεί από τα ελεύθερα πλέον πλευρικά τοιχώματα.

- Η μέθοδος έχει περιορισμένη αποτελεσματικότητα σε υγρασία οφειλόμενη σε υπόγεια νερά με στάθμη υδροφόρου ορίζοντα χαμηλότερη αυτής των θεμελίων, και που ανέρχεται στην κατασκευή από τα θεμέλια μέσω των τριχοειδών αγγείων. Προφανώς το όφελος περιορίζεται στο γεγονός ότι αυξάνεται η επιφάνεια εξάτμισης, χωρίς όμως να μειώνεται η επιφάνεια απορρόφησης.

- Η μέθοδος δεν έχει καμία αποτελεσματικότητα στην περίπτωση υγρασίας που οφείλεται σε υπόγεια νερά υπό πίεση, επειδή η δυνατότητα τροφοδοσίας της κατασκευής με νερό είναι μεγαλύτερη της δυνατότητας εξάτμισης από τα πλευρικά τοιχώματα της τάφρου.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής**

Σε όλες τις παραλλαγές της (ανοικτή, κλειστή, στεγασμένη) η τάφρος διανοίγεται σε επαφή με το κτίσμα, εκτός αν στατικοί λόγοι δεν το επιτρέπουν, οπότε κατασκευάζεται σε μικρή απόσταση (1 ως 2 m) από τα πλευρικά τοιχώματα. Στην τελευταία όμως αυτή περίπτωση η τάφρος είναι αποτελεσματική μόνον εφόσον το πρόβλημα της υγρασίας οφείλεται σε επιφανειακά ή διηθούμενα νερά, των οποίων η ροή προς το κτίριο διακόπτεται με τη διάνοιξή της.

Σε αντίθεση με την αποστραγγιστική τάφρο, η τάφρος αερισμού μπορεί να είναι περιορισμένης έκτασης σε μία μόνο πλευρά του κτιρίου ή ακόμη και σε ένα τμήμα της, στο οποίο εκδηλώνεται το πρόβλημα και όχι κατ' ανάγκη περιμετρικά του.

### **Τρόπος κατασκευής**

- Το πλάτος της τάφρου κατασκευάζεται περίπου στο 1,00 με 1,50 m και το βάθος της φτάνει εφόσον είναι δυνατό- μέχρι τα θεμέλια.

- Στον πυθμένα δίνεται η κατάλληλη κλίση της τάξης του 0.5 -2.0%, ώστε να μπορούν να απορρέουν τα νερά της βροχής, που τυχόν συγκεντρώνονται εκεί.

Επιδιωκόμενος βέβαια στόχος είναι μέσα στην τάφρο να μη συγκεντρώνονται νερά ούτε της βροχής, ούτε από άλλη πηγή προερχόμενα.

- Εφόσον πάντως συγκεντρωθούν νερά, αυτά οδηγούνται στο αποχετευτικό δίκτυο ή στο ελεύθερο περιβάλλον. Γι' αυτό και οι τελικές ατά θ μες της τάφρου διαμορφώνονται λαμβάνοντας ως σημείο αφετηρίας το σημείο αποστράγγισης, το οποίο οφείλει να βρίσκεται σε υψηλότερη στάθμη, ώστε το σύστημα να προστατεύεται από ενδεχόμενη ανάστροφη πορεία των νερών σε περίπτωση υπερφόρτωσης του αποχετευτικού δικτύου.

- Ο πυθμένας της τάφρου πρέπει να είναι στεγανός, ώστε να μην απορροφώνται τα νερά που συγκεντρώνονται σ' αυτόν. Αντιθέτως, τα τοιχώματα οφείλουν να είναι υδρατμοπερατά και όχι στεγανά, για να επιτρέπουν την αναπνοή του τοίχου.

- Η τάφρος θα πρέπει να είναι επισκέψιμη και να μπορεί να καθαρίζεται από φρεάτια επίσκεψης και καθαρισμού που κατασκευάζονται ανά διαστήματα.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την διάνοιξη περιμετρικής τάφρου εξαερισμού**

Ένα λάθος που είναι σύνηθες στην κατασκευή της τάφρου αερισμού είναι να κατασκευάζονται στεγανά τα πλευρικά της τοιχώματα. Σ' αυτή την περίπτωση η λειτουργικότητά της ακυρώνεται στην πράξη, καθώς τα τοιχώματα παύουν να είναι υδρατμοπερατά και παρεμποδίζεται η εξάτμιση του απορροφηθέντος νερού. Τότε το νερό, αναζητώντας διέξοδο για να εκτονωθεί, ανέρχεται σε υψηλότερες θέσεις μέσα στον τοίχο και επιδεινώνει την κατάστασή του αντί να τον ανακουφίσει.

### **Διαμερές φράγμα στη βάση του τοίχου**

Με τη μέθοδο αυτή ουσιαστικά δεν αποτρέπεται η διείσδυση της υγρασίας στην κατασκευή, αλλά παρεμποδίζεται η άνοδος της από το υπόγειο στο υπέργειο τμήμα της. με την παρεμβολή ή τη διαμόρφωση ενός οριζόντιου αδιαπέραστου από το νερό φράγματος διαμερώς. δηλαδή σε όλο το μήκος και βάθος του τοίχου. Αυτό το φράγμα δημιουργείται:

- είτε με την τομή του τοίχου σ' όλο του το πλάτος και την τοποθέτηση μέσα στη δημιουργούμενη σχισμή μιας στεγανοποιητικής στρώσης από ασφαλτικά, πλαστικά ή ανοξείδωτα μεταλλικά φύλλα

- είτε με την έγχυση μέσα στον τοίχο κάποιας ρευστής στεγανής ουσίας, που έχει την τάση να διαχέεται στους πόρους των δομικών υλικών και να στερεοποιείται.

Η εργασία είναι αρκετά επίπονη και χρονοβόρα σε όλες τις παραλλαγές και, συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους, περισσότερο δαπανηρή. Είναι επίσης απαραίτητο αφενός την εκτέλεση του έργου να αναλαμβάνει έμπειρη εταιρία και αφετέρου τις οικοδομικές εργασίες να πραγματοποιεί εξειδικευμένο συνεργείο.

Η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο σε υφιστάμενες κατασκευές, που έχουν ήδη προσβληθεί από την υγρασία εδάφους και όχι σε νέες κατασκευές. Μπορεί να εφαρμοστεί είτε στο σύνολο της κατασκευής είτε αποσπασματικά σε ένα της τμήμα, που υποφέρει ιδιαίτερα από υγρασία. Είναι αποτελεσματική έναντι παντός τύπου υγρασίας, που προέρχεται από:

- επιφανειακά στάσιμα ή ρέοντα νερά, που έχουν πρόσκαιρη ή διαρκή παρουσία,
- διηθούμενα νερά που προσβάλλουν τα πλευρικά τοιχώματα,
- υπόγεια νερά με στάθμη υδροφόρου ορίζοντα χαμηλότερη αυτής των θεμελίων, που προσβάλλουν την κατασκευή από τα θεμέλια λόγω του τριχοειδούς φαινομένου,
- υπόγεια νερά υπό πίεση, που προσβάλλουν την κατασκευή τόσο πλευρικά, όσο και από τη βάση.

#### **Δημιουργία φράγματος με τη διάνοιξη σχισμής**

Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή σε τοιχοποιίες από οπτόπλινθους ή ωμόπλινθους, τσιμεντόλιθους, , ισόδομες κατασκευές από πέτρα κτλ. Ωστόσο, αν και προσφέρεται για ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται με ιδιαίτερη σύνεση, καθώς μπορεί να δημιουργήσει πολύ σοβαρά στατικά προβλήματα, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Έτσι:

- Σε κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία είναι σκόπιμο να έχει γίνει προηγουμένως η απαραίτητη στατική μελέτη, που θα επιτρέπει την εφαρμογή της.



- Σε κατασκευές με τοιχοποιία πλήρωσης δεν απαιτείται ιδιαίτερη μελέτη για την τοιχοποιία, δεν συνιστάται όμως σε καμιά περίπτωση η εφαρμογή της στο φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος, για την προστασία του οποίου -αν κριθεί απαραίτητο- θα πρέπει να επιλέγεται μία από τις υπόλοιπες μεθόδους προστασίας.

Δεν προσφέρεται επίσης για εφαρμογή σε τοιχοποιίες που διαπερνώνται από καπνοδόχους ή σωληνώσεις ή γενικά παρουσιάζουν διάκενα στη μάζα τους.

### Τρόπος εφαρμογής

Η διαμόρφωση του φράγματος γίνεται τμηματικά σε μήκος 50-1 00 cm και όχι εξαρχής σε όλη την έκταση του δομικού στοιχείου, επειδή υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσής του.

- Ο τοίχος διατρύπεται στη βάση του διαμπερώς με μηχανικά μέσα, ώστε να σχηματιστεί μία σχισμή πάχους ολίγων εκατοστών (συνήθως 2,0 ως 4,0 cm). Η σχισμή αυτή μπορεί να διανοιχθεί:

- Με οριζόντιο πριόνισμα του τοίχου με ειδικό οδοντωτό πριόνι που δεν προκαλεί διαταράξεις στην κατασκευή.

- Με δύο σειρές διαδοχικών οπών διαμέτρου 2 cm, έτσι ώστε οι οπές της δεύτερης σειράς να παρεμβάλλονται μεταξύ αυτών της πρώτης και μερικώς να τις επικαλύπτουν. Η διάνοιξη γίνεται με διαδοχικές μικρές διατρήσεις, με ειδικό μηχάνημα, ανάλογο αυτού της λήψης "καρότων" .

- Η σχισμή καθαρίζεται καλά από τα υπολείμματα υλικών και τα σαθρά τμήματα με πεπιεσμένο αέρα.

- Στη σχισμή εισάγεται ένα αδιαπέραστο από το νερό υλικό, που λειτουργεί ως φράγμα. Αυτό μπορεί να αποτελείται:

- Σε στερεή κατάσταση: από ανοξείδωτα φύλλα χάλυβα ή μολύβδου ή από ανθεκτικό πλαστικό υλικό (χλωριούχο βινύλιο, πολυαιθυλένιο), με ραβδώσεις ή αγκυρώσεις για την επίτευξη ικανοποιητικής πρόσφυσης με κάποιο στεγανό κονίαμα, που εισάγεται κατόπιν για να συμπληρώσει τα δημιουργούμενα κενά.

- Σε ρευστή κατάσταση: από μείγμα πολυεστερικής ρητίνης, μαρμαρόσκονης και πολύ λεπτής άμμου ή άλλες στεγανοποιητικές κονίες υψηλής αντοχής, που απλώνεται σε όλη την έκταση της σχισμής και κατόπιν στερεοποιείται.

Όταν στερεοποιηθεί το υλικό, διανοίγεται η επόμενη σχισμή ή η επόμενη διπλή σειρά οπών σε συνέχεια της πρώτης και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι τη στεγανοποίηση όλου του τοίχου.

Σε νεότερη παραλλαγή της η μέθοδος εφαρμόζεται με την έμπηξη στον τοίχο αιχμηρών αυλακωτών ανοξείδωτων πλακών χάλυβα με τη βοήθεια υδραυλικού μηχανήματος που ασκεί πίεση στις πλάκες.

#### **Δημιουργία φράγματος με την έγχυση στεγανής ουσίας στη μάζα του τοίχου**

Η μέθοδος είναι πιο απλή και εύκολη στην εφαρμογή της και προτιμάται από την πρώτη εκδοχή της διάνοιξης σχισμής. Αρνητικό σημείο αποτελεί η αμφίβολη αποτελεσματικότητά της. Αυτή εξαρτάται από τη δυνατότητα εισχώρησης του στεγανοποιητικού υλικού μέσα στον τοίχο και εμποτισμού του, κατά τρόπο που να σχηματίζει μια αδιαπέραστη ζώνη σε όλο του το πάχος και που δεν θα διακόπτεται η συνέχειά της από τυχόν κενά σημεία, τα οποία θα μπορούν να λειτουργούν ως δίοδοι ανόδου της υγρασίας.

#### **Προϋποθέσεις κατασκευής**

Η μέθοδος και στη δεύτερη εκδοχή της βρίσκει ομοίως εφαρμογή σε τοιχοποιίες από οπτόπλινθους ή ωμόπλινθους, τσιμεντόλιθους, ισόδομες κατασκευές από πέτρα κτλ Η διάνοιξη των οπών δεν προκαλεί άμεσα προβλήματα, τουλάχιστον στο βαθμό που προκαλεί η διάνοιξη της σχισμής. Ωστόσο, και στην περίπτωση αυτή η διάνοιξη των οπών σε φέρουσα τοιχοποιία οφείλει να γίνεται προσεκτικά και εφόσον έχει προηγουμένως διασφαλιστεί ότι δεν θα επηρεαστεί η στατική επάρκεια της κατασκευής.

- Σε τοιχοποιίες πλήρωσης η εφαρμογή της δεν θέτει ιδιαίτερες απαιτήσεις.
- Σε φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος δεν συνιστάται η εφαρμογή της.

Η μέθοδος δεν προσφέρεται για εφαρμογή σε τοιχοποιίες που παρουσιάζουν ρωγμές και κενά στη μάζα τους. Ομοίως, δεν προσφέρεται γι' αυτές που δεν είναι προσβάσιμες από τη μία τους πλευρά.

### Τρόπος κατασκευής

Η διαμόρφωση του φράγματος μπορεί να γίνει σε όλη την έκταση του δομικού στοιχείου. Ωστόσο, πρακτικοί λόγοι συνήθως επιβάλλουν την τμηματική εφαρμογή της.

- Στη βάση σχεδόν του τοίχου διανοίγονται μικρές οπές διαμέτρου 2 cm, οριζόντια ή υπό μικρή κλίση περίπου 20° και σε απόσταση 10 cm η μία από την άλλη.

- Αν το πάχος του τοίχου δεν είναι μεγάλο, οι οπές διανοίγονται από τη μία μόνο όψη του τοίχου σε βάθος περίπου ίσο με το ήμισυ ως τα δύο τρίτα του πάχους του.

- Αν το πάχος του τοίχου είναι μεγάλο, οι οπές διανοίγονται και από τις δύο όψεις σε βάθος περίπου ίσο με το ένα τρίτο του πάχους του (από την κάθε όψη). Οι οπές από τις δύο όψεις δεν πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο, αλλά κατά τρόπο τέτοιο, που κάθε οπή της μιας όψης να βρίσκεται περίπου στο μεσοδιάστημα δύο οπών της άλλης όψης.

- Οι οπές καθαρίζονται καλά με πεπιεσμένο αέρα από τα υπολείμματα υλικών και τα σαθρά τμήματα.

- Στο στόμιο της κάθε οπής στερεώνεται μικρός κρουνός ή χοάνη για την έγχυση του υλικού.

- Το στεγανοποιητικό υλικό είναι συνήθως αραιό διάλυμα αποτελούμενο από εποξεικές ρητίνες, από σιλικόνες και παράγωγά τους ή από αλκαλικά διαλύματα πυριτικών αλάτων. Προϋπόθεση είναι να παρουσιάζουν μικρό ιξώδες, ώστε να διευκολύνεται η κίνησή τους και μικρό μέγεθος μορίων, ώστε να εισχωρούν εύκολα μέσα Οίους πόρους των υλικών.

- Η εισαγωγή του υλικού γίνεται είτε με την άσκηση πίεσης 3 ως 4 ατμοσφαιρών είτε με την επίδραση της βαρύτητας.

- Στην πρώτη περίπτωση εφαρμόζεται στον κρουνό κάθε οπής μία αντλία που τον τροφοδοτεί υπό πίεση με το υλικό. Οι οπές στην περίπτωση αυτή πρέπει να είναι υπό κλίση.

- Στη δεύτερη περίπτωση συνδέεται ο κάθε κρουνός με ένα δοχείο γεμάτο με το στεγανοποιητικό υλικό ή πληρώνεται η χοάνη μ' αυτό και αφήνεται να προωθηθεί υπό την πίεση της βαρύτητας μέσα στην οπή. Οι οπές στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι είτε οριζόντιες είτε υπό κλίση.

Και στις δύο περιπτώσεις το υγρό πληροί την οπή και κατόπιν εμποτίζει τον τοίχο, καλύπτοντας τους πόρους του σε μια μικρή περιοχή γύρω απ' αυτήν.

- Αν χρειαστεί, η κάθε οπή μπορεί να πληρωθεί περισσότερες φορές από μία ή δύο, έως ότου κορεστεί.

- Μετά την εισαγωγή του στην οπή αρχίζει η στερεοποίηση του υλικού και η δημιουργία ενός οριζόντιου αδιαπέραστου φράγματος από την υγρασία.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά τη δημιουργία φράγματος με τη διάνοιξη σχισμής**

- Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται, προκειμένου να μην αφήνονται κενά μεταξύ των διαδοχικών σχισμών ή των οπών των επάλληλων σειρών, επειδή τότε δημιουργούνται γέφυρες ανόδου της υγρασίας, που ακυρώνουν την ίδια την εργασία.

- Ένα λάθος που συνήθως γίνεται, είναι να επικαλύπτονται μετά το πέρας της εργασίας, προφανώς για αισθητικούς λόγους, τα σημεία της τομής στην τοιχοποιία με επίχρισμα. Δημιουργούνται όμως τότε γεφυρώσεις που οδηγούν και πάλι την υγρασία στην ανωδομή, μέσω του κονιάματος του επιχρίσματος. Γι' αυτά θα πρέπει:

- το φράγμα να εκτείνεται και στη θέση του επιχρίσματος, εφόσον κατασκευάζεται με την εισαγωγή στερεών φύλλων και να φτάνει μέχρι την επιφάνεια του τοίχου ή

- το επίχρισμα να κατασκευάζεται από τα ίδια στεγανοποιητικά υλικά εφόσον γίνεται χρήση στεγανοποιητικού ρητινούχου μείγματος.

### **Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά τη δημιουργία φράγματος με την έγχυση στεγανής ουσίας στη μάζα του τοίχου**

- Υπάρχει κίνδυνος να μην εξαπλωθεί η στεγανοποιητική ουσία σε όλο το πάχος του τοίχου και να αφήσει διόδους διέλευσης της υγρασίας. Γι' αυτό και η εφαρμογή της μεθόδου δεν προσφέρεται ιδιαίτερα για πολύ παχείς τοίχους. Ως ένα βαθμό, αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με τη διάνοιξη δύο σειρών οπών, εκ των οποίων η δεύτερη θα διανοιχθεί λίγα εκατοστά υψηλότερα και σε θέσεις ενδιάμεσες των οπών της πρώτης .

- Πρέπει επίσης να ελεγχθεί -στο βαθμό του δυνατού- η ύπαρξη κενών μέσα στη μάζα της τοιχοποιίας ή ρωγμών που φτάνουν στην επιφάνειά της.

- Η ύπαρξη κενού μπορεί να οδηγήσει στην κατανάλωση μεγάλης ποσότητας υλικού. καθώς με την έγχυσή του στην οπή, αντί να φράζει τους πόρους, θα οδεύει προς αυτό.

- Η παρουσία ρωγμής μπορεί να οδηγήσει στη διαφυγή του υλικού προς τα έξω, ενώ η άσκηση πίεσης  $\sigma'$  αυτήν να διευρύνει το άνοιγμά της.

Στις περιπτώσεις αυτές καλό είναι πριν την εφαρμογή της μεθόδου να προηγηθεί η συμπλήρωση των κενών και η σφράγιση των ρωγμών με τσιμεντενέσεις ή άλλες ουσίες.

### **Διαμόρφωση εσωτερικού αντίτοιχου**

Πρόκειται για ένα δεύτερο κέλυφος, που υψώνεται παράλληλα προς την εσωτερική πλευρά του υγρού τοίχου και σε μικρή απόσταση, περίπου 5-10 cm, από αυτόν. Ο αντίτοιχος δεν ανακόπτει τη διείσδυση της υγρασίας στην κατασκευή, αλλά παρεμποδίζει τη μετάδοσή της στο χώρο υπό μορφή υδρατμών. Ο κορεσμένος με υδρατμούς αέρας είτε παραμένει στο διάκενο, ανάμεσα στα δύο κελύφη της τοιχοποιίας είτε απομακρύνεται με τη διάνοιξη οπών στην κορυφή και στη βάση του εξωτερικού τοίχου και είτε με τη φυσική του κίνηση είτε με εξαναγκασμένη απάγεται προς τα έξω.

Η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο σε υφιστάμενες κατασκευές που έχουν προσβληθεί από την υγρασία και όχι σε νέες κατασκευές. Ενδείκνυται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων υγρασίας εδάφους, που μπορεί να οφείλεται σε οποιοδήποτε αίτιο, καθώς δεν επεμβαίνει στην υφιστάμενη κατασκευή. Εφαρμόζεται:

- μόνον από την εσωτερική όψη των εξωτερικών περιμετρικών στοιχείων και
- από τις δύο όψεις των εσωτερικών διαχωριστικών.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής**

Πριν την κατασκευή του αντίτοιχου, ο τοίχος που έχει προσβληθεί πρέπει να καθαριστεί από τα σαθρά του τμήματα, ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η πιθανότητα πτώσης τμημάτων στο διάκενο ανάμεσα στα δύο κελύφη που θα μπορούσαν να αποτελέσουν γέφυρες υγρασίας.

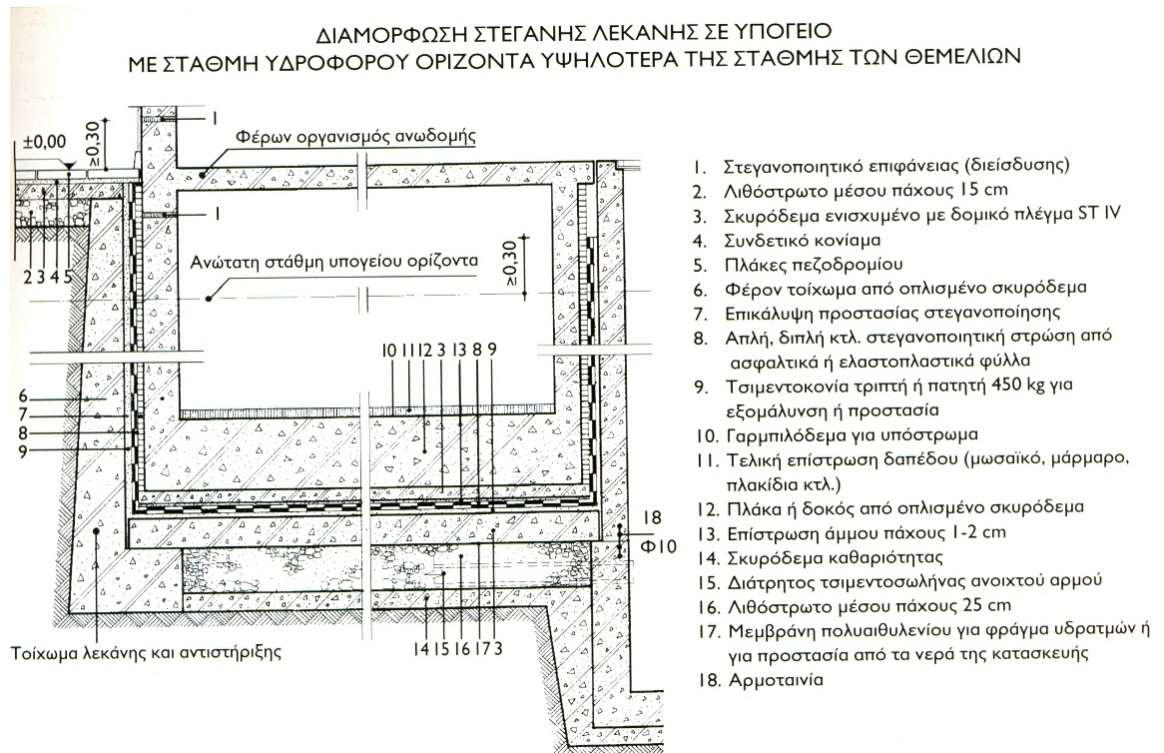
Ανάλογα με την έκταση του προβλήματος, ο αντίτοιχος μπορεί να αναπτυχθεί σε όλο το ύψος του τοίχου ή μέχρι μια συγκεκριμένη στάθμη, που όμως οφείλει να είναι υψηλότερη από τη στάθμη ανόδου της υγρασίας στον τοίχο. Ο αντίτοιχος θα πρέπει να πατά επάνω σε στεγανή βάση και τα σημεία των συνδέσεων, για τη στήριξή του στον εξωτερικό υγρό τοίχο να είναι καλά στεγανοποιημένα, ώστε να μη δημιουργούν γέφυρες υγρασίας.

Τα υλικά κατασκευής του αντίτοιχου οφείλουν να είναι ανθυγρά ή τουλάχιστον να προστατεύονται από την υγρασία. Ειδικότερα μπορεί να κατασκευαστεί από:

- Ορθοδρομική οπτοπλινθοδομή με χρήση ανθυγραντικών συνδετικών κονιαμάτων.
- Μεγάλες πέτρινες ή μαρμάρινες πλάκες, οι οποίες να έχουν επικαλυφθεί με αδιάβροχο βερνίκι από την πλευρά που βλέπει προς τον υφιστάμενο υγρό τοίχο.
- Ελαφρά πετάσματα με υλικά που δεν προσβάλλονται από την υγρασία, όπως προκατασκευασμένες πλάκες σκυροδέματος, τσιμεντοσανίδες ή άλλες λεπτές πλάκες σύγχρονων υλικών (π.χ. πολυκαρβονικών).

### Τρόπος κατασκευής

Καθώς η δυνατότητα επιλογής των υλικών είναι ιδιαίτερα ευρεία, ανάλογα ευρεία εμφανίζεται και η τεχνική κατασκευής του αντίτοιχου. Στην παράγραφο αυτή επιλέχθηκε να αναπτυχθεί μία από τις τεχνικές για ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα υλικά σε ανάλογες κατασκευές, την τσιμεντοσανίδα.



**Εικόνα 55 Διαμόρφωση στεγανής λεκάνης σε υπόγειο με στάθμη υδροφόρου οριζόντια υψηλότερα της στάθμης των θεμελίων.**

### **Η κατασκευή του αντίτοιχου**

- Οι τσιμεντοσανίδες αναπτύσσονται σε μία συνεχή στρώση και στερεώνονται επάνω σε μεταλλικό κάναβο από ανοξείδωτο χάλυβα ή από αλουμίνιο. Ο κάναβος αποτελείται από ορθοστάτες και στρωτήρες, που στερεώνονται με ανοξείδωτες βίδες επάνω στον προσβεβλημένο τοίχο.

- Αν το υπόστρωμα είναι σαθρό, θα πρέπει προηγουμένως να ενισχυθεί στα σημεία των ηλώσεων με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα (αναλογία τσιμέντου 450 kg/m<sup>3</sup>). Το υπόλοιπο τμήμα του τοίχου οφείλει απαραίτητα να παραμείνει ελεύθερο και πιθανόν με καθαρισμένο το σαθρό επίχρισμά του, ώστε ο τοίχος να μπορεί να "αναπνέει".

- Ο αντίτοιχος θα πρέπει να πατά επάνω σε στεγανή βάση. Γι' αυτό και αν δεν προβλέπεται άλλος τρόπος προστασίας, θα πρέπει μεταξύ δαπέδου και στρωτήρων να παρεμβληθεί ελαστικό παρέμβυσμα ή ελαστική ταινία.

- Επάνω στο μεταλλικό κάναβο βιδώνονται με πλαστικά ή ανοξείδωτα μεταλλικά βύσματα οι τσιμεντοσανίδες, που έχουν προηγουμένως φαλτσαριστεί στην άκρη.

- Οι ενδιάμεσοι αρμοί καλύπτονται με ειδική αντιαλκαλική υαλοταινία που αναπτύσσεται στα φαλτσαρισμένα άκρα. Κατόπιν καλύπτονται και στοκάρονται με υλικό αρμολόγησης ανθεκτικό στην υγρασία.

- Για την αποφυγή γεφυρών υγρασίας, θα πρέπει επίσης κατά την κατασκευή του αντίτοιχου να ληφθεί μέριμνα, ώστε στο ενδιάμεσο κενό μεταξύ των δύο τοίχων να μην πέσουν κομμάτια κονιάματος ή άλλα τρίμματα και σκουπίδια.

### **Ο αερισμός του διακένου**

Ο κορεσμένος με υδρατμούς αέρας είτε παραμένει στο διάκενο, ανάμεσα στα δύο κελύφη της τοιχοποιίας (δηλαδή ανάμεσα στην παλιά προσβεβλημένη τοιχοποιία και στον αντίστοιχο) είτε -το καλύτερο- απάγεται προς τα έξω.

Η απαγωγή του υγρού αέρα συντείνει ακόμη περισσότερο στην προστασία από την υγρασία, καθώς καθαρίζει τον κορεσμένο από υδρατμούς χώρο του διακένου.

- Η ανανέωση του αέρα επιτυγχάνεται με τη διάνοιξη οπών κοντά στη στέψη (κορυφή) και στη βάση του εξωτερικού τοίχου, η διάταξη των οποίων ευνοεί την ανάπτυξη ενός ρεύματος αέρα. Η εργασία αυτή οφείλει προφανώς να γίνει πριν την ανάπτυξη του καννάβου επί της τοιχοποιίας και την τοποθέτηση των τσιμεντοσανίδων.

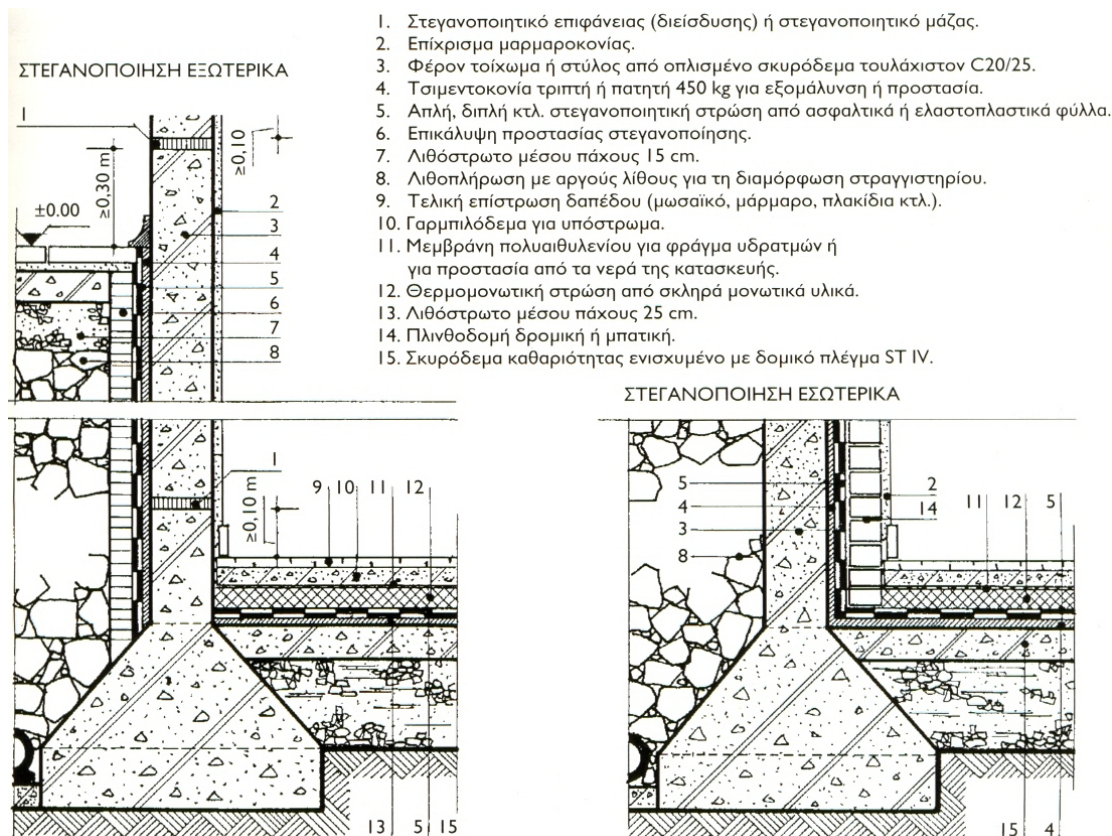
- Η κίνηση του αέρα γίνεται με φυσικό ή μηχανικό τρόπο.
- Στην πρώτη περίπτωση (φυσικός τρόπος) ο αέρας κινείται λόγω της θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης που αναπτύσσεται στο διάκενο.
- Στη δεύτερη περίπτωση (μηχανικός τρόπος) η κίνηση του αέρα είναι εξαναγκασμένη και προκαλείται με την ανάπτυξη κατάλληλα σχεδιασμένου συστήματος αεραγωγών.

### **Κούφιο προστατευτικό δάπεδο**

Στην επιφάνεια του δαπέδου που έχει ήδη προσβληθεί από την υγρασία αναπτύσσεται ένα δεύτερο δάπεδο σε μικρή απόσταση λίγων εκατοστών απ' αυτό. Το νέο δάπεδο στηρίζεται επάνω σε ένα πλέγμα μικρών πυκνών και χαμηλών ορθοστατών, που πατούν σε στεγανές βάσεις και επιτρέπουν στα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ τους την ελεύθερη κίνηση του αέρα.

Όπως συμβαίνει με την κατασκευή του αντίτοιχου, έτσι και με το κούφιο δάπεδο δεν ανακόπτεται η διείσδυση της υγρασίας στην κατασκευή, αλλά παρεμποδίζεται η μετάδοσή της στον εσωτερικό χώρο. Προφανώς η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο σε υφιστάμενες κατασκευές που έχουν προσβληθεί από την υγρασία και όχι σε νέες. Ενδείκνυται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων υγρασίας εδάφους, που οφείλονται σε οποιοδήποτε αίτιο, καθώς δεν επεμβαίνει στην υφιστάμενη κατασκευή.





Εικόνα 56 Στεγανοποίηση υπογείου από την εξωτερική και την εσωτερική πλευρά.

### Σημείο ιδιαίτερης προσοχής κατά τη διαμόρφωση εσωτερικού αντίτοιχου

- Η διάταξη των οπών αερισμού πρέπει να είναι τέτοια, που να οδηγεί τον υγρό αέρα προς τα έξω και όχι προς τον εσωτερικό χώρο. Γι' αυτό και οι οπές διανοίγονται στο εξωτερικό κέλυφος και όχι στο εσωτερικό του αντίτοιχου,

- Για την αποφυγή διείσδυσης νερών της βροχής μέσω των οπών από τον εξωτερικό χώρο στο χώρο του διάκενου, αυτές οφείλουν να έχουν κλίση (περίπου 100) από την εσωτερική προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου.

- Τέλος, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας των οπών από τη διείσδυση εντόμων, πτηνών, κτλ. στο εσωτερικό του διάκενου, με την τοποθέτηση πυκνού πλέγματος, που εφαρμόζεται στο χείλος των οπών και στερεώνεται επάνω σ' αυτό.

### 3.3.2 Θερμική και υγρασιακή προστασία δωματίων

#### Η φυσική λειτουργία των δωματίων

Τα δώματα, λόγω του ρόλου και της θέσης τους στο κτίριο, δέχονται την άμεση επίδραση των εξωτερικών και εσωτερικών παραγόντων και μάλιστα σε δυσμενέστερο βαθμό από πολλά άλλα δομικά στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος. Έντονη είναι κυρίως η καταπόνηση που ασκούν επάνω τους τα καιρικά φαινόμενα, καθώς η οριζοντιότητά τους -σε αντίθεση με τις κλίσεις των στεγών- επιτρέπει την επί μακρόν παραμονή στην επιφάνειά τους των διαφόρων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχής, χιονιού, χαλαζιού).

Κακές κλίσεις ή φραγή των υδρορροών είναι συχνά οι αιτίες συγκέντρωσης και παραμονής των νερών της βροχής στην επιφάνεια των δωματίων υπό μορφή λιμνάζοντων νερών. Αν η στεγανοποιητική ικανότητα του δώματος δεν είναι καλή ή με την πάροδο του χρόνου έχει φθαρεί, τα νερά μπορεί να διεισδύσουν στη μάζα των υλικών και να προκαλέσουν διογκώσεις, εξανθήματα στην εσωτερική τους επιφάνεια, χημικές διαβρώσεις και οξειδώσεις.

Σοβαρός είναι ο κίνδυνος που μπορεί να προκύψει από τον παγετό κατά τη χειμερινή περίοδο. Όταν το νερό που έχει απορροφηθεί από τα υλικά βρεθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 0°C, μετατρέπεται σε πάγο και αυξάνει τον όγκο του περίπου κατά 10%, προκαλώντας τη διάρρηξη του συνδετικού τους ιστού και κατά συνέπεια τη θραύση και το θρυμματισμό τους.

Μεγάλη καταπόνηση δέχονται και από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις τόσο κατά τη διάρκεια του έτους, όσο και κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Ιδίως το καλοκαίρι, η έντονη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να προκαλέσει επιφανειακές θερμοκρασίες που φθάνουν τους 80°C, ενώ τη νύχτα πέφτουν στους 20 με 25°C. Αντιθέτως, το χειμώνα η θερμοκρασία μπορεί να φθάσει στους -10°C και σε ακραίες καταστάσεις σε ακόμη χαμηλότερες τιμές, προκαλώντας έτσι στη διάρκεια του έτους ένα θερμοκρασιακό εύρος που αγγίζει τους 90 με 100°C. Οι διακυμάνσεις αυτές προκαλούν μεγάλες συστολοδιαστολές, που καθώς δεν είναι ίδιες για όλα τα υλικά, συμβάλλουν στην ανάπτυξη έντονων τάσεων στα σημεία επαφής των διαδοχικών στρώσεων. Πολλά από τα υλικά δεν έχουν την ικανότητα να παραλάβουν αυτές τις τάσεις, με αποτέλεσμα να ρηγματώνονται ή να θραύονται και να διακόπτουν έτσι τη συνέχεια του συνδετικού τους ιστού.

Από τις προκαλούμενες ρηγματώσεις εύκολα διεισδύει στη συνέχεια το νερό της βροχής, που μπορεί να προκαλέσει πλήθος φθορών.

### Απαιτήσεις από τη λειτουργικότητα ενός δώματος

Με βάση τα παραπάνω, το δώμα ως βασικό στοιχείο του εξωτερικού περιβλήματος αποτελεί καθοριστικό ρυθμιστικό παράγοντα του εσωκλίματος του κτιρίου. Για το λόγο αυτό οφείλει:

- Να προσφέρει θερμική προστασία στον εσωτερικό χώρο, τόσο έναντι των απωλειών θερμότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όσο και έναντι της υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια του θέρους.
- Να αντέχει σε ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες και να μην κινδυνεύει από τον παγετό.
- Να απομακρύνει με την κατάλληλη διαμόρφωση των κλίσεων του τα νερά της βροχής και να μην επιτρέπει τη διείσδυσή τους μέσω των δομικών του στοιχείων στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Να αποσβένει κατά το δυνατόν τους εξωτερικούς θορύβους κυρίως τους αερόφερτους και να προσφέρει καλή ηχητική προστασία.
- Να μην κινδυνεύει να προσβληθεί από τις διάφορες οργανικές ή ανόργανες χημικές ουσίες (π.χ. διοξείδια του άνθρακα και του θείου), που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα και που στην πλειοψηφία τους αποτελούν προϊόντα ρύπων, ιδιαίτερα των μεγάλων αστικών και βιομηχανικών κέντρων.
- Να παρουσιάζει καλή εσωτερική και εξωτερική εμφάνιση, που θα εναρμονίζεται αισθητικά με το σύνολο της κατασκευής.

Τα δώματα, όπως άλλωστε και οι στέγες, σε σύγκριση με άλλα μέρη της κατασκευής, απαιτούν αυξημένη προστασία. Και αυτό επειδή ως επιστεγάσεις είναι περισσότερο εκτεθειμένα και δέχονται εντονότερα τις επιδράσεις των καιρικών φαινομένων (ηλιακής ακτινοβολίας, ημερήσιων ή ετήσιων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων, ανέμου, βροχής, χιονιού κτλ.). Κακοτεχνίες ή παραλείψεις στον τομέα αυτό έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση φθορών στα δομικά τους στοιχεία με σοβαρές επιπτώσεις στην προστατευτική τους ικανότητα.

Βασικές προϋποθέσεις για την καλή κατασκευή ενός δώματος αποτελούν η επιλογή των κατάλληλων υλικών και η ορθή τοποθέτηση της σειράς των στρώσεων με παράλληλη τήρηση των απαραίτητων κανόνων της δομικής φυσικής.

Δυστυχώς, πολλοί κατασκευαστές, θεωρώντας το δώμα ως την "εύκολη λύση" στην επιστέγαση του κτιρίου, παραβλέπουν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις που προβάλλει η κατασκευή. με αποτέλεσμα συχνά να εμφανίζονται βλάβες στα κτίρια λόγω αστοχιών, κακοτεχνιών ή πλημμελών οικοδομικών εργασιών.

### **Η επίδραση των κλιματικών συνθηκών**

Τα δώματα δέχονται την άμεση επίδραση των εξωτερικών και εσωτερικών παραγόντων και μάλιστα σε δυσμενέστερο βαθμό από άλλα δομικά στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος. Έντονη είναι η καταπόνηση που ασκούν επάνω τους τα καιρικά φαινόμενα, καθώς η οριζοντιότητά τους -σε αντίθεση με τις έντονες κλίσεις των στεγών- επιτρέπει την επί μακράν παραμονή στην επιφάνειά τους των διάφορων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχής, χιονιού, χαλαζιού).

Κακές κλίσεις ή αποφράξεις των υδρορροών είναι συχνά οι αιτίες συγκέντρωσης και παραμονής των νερών της βροχής στην επιφάνεια των δωματών υπό μορφή λιμνάζοντων νερών. Αν η στεγανοποιητική ικανότητα του δώματος δεν είναι καλή ή με την πάροδο του χρόνου έχει φθαρεί, τα νερά μπορεί να διεισδύσουν στη μάζα των υλικών και να προκαλέσουν διογκώσεις, εξανθήματα στην εσωτερική τους επιφάνεια, χημικές διαβρώσεις και οξειδώσεις.

Σοβαρός είναι ο κίνδυνος που μπορεί να προκύψει από τον παγετό. Προς την κατεύθυνση αυτή συμβάλλει επίσης και η πνοή ψυχρών ανέμων. Όταν το νερό που έχει απορροφηθεί από τα υλικά βρεθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 0°C, γίνεται πάγος και αυξάνει τον όγκο του κατά 10%, προκαλώντας τη διάρρηξη του συνδετικού τους ιστού και κατά συνέπεια τη θραύση και το θρυμματισμό τους.

Ο δυνατός αέρας μπορεί επίσης να καταστρέψει και να αποξηλώσει τις στρώσεις που δεν έχουν καλή συνοχή με το σύνολο της κατασκευής ή δεν έχει ληφθεί μέριμνα για την καλή στερέωσή τους. Για παράδειγμα, η θερμομονωτική στρώση σ' ένα αντεστραμμένου τύπου δώμα, όταν δεν καλύπτεται με την απαιτούμενου βάρους τελική επικαλυπτική στρώση, ή όταν, λόγω φραγής των υδρορροών, τα λιμνάζοντα νερά ασκούν δυνάμεις άνωσης στις θερμομονωτικές πλάκες και τις ανασηκώνουν από το υπόστρωμα της κατασκευής.

Μεγάλη καταπόνηση δέχονται επίσης τα δώματα από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Ιδίως το καλοκαίρι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει επιφανειακές θερμοκρασίες που φθάνουν τους 80°C, ενώ τη νύχτα πέφτουν στους 20 με 25°C.

Αντιθέτως, το χειμώνα η θερμοκρασία μπορεί να φθάσει στους  $-10^{\circ}\text{C}$  και σε ακόμη χαμηλότερες τιμές, προκαλώντας έτσι ένα θερμοκρασιακό εύρος που αγγίζει τους  $90$  με  $100^{\circ}\text{C}$ . Οι διακυμάνσεις αυτές προκαλούν μεγάλες συστολοδιαστολές, που καθώς δεν είναι ίδιες για όλα τα υλικά, συμβάλλουν στην ανάπτυξη έντονων τάσεων στα σημεία επαφής των διαδοχικών στρώσεων. Πολλά από τα υλικά δεν έχουν την ικανότητα να παραλάβουν αυτές τις τάσεις, με αποτέλεσμα να ρηγματώνονται ή να θραύονται και να διακόπτουν έτσι τη συνέχεια του συνδετικού τους ιστού. Από τις προκαλούμενες ρηγματώσεις εύκολα διεισδύει στη συνέχεια το νερό της βροχής, που μπορεί να προκαλέσει πλήθος φθορών. Η παραμονή του νερού στη μάζα των υλικών μπορεί επίσης να δημιουργήσει πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη της φυτοφυίας από την τυχαία παρουσία απόρων φυτών -κυρίως μυκήτων και λειχηνών- που βρίσκουν το κατάλληλο υγρό περιβάλλον για να αναπτυχθούν. Η εγκλωβισμένη υγρασία στους πόρους των υλικών μειώνει επίσης ή εξαλείφει τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών. Τα προσβεβλημένα από υγρασία υλικά αυξάνουν τη θερμική τους αγωγιμότητα μέχρι και 24 φορές, με αποτέλεσμα και ο ροές θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον να αυξάνονται ισοδύναμα.

### Τύποι δωματίων

Ανάλογα με τα υλικά κατασκευής τους τα δώματα μπορούν να διακριθούν:

- σε βαριές κατασκευές και
- σε ελαφρές κατασκευές.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν κυρίως οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελούν την πλειοψηφία των δωματίων, ενώ στη δεύτερη ανήκουν οι κατασκευές από ξύλινα ή μεταλλικά στοιχεία και συναντώνται -τουλάχιστον στη χώρα μας- σε πολύ περιορισμένη έκταση, κυρίως ως επιστεγάσεις ειδικών κτιρίων, όπως λυόμενων κατασκευών, βιομηχανικών αιθουσών, αποθηκών κτλ.

Ανάλογα με την τεχνική της κατασκευής τους διακρίνονται:

- σε μονοκέλυφα, μη αεριζόμενα ή θερμά δώματα,
- σε δικέλυφα, αεριζόμενα ή ψυχρά δώματα.

Στα μονοκέλυφα δώματα το σύνολο των στρώσεων διαμορφώνει ένα ενιαίο και αδιαίρετο κέλυφος (φλοιό), που λειτουργεί ταυτόχρονα με όλες τις στρώσεις μαζί.

Οι ροές θερμότητας, είτε προέρχονται από το εσωτερικό του κτιρίου (θερμικές απώλειες) είτε από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (θερμικές πρόσοδοι), επηρεάζουν το σύνολο της διατομής και διαμορφώνουν μια κατάσταση θερμικής ροής από τη μία προς την άλλη πλευρά. Αντιθέτως, τα δικέλυφα δώματα διαμορφώνουν δύο χωριστά κελύφη, ανεξάρτητα μεταξύ τους, στην ενδιάμεση στρώση των οποίων κυκλοφορεί ελεύθερα ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το εξωτερικό κέλυφος δέχεται την επίδραση των εξωτερικών κλιματικών παραγόντων, ενώ το εσωτερικό την επίδραση του εσωκλίματος του κτιρίου. Στην ενδιάμεση στρώση αέρα εκτονώνονται όλες οι επιδράσεις στα δύο κελύφη, ώστε αυτές του ενός να μη μεταφέρονται στο άλλο. Με τη σειρά τους τα μονοκέλυφα δώματα μπορούν να χωριστούν:

- σε συμβατικά και
- σε αντεστραμμένα.

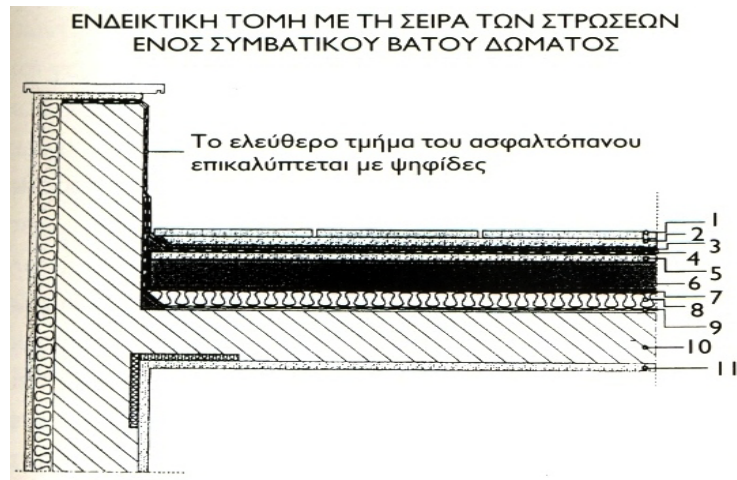
Ως συμβατικά χαρακτηρίζονται τα δώματα, των οποίων οι επάλληλες στρώσεις που τα συγκροτούν, διαμορφώνουν μια ενιαία κατασκευή και έχουν τη στεγανοποιητική στρώση σε υπερκείμενη θέση της θερμομονωτικής, έτσι ώστε η πρώτη να προστατεύει τη δεύτερη από την επίδραση των νερών της βροχής.

Ως αντεστραμμένα χαρακτηρίζονται τα δώματα, των οποίων οι επάλληλες στρώσεις διαμορφώνουν ομοίως ενιαία κατασκευή, προσφέρουν όμως ελευθερία κινήσεων στη θερμομονωτική στρώση και στην τελική επικάλυψη, που επιτρέπει την εκτόνωση των τάσεων λόγω συστολοδιαστολών. Σε αντίθεση με τα συμβατικά, τα αντεστραμμένα δώματα έχουν τη θερμομονωτική στρώση σε ανώτερη θέση από τη στεγανοποιητική, προκειμένου η πρώτη να προστατεύει τη δεύτερη από τις έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τις μηχανικές καταπονήσεις. Για το λόγο αυτό το επιλεγόμενο θερμομονωτικό υλικό, καθότι δεν προστατεύεται από τα νερά της βροχής, δεν πρέπει να επηρεάζεται από την υγρασία.

Τέλος, τα δώματα, ανάλογα με τη χρήση τους μπορούν να διακριθούν:

- σε βατά και (εικόνα 57,σελ.249& εικόνα 59,σελ.252)
- σε επισκέψιμα. (εικόνα 58,σελ.250 & εικόνα 60,σελ.254)

Ως βατό μπορούν να χαρακτηρισθούν εκείνα, στα οποία η κατασκευή τους επιτρέπει την επί μακρόν παραμονή των χρηστών επάνω σ' αυτά με την παράλληλη ανάπτυξη δραστηριοτήτων.



**Εικόνα 57**

- 1) Τελική επίστρωση,
- 2) Συνδετικό κονίαμα,
- 3) Γεωύφασμα,
- 4) Ασφαλτόπανα σε δυο στρώσεις,
- 5) Εξομαλυντική στρώση,
- 6) Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων,
- 7) Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου,
- 8) Θερμομόνωση,
- 9) Φράγμα υδρατμών,
- 10) Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος,
- 11) Οροφοκονίαμα

Αντιθέτως, ως επισκέψιμα χαρακτηρίζονται εκείνα, των οποίων ο τύπος κατασκευής περιορίζει την παραμονή και τις δραστηριότητες στην επιφάνειά τους στο ελάχιστο απαραίτητο χρονικό διάστημα για την περαίωση κάποιας συγκεκριμένης εργασίας.

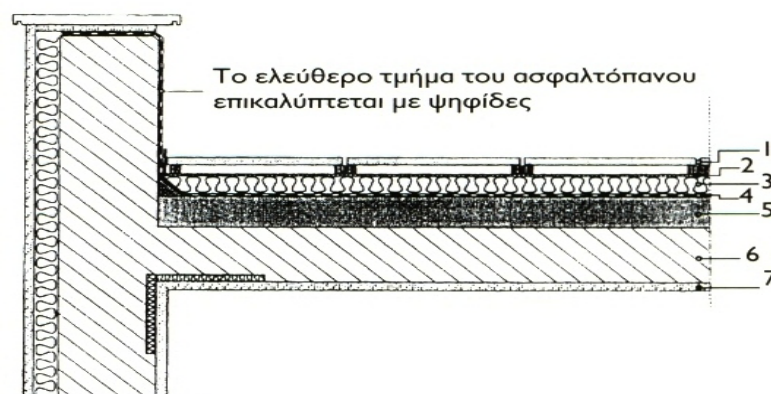
Ως μια ξεχωριστή κατηγορία δωμαίων θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν τα φυτεμένα δώματα. Πρόκειται για δώματα, στην επιφάνεια των οποίων διαμορφώνεται κήπος με την προσθήκη των απαραίτητων κηπευτικών στρώσεων. Οι δομικές και οι κηπευτικές στρώσεις λειτουργούν ενιαία και διαμορφώνουν από κοινού τη συμπεριφορά του φυτεμένου δώματος.

## Κύρια χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων δώματος

### Συμπαγές δώμα

- Η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται σε κατώτερη θέση από την υγραμονωτική και προστατεύεται απ' αυτή έναντι των νερών της βροχής.
- Το φράγμα υδρατμών (ή η στρώση εκτόνωσής τους) είναι απαραίτητο και οφείλει να βρίσκεται σε κατώτερη θέση από τη θερμομονωτική στρώση.
- Εφόσον υπάρχει τελική επικάλυψη επάνω από την υγραμόνωση, αυτή οφείλει να μη συγκολλάται απευθείας επάνω στη στεγανοποιητική στρώση, αλλά να παρεμβάλλεται μεταξύ τους ένα φύλλο πολυαιθυλενίου ή μια στρώση επίτασης άμμου ή μια δεύτερη μεμβράνη (που δεν επικολλάται στην υποκείμενή της), ώστε να μην καταπονείται από τις συστολοδιαστολές των υλικών επικάλυψης και να λειτουργεί ως κολυμβητή στρώση.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΜΕ ΤΗ ΣΕΙΡΑ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ  
ΕΝΟΣ ΒΑΤΟΥ ΑΝΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ



1. Τελική επίστρωση
2. Γεώφασμα
3. Θερμομόνωση
4. Ασφαλτόπανα σε δύο στρώσεις
5. Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων
6. Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
7. Οροφокονίαμα

- Εικόνα 5839 1)Τελική επίστρωση,  
2)Γεώφασμα,  
3)Θερμομόνωση,  
4)Ασφαλτόπανα σε δύο στρώσεις,  
5)Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων,  
6)Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος,  
7)Οροφокονίαμα.



### Αντεστραμμένο δώμα

- Η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται σε ανώτερη θέση από την υγραμμωτική (συνήθως αμέσως επάνω απ' αυτή) και την προστατεύει από τις θερμικές καταπονήσεις.

- Δεν υπάρχει ιδιαίτερος λόγος τοποθέτησης φράγματος υδρατμών. Ως φράγμα υδρατμών προς τη θερμή πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης λειτουργεί η ίδια η υγραμμώση.

- Η τελική επικάλυψη είναι απαραίτητη επάνω από τη θερμομονωτική στρώση για να την προστατεύει από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Είναι όμως σκόπιμο η τελική επικάλυψη απλώς να τοποθετείται επάνω στη θερμομονωτική στρώση και να μην επικολλάται, να μη γίνεται δηλαδή ενιαίο σώμα μ' αυτήν.

### Δικέλυφο αεριζόμενο δώμα

- Τα δύο κελύφη λειτουργούν ανεξάρτητα. Το κάτω κέλυφος παρέχει την απαιτούμενη θερμική προστασία, ενώ το άνω κέλυφος την υγραμμωτική προστασία.

- Ο αέρας που κυκλοφορεί στο διάκενο αφενός παραλαμβάνει τους διαχεόμενους υδρατμούς από τον εσωτερικό χώρο, αφετέρου δρα ανασταλτικά στη μετάδοση της θερμότητας από το υπερθερμαινόμενο άνω κέλυφος, λόγω ηλιακής ακτινοβολίας, στο κάτω.

- Για το λόγο αυτό δεν χρειάζεται ούτε η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών, ούτε κάποια προστατευτική στρώση επάνω στη θερμομόνωση. Αντιθέτως μια τέτοια στρώση (συνήθως τοποθετούν ένα φύλλο πολυαιθυλενίου) βλάπτει τη θερμομονωτική στρώση, διότι δεν επιτρέπει την εκτόνωση των υδρατμών.

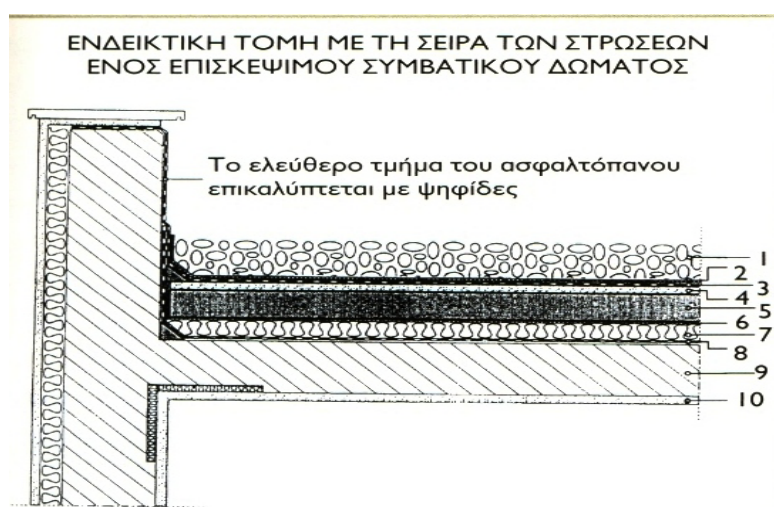
- Αν η βάση στήριξης του άνω κελύφους αποτελεί στεγανή επιφάνεια, περιττεύει κάθε άλλη στεγανοποιητική προστασία.

### Οι στρώσεις του συμπαγούς δώματος

Στις σύγχρονες κατασκευές το δώμα αποτελεί μια σύνθετη κατασκευή, στην οποία η κάθε στρώση αναλαμβάνει να παίξει το δικό της ρόλο. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, η καλή γνώση των ιδιοτήτων τους και η σωστή τοποθέτηση των στρώσεων αποτελούν προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία του δώματος και την αποφυγή εμφάνισης προβλημάτων. Επιπλέον, η επιμελημένη κατασκευή, χωρίς προχειρότητες και κακοτεχνίες και στη συνέχεια η τακτική συντήρησή της εγγυώνται μακροχρόνια προστασία και καλή λειτουργία.

Σήμερα η πρόοδος της τεχνολογίας και το πλήθος των υλικών που κυκλοφορούν στην αγορά μπορούν να εξασφαλίσουν την ποιότητα στην κατασκευή και να αντιμετωπίσουν σχεδόν κάθε είδους προβλήματα, ακόμη και σε περιπτώσεις με υψηλές κατασκευαστικές απαιτήσεις. Βεβαίως, ανάλογο σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι και το κόστος κατασκευής.

Ωστόσο, τα προτεινόμενα υλικά και η σειρά των στρώσεων δεν είναι ίδια σε κάθε τύπο δώματος. Και αυτό το στοιχείο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι η άγνοια της χρησιμότητας της κάθε στρώσης οδηγεί συχνά σε κατασκευαστικά λάθη, ενίοτε μη αναστρέψιμα, και με δυσάρεστες συνέπειες.



- Εικόνα 59 1)Κροκάλες 40mm<math>\Phi</math><math><80\text{mm}</math>, 2)Γεωφάσμα, 3) Ασφαλτόπανα σε δύο στρώσεις, 4)Εξομαλντική στρώση, 5)Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων, 6)Προστατευτικό φύλλο πολυαιθυλενίου, 7)Θερμομόνωση, 8)Φράγμα υδρατμών, 9)Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, 10)Οροφокονίαμα.

### **Η σειρά των στρώσεων και η σύνθεση της διατομής**

Στα μονοκέλυφα δώματα το κύριο σημείο αναφοράς αποτελεί ο φέρων οργανισμός, στην προστασία του οποίου εξυπηρετεί η παρουσία των υπόλοιπων στρώσεων. Η καθεμιά από αυτές λειτουργεί με συγκεκριμένο σκοπό και η σειρά με την οποία αλληλοδιαδέχονται η μία την άλλη, είναι καθοριστική για τον τύπο της κατασκευής και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Έτσι, οι βασικές στρώσεις που συνθέτουν τη διατομή ενός μονοκέλυφου δώματος, είναι:

- Η στρώση του φέροντα οργανισμού, για την παραλαβή των μόνιμων και κινητών φορτίων, καθώς και του ίδιου βάρους.
- Η θερμομονωτική στρώση για τη θερμική προστασία της κατασκευής.
- Η στεγανοποιητική στρώση για την παρεμπόδιση διείσδυσης των νερών της βροχής στη μάζα των υπόλοιπων στρώσεων του δομικού στοιχείου.
- Η στρώση κλίσεων για την απορροή των νερών της βροχής.

Συμπληρωματικά προς αυτές και κυρίως για τις απαιτήσεις καλής λειτουργίας τους προστίθενται και άλλες στρώσεις. Η αναγκαιότητα της καθεμιάς εξ αυτών εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής, τα επιλεγέντα υλικά, τη θέση των παραπάνω στρώσεων κτλ.

### **Συμβατικό δώμα**

Ειδικότερα, στο συμβατικό δώμα η πλήρης σειρά των στρώσεων από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον είναι:

- οροφокονίαμα,
- φέρων οργανισμός,
- εξομαλυντική στρώση,
- στρώση εξίσωσης των πιέσεων,
- φράγμα υδρατμών,
- θερμομονωτική στρώση,
- προστατευτικό φύλλο της θερμομονωτικής στρώσης,
- στρώση κλίσεων,
- εξομαλυντική στρώση,
- στεγανοποιητική στρώση,
- προστατευτική στρώση του στεγανοποιητικού υλικού,
- συνδετικό κονίαμα της τελικής επικάλυψης,
- τελική επικάλυψη.

Η παρουσία όλων αυτών των στρώσεων δεν είναι πάντοτε απαραίτητη. Εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής και από τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Ομοίως, μπορεί να διαφοροποιηθεί και η σειρά των στρώσεων. Μπορεί, για παράδειγμα, η θερμομονωτική στρώση να τοποθετηθεί κάτω από το φέροντα οργανισμό, οπότε αλλάζει και η φιλοσοφία λειτουργίας του δομικού στοιχείου.

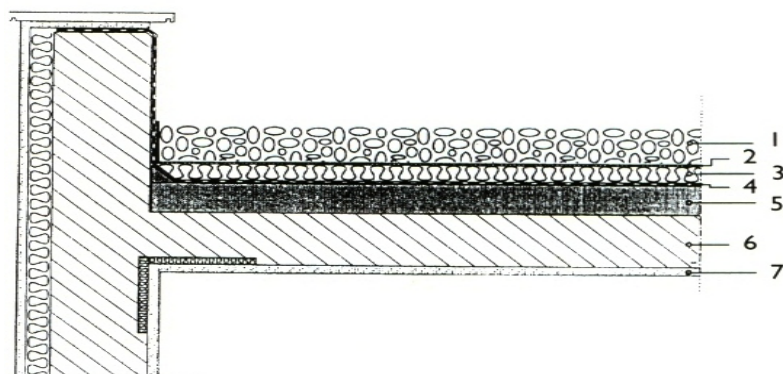
### Αντεστραμμένο δώμα

Η πλήρης σειρά των στρώσεων είναι:

- οροφокονίαμα,
- φέρων οργανισμός,
- στρώση κλίσεων,
- εξομαλυντική στρώση,
- στρώση εξίσωσης των πιέσεων,
- στεγανοποιητική στρώση,
- προστατευτική στρώση του στεγανοποιητικού υλικού,
- θερμομονωτική στρώση,
- διαχωριστική στρώση της θερμομονωτικής στρώσης και της τελικής επικάλυψης,
- τελική επικάλυψη.

Και σ' αυτόν τον τύπο δώματος η παρουσία ορισμένων στρώσεων εξαρτάται από τα χρησιμοποιούμενα υλικά και δεν είναι πάντοτε απαραίτητη.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΜΕ ΤΗ ΣΕΙΡΑ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ  
ΕΝΟΣ ΕΠΙΣΚΕΨΙΜΟΥ ΑΝΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ



Εικόνα 6040

- 1)Κροκάλες  
40mm<Φ<80mm,
- 2)Γεώφασμα,
- 3)Θερμομόνωση,
- 4)Ασφαλτόπανα σε δύο  
στρώσεις,
- 5)Ελαφροσκυρόδεμα  
κλίσεων, 6)Φέρουσα  
πλάκα οπλισμένου  
σκυροδέματος,
- 7) Οροφокονίαμα.

## Ανάλυση και λειτουργία των στρώσεων

### Φέρων οργανισμός

Τόσο στο συμβατικό όσο και στο αντεστραμμένο δώμα ο φέρων οργανισμός αποτελεί την υποδομή, επάνω στην οποία θα στηριχθεί το σύνολο των υπόλοιπων στρώσεων του δώματος. Μπορεί να αποτελείται από:

- πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος,
- ξύλινες δοκούς επικαλυμμένες με ξύλινη πεταύρωση (μορφής ξυλότυπου) ,
- μεταλλικές δοκούς επικαλυμμένες με χαλυβδόφυλλα ή λαμαρίνα (μορφής μεταλλότυπου).

Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις, θεωρούνται ελαφρές κατασκευές και χρησιμοποιούνται σπανίως. Προτιμώνται σε βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες, υπόστεγα και γενικώς σε κτίρια ειδικών χρήσεων. Σ' αυτές τις κατασκευές μπορεί να διαφοροποιηθεί και η σειρά των στρώσεων, καθώς τα χρησιμοποιούμενα υλικά μπορούν να αναλάβουν το ρόλο δύο και τριών στρώσεων ταυτοχρόνως. Για παράδειγμα, ως θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται σύνθετα πετάσματα τύπου σάντουιτς, αποτελούμενα από δύο φύλλα μορφοποιημένης ανοξειδωτής λαμαρίνας με ενδιάμεση στρώση αφρού πολυουρεθάνης. Με κατάλληλη προστασία των αρμών μεταξύ των γειτονικών πετασμάτων το εξωτερικό φύλλο της λαμαρίνας λειτουργεί προστατευτικά έναντι της βροχής, ενώ με ελαφριά κλίση των πλακών κατά την τοποθέτηση επιτυγχάνεται η διαμόρφωση των κλίσεων και η απορροή των νερών προς τις υδρορροές.

Σε όλες τις άλλες κατασκευές, που αποτελούν και τον κανόνα στις σύγχρονες κατασκευές, ο φέρων οργανισμός είναι κατασκευασμένος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, που θεωρείται βαριά κατασκευή και συνήθως αποτελεί μέρος του φέροντα οργανισμού του κτιρίου. Το σκυρόδεμα παραλαμβάνει το σύνολο των φορτίων (ίδιου βάρους, μόνιμων και κινητών) και μέσω των δοκών τα μεταφέρει στα κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχεία).

Το οπλισμένο σκυρόδεμα παρουσιάζει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και πολύ μικρή θερμομονωτική ικανότητα. Η μάζα του λειτουργεί ως συλλέκτης της εκπεμπόμενης θερμότητας από τις θερμαντικές πηγές του εσωτερικού χώρου, αλλά και της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, όταν η πλάκα του δώματος δεν προστατεύεται θερμομονωτικά.

Για το λόγο αυτό απαιτείται η καλή θερμομονωτική του προστασία, ώστε αφενός να συγκρατεί τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου κατά τη χειμερινή περίοδο και να την επαναποδίδει σ' αυτόν, όταν διακόπτεται η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης και αφετέρου να προστατεύεται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και να μην υπερθερμαίνεται κατά τη θερινή περίοδο. Η έλλειψη θερμομονωτικής προστασίας μπορεί να προκαλέσει θερμοκρασιακές παραμορφώσεις, οφειλόμενες στις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε μεγάλες επιφάνειες είναι πάντως απαραίτητο να προβλέπονται αρμοί διαστολής, που θα παραλαμβάνουν τις αυξομειώσεις των διαστάσεών τους κατά τις θερμοκρασιακές καταπονήσεις.

Η πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος απαιτεί επίσης καλή προστασία έναντι της υγρασίας. Τυχόν διείσδυση νερού στη μάζα του σκυροδέματος μειώνει τη θερμοχωρητικότητά του, δημιουργεί κινδύνους οξειδωσης του οπλισμού του και προκαλεί ρηγματώσεις σε ενδεχόμενο παγετό.

### **Θερμομονωτική στρώση**

Στόχο έχει να παρέχει στο κέλυφος θερμική προστασία και να προφυλάσσει τη φέρουσα πλάκα και τους εσωτερικούς χώρους από τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος.

Για την επιλογή του κατάλληλου θερμομονωτικού υλικού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- η θερμομονωτική του ικανότητα, που εξαρτάται από το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ) του κάθε υλικού.
- η συμπεριφορά του στην υγρασία,
- η αντοχή του στη φωτιά,
- η προσβολή του από οργανικούς και άλλους διαλύτες,
- η μηχανική του αντοχή,
- η Ευκολία εφαρμογής του,
- η προσβολή του από έντομα, πτηνά και τρωκτικά και
- το κόστος αγοράς και τοποθέτησής του.

Το απαιτούμενο πάχος του υλικού προσδιορίζεται υπολογιστικά, σύμφωνα με όσα προβλέπει ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων για τον υπολογισμό της θερμοπερατότητας της διατομής και του κτιρίου συνολικότερα. Υπενθυμίζεται ότι ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας  $k$  ενός δώματος ανέρχεται σε  $k = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

• Στο **συμβατικό δώμα**, στο οποίο η θερμομονωτική στρώση προστατεύεται από την υπερκείμενη στεγανοποιητική έναντι της διείσδυσης των νερών της βροχής, μπορούν γενικώς να εφαρμοσθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά:

- διογκωμένη πολυστερίνη,
- αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (πολυστυρόλη),
- ξυλόμαλλο σε απλές πλάκες ή σε τύπο σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση

διογκωμένης πολυστερίνης,

- σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα,
- σκληρές πλάκες πετροβάμβακα,
- πλάκες ή αφρός πολυουρεθάνης,
- περλίτης,
- αφρώδες γυαλί (κυψελωτό γυαλί)
- αφρώδες σκυρόδεμα κ.ά.

• Αντιθέτως, στο **αντεστραμμένο δώμα** η παρουσία της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση υπερκείμενη της στεγανοποιητικής την αφήνει εκτεθειμένη στην υγρασία από τα νερά της βροχής. Για το λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνον τα θερμομονωτικά υλικά, που δεν προσβάλλονται από την υγρασία:

- αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (πολυστυρόλη),
- πλάκες ή αφρός πολυουρεθάνης και
- αφρώδες γυαλί (κυψελωτό γυαλί).

### **Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στο συμβατικό δώμα**

Στο συμβατικό δώμα η θερμομονωτική στρώση είναι δυνατό να τοποθετηθεί:

- είτε επάνω από την πλάκα του φέροντα οργανισμού,
- είτε κάτω από αυτήν.

Η επιλογή της θέσης της θερμομονωτικής στρώσης συνδέεται κατ' αρχήν με τη χρήση του κτιρίου.

• Όταν το κτίριο έχει μια συνεχή χρήση (ηχ. κατοικίες, νοσοκομεία) προτιμάται η πρώτη περίπτωση, διότι επιδιώκεται η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.

Η θερμομονωτική στρώση ευρισκόμενη επάνω από την πλάκα, δηλαδή ευρισκόμενη από την εξωτερική της πλευρά, την προστατεύει θερμικά και παρεμποδίζει τις απώλειες θερμότητας μέσω αυτής, με αποτέλεσμα η συσσωρευμένη θερμότητα στη μάζα της να επαναποδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου, όταν μειώνεται η απόδοση του συστήματος θέρμανσης ή διακόπτεται η λειτουργία του.

- Αντιθέτως, όταν το κτίριο έχει διακοπτόμενη χρήση (π.χ. γραφεία, θέατρα, κινηματογράφοι) προτιμάται η δεύτερη περίπτωση, επειδή δεν ενδιαφέρει η απόδοση της θερμοχωρητικότητας της πλάκας σκυροδέματος, καθώς με την απομάκρυνση των χρηστών από το κτίριο (πέρασ ωραρίου λειτουργίας) δεν εξυπηρετεί σε τίποτα η επαναπόδοση της συσσωρευμένης θερμότητας. Με την έναρξη λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης ο χώρος σύντομα θερμαίνεται, ενώ με τη διακοπή της σύντομα ψύχεται. Ωστόσο, στην πρώτη περίπτωση η φέρουσα πλάκα με την τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης από την εξωτερική της πλευρά προστατεύεται θερμικά από τις έντονες καταπονήσεις που προκαλούν θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ δεν προστατεύεται στη δεύτερη περίπτωση (με την τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης από την εσωτερική πλευρά της φέρουσας πλάκας).

Επίσης, σε περίπτωση που η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί κάτω από την πλάκα σκυροδέματος (εσωτερική πλευρά), θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την τοποθέτηση του φράγματος υδρατμών. Το φράγμα υδρατμών θα πρέπει τότε να παρεμβληθεί μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και οροφокονιάματος. Όμως σε μια τέτοια περίπτωση το επίχρισμα δεν θα έχει καμία συνάφεια με το φράγμα υδρατμών και αμέσως θα πέσει. Είναι απαραίτητο σ' αυτήν την περίπτωση η θερμομονωτική στρώση να προστατευτεί με έναν τύπο ψευδοροφής, επάνω στην οποία θα πατήσει πρώτα το φράγμα υδρατμών (πχ. φύλλο πολυαιθυλενίου) και κατόπιν η θερμομονωτική στρώση. Τα πλέον κατάλληλα υλικά για τον τύπο μιας τέτοιας ψευδοροφής είναι οι γυψοσανίδες, οι τσιμεντοσανίδες ή οι σανίδες ορυκτών ινών, που θα στερεωθούν σε κατάλληλα διαμορφωμένο μεταλλικό κάναβο επί της οροφής ή οι σανίδες ξύλου, που θα στερεωθούν σε ανάλογο ξύλινο κάναβο.



## **Φράγμα υδρατμών**

### **Η διάχυση των υδρατμών**

Οι υδρατμοί που παράγονται στο εσωτερικό ενός χώρου από την ίδια του τη λειτουργία (είτε λόγω της παρουσίας των χρηστών είτε λόγω των διαφόρων αναπτυσσόμενων δραστηριοτήτων) διαχέονται μέσω των δομικών στοιχείων που το περιβάλλουν και τείνουν να εκτονωθούν προς τους γειτονικούς χώρους και προς το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει, προκειμένου οι αναπτυσσόμενες πιέσεις επί των εσωτερικών επιφανειών των δομικών στοιχείων, λόγω της συγκέντρωσης των υδρατμών στο χώρο αυτό, να εξισωθούν με τις πιέσεις που ασκούνται στην εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων από τους υδρατμούς των γειτονικών χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Οι διαχεόμενοι αυτοί υδρατμοί παγιδεύονται μέσα στο δομικό στοιχείο και δημιουργούν προβλήματα υγρασίας, όταν συναντήσουν αδιαπέραστη στρώση που παρεμποδίζει την πορεία τους. Τότε οι διαχεόμενοι υδρατμοί συμπυκνώνονται, όταν η θερμοκρασία των πόρων των υλικών, δια μέσου των οποίων διαχέονται, είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου (θερμοκρασίας κορεσμού) των διαχεόμενων υδρατμών. Ο κίνδυνος αυτός είναι τόσο μεγαλύτερος, όσο προς την ψυχρότερη πλευρά του δομικού στοιχείου βρίσκεται η στρώση αυτή, όσα δηλαδή βρίσκεται προς την εξωτερική του επιφάνεια.

Η αδιαπέραστη αυτή στρώση, που ανακόπτει την πορεία των διαχεόμενων υδρατμών και παρεμποδίζει τη διέλευσή τους μέσω αυτής και των υπόλοιπων στρώσεων, καλείται φράγμα υδρατμών.

### **Η θέση του φράγματος υδρατμών**

Το ρόλο του φράγματος υδρατμών παίζει κατ' αρχήν η εξωτερική στεγανοποιητική στρώση. Όπως παρεμποδίζει τη διείσδυση των νερών της βροχής μέσα στη μάζα των στρώσεων του δομικού στοιχείου, έτσι παρεμποδίζει και τη διέλευση των διαχεόμενων υδρατμών από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η συγκεντρωμένη ποσότητα συμπυκνωμένων υδρατμών κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση είναι ιδιαίτερα βλαπτική για το δομικό στοιχείο, αφενός διότι προσβάλλονται οι στρώσεις που βρίσκονται κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση από την υγρασία των συμπυκνωμένων υδρατμών και αφετέρου διότι οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι δυνατό να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στο στεγανοποιητικό υλικό. Αν μάλιστα οι συμπυκνωθέντες υδρατμοί περιέλθουν και πάλι σε αέρια φάση (δηλαδή ξαναγίνουν υδρατμοί), λόγω απότομης αύξησης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του δώματος (επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας) οι αναπτυσσόμενες τάσεις γίνονται πολύ υψηλές, δεδομένου ότι ο όγκος των παραγόμενων υδρατμών είναι πολλαπλάσιος του όγκου που αυτοί καταλαμβάνουν στην υγρή τους φάση (ως νερό). Από τις σχισμές που θα προκληθούν στο στεγανοποιητικό υλικό υπάρχει κατόπιν κίνδυνος να διεισδύσουν τα νερά της βροχής και η κατάσταση να γίνει ακόμη δυσμενέστερη.

Προκειμένου να αποφευχθεί το φαινόμενο, είναι σκόπιμο να ανακόπτεται η πορεία των υδρατμών σε προηγούμενη θέση, προς τη θερμή πλευρά του δομικού στοιχείου και πριν ακόμη η θερμοκρασία των πόρων του υλικού φθάσει να είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου των υδρατμών. Στη θέση αυτή τοποθετείται τότε ένα άλλο υλικό, που λειτουργεί επίσης ως φράγμα υδρατμών, προβάλλει μεγαλύτερη ή τουλάχιστον ίση αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών με αυτή της στεγανοποιητικής στρώσης και ανακόπτει την πορεία τους προς τις υπόλοιπες στρώσεις του δομικού στοιχείου. Οι συγκεντρούμενοι υδρατμοί σ' αυτή τη θέση δεν φθάνουν σε κατάσταση κορεσμού, επειδή η θερμοκρασία της διατομής είναι ακόμη σε υψηλά επίπεδα. Όταν εκλείψουν οι λόγοι που προκάλεσαν τη διάχυση των υδρατμών, τότε αυτοί ακολουθούν την αντίθετη πορεία και επαναποδίδονται στο χώρο.

- Στο συμβατικό δώμα η θέση αυτή βρίσκεται από τη θερμή πλευρά του θερμομονωτικού υλικού, που προστατεύεται από αυτό και διατηρεί υψηλές θερμοκρασίες. Ως πλέον κατάλληλη θεωρείται η θέση ανάμεσα στη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και στο θερμομονωτικό υλικό.

- Αντιθέτως, στο αντεστραμμένο δώμα δεν απαιτείται η ανάπτυξη κάποιας επιπλέον στρώσης, που θα λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών. Η ίδια η στεγανοποιητική στρώση, λόγω της θέσης της στη διατομή, επιτελεί και αυτό το έργο, καθώς βρίσκεται σε υποοκείμενη θέση της θερμομόνωσης, δηλαδή βρίσκεται από τη θερμή της πλευρά.

### Η επιλογή του υλικού

Το ρόλο του φράγματος υδρατμών αναλαμβάνει συνήθως να παίζει μια ασφαλική επάλειψη και σπανιότερα μια πλαστική μεμβράνη, ένα φύλλο πολυαιθυλενίου (φύλλο νάιλον) ή ένα φύλλο αλουμινίου, που σε κάποια θερμομονωτικά υλικά (π.χ. υαλοβάμβακα) είναι επικολλημένο στη μία του όψη. Στην τελευταία αυτή περίπτωση το θερμομονωτικό υλικό θα τοποθετηθεί κατά τέτοιο τρόπο που το φύλλο αλουμινίου να βρίσκεται από την κάτω πλευρά, να πατάει δηλαδή επάνω στην πλάκα. Δυστυχώς, πολλοί κατασκευαστές από άγνοια το τοποθετούν ανάποδα, προκαλώντας σημαντικά προβλήματα στη θερμομόνωση, επειδή τότε βρίσκεται από την ψυχρή όψη του θερμομονωτικού υλικού, που λόγω χαμηλής θερμοκρασίας ευνοεί τη συμπύκνωση των υδρατμών και τον εμποτισμό του από την υγρασία.

Η επιφάνεια του φέροντα οργανισμού, επάνω στην οποία θα αναπτυχθεί το φράγμα υδρατμών, οφείλει να είναι στεγνή και καθαρή από ξένα σώματα, σαθρά υλικά και σκόνες. Πρέπει επίσης να είναι επίπεδη, χωρίς ανωμαλίες και προεξοχές, αν πρόκειται να διαστρωθεί κάποιο ασφαλικό υλικό. Η επιπεδότητα στη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να επιτευχθεί με τη διάστρωση μιας λεπτής εξομαλυντικής στρώσης ρευστού τσιμεντοκονιάματος, το πάχος του οποίου κυμαίνεται από ελάχιστα χιλιοστά μέχρι ένα περίπου εκατοστό, ανάλογα με τις ανωμαλίες που παρουσιάζει η πλάκα στην επιφάνειά της.

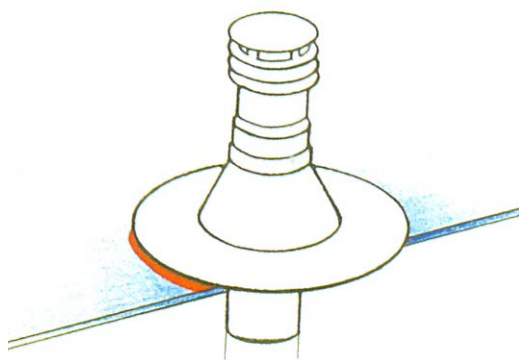
Ως ασφαλικό υλικό συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο διάλυμα ασφαλικού γαλακτώματος, που διαστρώνεται σε δύο ή τρεις στρώσεις, με χόρτινη βούρτσα.

- Για την καλύτερη πρόσφυση θα πρέπει να προηγηθεί η επάλειψη του υποστρώματος με ασφαλικό βερνίκι ή με αραιωμένο γαλάκτωμα σε νερό, σε αναλογία 1:1.

- Στις κύριες στρώσεις, στο ασφαλικό γαλάκτωμα θα πρέπει να προστεθεί μικρή μόνο ποσότητα νερού, που δεν θα υπερβαίνει το 10% - 15%. Η διάστρωση της κάθε στρώσης θα γίνει με κατανάλωση περίπου 400 kg/m<sup>2</sup>, αφού στεγνώσει η προηγούμενη και σε διεύθυνση κάθετη προς αυτή.

Μπορεί, ωστόσο, να χρησιμοποιηθεί ως φράγμα υδρατμών και ασφαλτόπανο. Η διάστρωση θα γίνει και πάλι σε επίπεδη και καθαρή επιφάνεια και αφού προηγηθεί μια ασφαλική επάλειψη με αραιωμένο βερνίκι.

Συνήθως αρκεί μια σειρά ασφαλτόπανων εφόσον όμως διαστρωθεί και δεύτερη θα πρέπει να επικολληθεί κατά διεύθυνση παράλληλη προς την πρώτη και με μετατόπιση του φύλλου κατά το ήμισυ του πλάτους του, έτσι ώστε να επικαλύπτονται τα σημεία συναρμογής των γειτονικών φύλλων. Για τη λειτουργία του φράγματος υδρατμών αρκούν τα κοινά ασφαλτόπανα (δηλαδή δεν υπάρχει λόγος να είναι ελαστομερή ή πλαστομερή) με οπλισμό πλέγματος στη μάζα του και βάρους περίπου  $2,0 - 2,5 \text{ kg/m}^2$ .



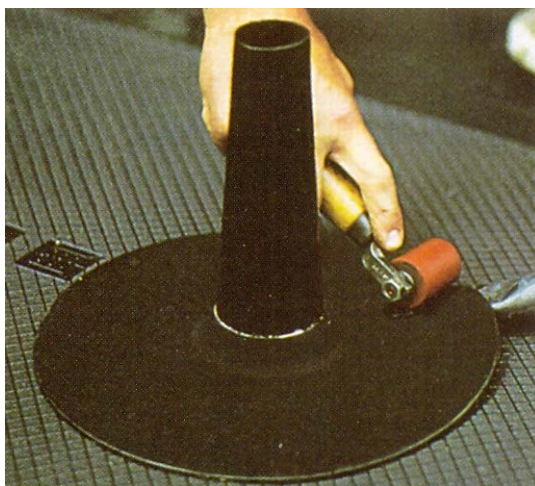
**Εικόνα 61** Εξαεριστήρας για την απαγωγή των διαχεόμενων υδρατμών στο εξωτερικό περιβάλλον.

### **Στρώση εξίσωσης των πιέσεων**

Η παρουσία αυτής της στρώσης δεν είναι πάντοτε απαραίτητη. Τοποθετείται κυρίως όταν η σχετική υγρασία στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου ανέρχεται σε υψηλά επίπεδα και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου είναι αρκετά μεγάλη. Στόχο έχει να προστατέψει τη στεγανοποιητική στρώση και τη στρώση του φράγματος υδρατμών από τις τάσεις που αναπτύσσουν οι διαχεόμενοι υδρατμοί και να αποτρέψει τον κίνδυνο αποκόλλησης των ασφαλτικών μεμβρανών από το υπόστρωμα και την εμφάνιση σχισμών στην επιφάνειά τους.

Η στρώση αυτή τοποθετείται κάτω από το φράγμα υδρατμών και κάτω από τη στεγανοποιητική στρώση. Αποτελείται συνήθως από ένα διάτρητο ασφαλτόπανο (με οπές διαμέτρου περίπου 15 - 20 cm), που από τη μια του όψη έχει δεχθεί επίταση χονδρόκοκκης άμμου.

Αυτό διαστρώνεται, χωρίς να επικολληθεί, επάνω στο λεία διαμορφωμένο υπόστρωμα και επάνω από αυτό επικολλάται το ασφαλτόπανο της στεγανοποιητικής στρώσης (στο αντεστραμμένο δώμα) ή του φράγματος υδρατμών (στο συμβατικό δώμα). Έτσι το ασφαλτόπανο δέχεται μερική μόνο κόλληση με το υπόστρωμα στη θέση των οπών και στην υπόλοιπη επιφάνεια επικολλάται επάνω στο διάτρητο ασφαλτόπανο. Η στρώση αυτή επικοινωνεί με τον εξωτερικό αέρα με κατάλληλα διαμορφωμένες άκρες στην περίμετρο του δώματος ή με αγωγούς-εξαεριστήρες (εικόνα 61,σελ.262), που τοποθετούνται υπό μορφή καννάβου, σε μεταξύ τους αποστάσεις 8 m ως 10 m. Οι αγωγοί αυτοί έχουν διάμετρο περί τα 60-80 (mm), διαπερνούν τις υπερκείμενες στρώσεις του δώματος και καταλήγουν στην επιφάνειά του, υπερυψούμενοι περί τα 20 cm από αυτήν.



**Εικόνα 62 Τοποθέτηση εξαεριστήρα σε θέση εκτόνωσης των πιέσεων. Επάνω στην κυκλική φλάντζα στη βάση του εξαεριστήρα θα κολληθεί το φράγμα υδρατμών. Ο εξαεριστήρας στη στέγη του θα προστατευτεί με σκέπαστρο για να αποφευχθεί τυχόν διείσδυση των νερών της βροχής.**

- Στη βάση τους οι εξαεριστήρες καταλήγουν σε κυκλική φλάντζα, που πατά επάνω στο υπόστρωμα και έχει αυλακώσεις από την κάτω πλευρά της για να επιτρέπει την κίνηση των υδρατμών. Επάνω στη φλάντζα επικολλάται το διάτρητο ασφαλτόπανο, ώστε να δίνει την αίσθηση ενιαίου σώματος μ' αυτήν (εικόνα 62).

- Στην κορυφή τους καταλήγουν σε κυρτωμένα άκρα με στόμιο γυρισμένο προς τα κάτω ή καλύπτονται από κατάλληλα διαμορφωμένα σκέπαστρα, που παρεμποδίζουν τη διέλευση των νερών της βροχής μέσω αυτών στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου.

Με τον τρόπο αυτό η μεν ασφαλική μεμβράνη με τη σημειακή επικόλληση αποκτά μια ελευθερία μικροκινήσεων και απομακρύνεται ο κίνδυνος ρηγμάτωσής της, οι δε υδρατμοί εκτονώνονται οδηγούμενοι μέσω των αγωγών στο εξωτερικό περιβάλλον. Ως στρώση εξίσωσης των πιέσεων μπορούν να λειτουργήσουν και τα διαφόρων τύπων κυματοειδή φύλλα ή φύλλα με αυλακώσεις. Αποτελούνται συνήθως από κάποιο σκληρό πύλημα, που λειτουργεί ως οπλισμός και είναι επενδυμένο με ασφαλικό υλικό. Οι αυλακώσεις στα υλικά αυτά είναι πολύ μικρές, ώστε να επιτρέπουν την εκτόνωση των υδρατμών, να παρεμποδίζουν όμως την κίνηση του αέρα και να μη λειτουργούν ως θερμογέφυρες.

Για ήπια κλίματα, όπως αυτό στις περισσότερες περιοχές της χώρας μας, το φαινόμενο της διάχυσης των υδρατμών δεν είναι ιδιαίτερα έντονο και για συνήθεις κατασκευές, όπως τα περισσότερα κτίρια κατοικιών, η απουσία της στρώσης αυτής κατά κανόνα δεν δημιουργεί προβλήματα στην κατασκευή και κατά συνέπεια μπορεί να παραλειφθεί.

Τοποθέτηση εξαεριστήρα σε θέση εκτόνωσης των πιέσεων. Επάνω στην κυκλική φλάντζα στη βάση του εξαεριστήρα θα κολληθεί το φράγμα υδρατμών. Ο εξαεριστήρας στη στέψη του θα προστατευτεί με σκέπαστρο για να αποφευχθεί τυχόν διείσδυση των νερών της βροχής.

## Η στρώση των κλίσεων

### Η χρησιμότητα των κλίσεων στο δώμα

Με τη διαμόρφωση κλίσεων στην επιφάνεια ενός δώματος επιδιώκεται η απομάκρυνση των νερών της βροχής και του χιονιού απ' αυτήν και η προσαγωγή του σε υδρορροές. Οι κλίσεις μειώνουν το χρόνο παραμονής του νερού στην επιφάνεια του δώματος στο ελάχιστο και περιορίζουν έτσι την πιθανότητα διείσδυσής του στα υλικά των στρώσεων και πρόκλησης σημαντικών φθορών.

Θεωρητικά, θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι η καλή και σωστή στεγανοποιητική προστασία δεν απαιτείται διαμόρφωση κλίσεων σ' ένα δώμα και δεν εγκυμονεί κανένα κίνδυνο εμφάνισης υγρασίας στα δομικά στοιχεία, οφειλόμενης στα νερά της βροχής. Ωστόσο, στην πράξη η τέλεια στεγανοποίηση είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Μικρές η μεγαλύτερες κακοτεχνίες, αστοχίες των υλικών, αβλεψίες, λάθη από άγνοια κτλ δημιουργούν σχεδόν πάντα κάποια ευπαθή σημεία σε κάθε κατασκευή.

Άλλωστε, το νερό όταν λιμνάζει σε μια επιφάνεια, οργά ή γρήγορα μπορεί να καταστρέψει τη στεγανοποιητική της στρώση είτε προκαλώντας ρηγματώσεις σε περίπτωση παγετού είτε διαβρώνοντας την επιφάνεια με τις διάφορες χημικές ενώσεις, που περιέχονται στην ατμόσφαιρα, κυρίως των βιομηχανικών περιοχών, και παρασύρονται από το νερό της βροχής κατά την πτώση του. Η παρουσία λιμναζόντων νερών στην επιφάνεια ενός δώματος ευνοεί την ανάπτυξη μικρών φυτών, των οποίων οι ρίζες διεισδύουν στη μάζα των υλικών, προκαλώντας σοβαρές καταστροφές. Άλλωστε, δεν είναι σπάνια η εικόνα να σχηματίζονται σε δώματα μικρά βαθουλώματα με λιμνάζοντα νερά σε θέσεις παραπλεύρως του στομίου της υδρορροής, λόγω κακής διαμόρφωσης των κλίσεων απορροής και να συσσωρεύεται εκεί μικρή ποσότητα σκόνης και χώματος, που ευνοεί την ανάπτυξη μικρής έκτασης χλωρίδας.

Για τους λόγους αυτούς κρίνεται απαραίτητη στο δώμα η διαμόρφωση των κατάλληλων κλίσεων. Στα βατά δώματα η κλίση δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη για να μη δυσχεραίνει την κυκλοφορία των χρηστών. Για να είναι όμως αποδοτική δεν πρέπει να είναι ούτε και πολύ μικρή. Για την απομάκρυνση του νερού είναι αρκετή μια κλίση που κυμαίνεται μεταξύ 1 % κα 3%, με πλέον συνηθισμένη αυτή της τάξης του 2%.

### Τρόποι διαμόρφωσης της στρώσης κλίσεων

Από κατασκευαστική άποψη, η κλίση σ' ένα συμπαγές δώμα μπορεί να διαμορφωθεί με πολλούς τρόπους

- Με πρόσθετη ξεχωριστή στρώση, που θα διαστρωθεί σε υπερκείμενη θέση της φέρουσας πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.
- Με κλίση της ίδιας, της φέρουσας πλάκας, ισοπαχούς σε όλη της την έκταση.
- Με ανισοπαχή διαμόρφωση της φέρουσας πλάκας, οριζόντιας στην κάτω επιφάνειά της (οροφή) και επικλινή στην επάνω.
- Με χρήση θερμομονωτικών πλακών ειδικής μεταβλητής διατομής (μόνο σε συμβατικό δώμα).

Ο πλέον συνήθης τρόπος, τουλάχιστον στη χώρα μας, είναι ο πρώτος, με την προσθήκη ξεχωριστής στρώσης κλίσεων. Η κατασκευή είναι πρακτικά πολύ πιο εύκολη, γίνεται με ασφάλεια και χωρίς την πίεση του χρόνου για ταυτόχρονη διάστρωση της φέρουσας πλάκας και διαμόρφωση των απαραίτητων κλίσεων κατά την έγχυση του σκυροδέματος και για όσο διάστημα διατηρείται ακόμη η ρευστότητά του. Επιπλέον, στην πρόσθετη στρώση είναι δυνατή εκ των υστέρων η βελτίωση των κλίσεων ή η διόρθωση τυχόν λαθών- κάτι που δεν μπορεί να συμβεί στη φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.

Ενίοτε επιλέγεται και η δεύτερη λύση της υπό κλίση πλάκας σταθερού πάχους. Στην περίπτωση όμως αυτή οι κλίσεις που διαμορφώνονται είναι μεγαλύτερες και η πλάκα αντιμετωπίζεται πλέον ως στέγη. Αντιθέτως, η διαμόρφωση οριζόντιας φέρουσας πλάκας με διαφορετικά πάχη στις διάφορες θέσεις του δώματος, που θα δώσουν τις κλίσεις στην επιφάνειά του δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί και απαιτεί εξειδικευμένο συνεργείο. Ο κίνδυνος σφάλματος είναι πολύ μεγάλος και η δυνατότητα εκ των υστέρων διόρθωσής του αρκετά επίπονη. Επιπλέον, τα προστιθέμενα φορτία είναι υψηλότερα, λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους του σκυροδέματος. Όμως η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελεί ενιαία στρώση χωρίς διακοπές, γεγονός που βελτιώνει τη συμπεριφορά της και μειώνει τις κατασκευαστικές κακοτεχνίες και αστοχίες, που συνήθως παρουσιάζονται σε μια πολυστρωματική διατομή.

Ανάλογα κατασκευαστικά προβλήματα παρουσιάζονται και στην τελευταία περίπτωση, όταν τις κλίσεις διαμορφώνει η θερμομονωτική στρώση. καθώς είναι δύσκολο να κατασκευασθεί ή να υπολογισθεί η διατομή του θερμομονωτικού υλικού στις διαφορετικές θέσεις της πλάκας.



Η λύση αυτή επιλέγεται να εφαρμοσθεί σε απλές κατασκευές. με μονοκλινείς ή δικλινείς διαμορφώσεις των κλίσεων στο δώμα, χωρίς δηλαδή υψηλές απαιτήσεις στον υπολογισμό τους και όταν είναι απαραίτητο να περιοριστούν τα μόνιμα φορτία που προστίθενται σ' αυτό.

### **Υλικά κατασκευής της στρώσης κλίσεων**

Η στρώση των κλίσεων κατασκευάζεται από κάποιον τύπο ελαφροδέματος, όπως κισσηρόδεμα, περλιτόδεμα, κυψελωτό κονιόδεμα κτλ., που προσθέτουν σχετικά μικρά φορτία στην πλάκα. Μπορεί επίσης να κατασκευασθεί με τη διάστρωση ξηρής κίσηρης (σε φυσική κατάσταση). με τη δημιουργία μιας εγκιβωτισμένης στρώσης. Ωστόσο, πολλοί κατασκευαστές είτε από άγνοια είτε για λόγους ευκολίας διαμορφώνουν τη στρώση κλίσεων από σκυρόδεμα, προσθέτοντας αδικαιολόγητα υψηλά φορτία στη φέρουσα πλάκα.

Οι στρώσεις κλίσεων από ελαφρόδεμα προσθέτουν μικρά φορτία στην πλάκα, έχουν ωστόσο το μειονέκτημα ότι είναι ιδιαίτερα ευπρόσβλητες από την υγρασία λόγω του πορώδους της δομής τους. Το νερό διεισδύει εύκολα μέσα στους ανοικτούς πόρους της μάζας του ελαφροδέματος, συγκρατείται σ' αυτούς λόγω των αναπτυσσόμενων δυνάμεων συνάφειας και δύσκολα απομακρύνεται. Είναι γι αυτό απαραίτητο οι στρώσεις κλίσεων από ελαφροδέματα να προστατεύονται καλά, αφενός από τα νερά της βροχής με τη σωστή τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης και αφετέρου από τη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών με την επιλογή της σωστής σειράς των στρώσεων και την ανάπτυξη φράγματος υδρατμών, όταν αυτό απαιτείται.

### **Η θέση της στρώσης στη διατομή του δώματος**

Η πλέον πρόσφορη θέση για τη διαμόρφωση της στρώσης των κλίσεων είναι επάνω στην πλάκα του φέροντα οργανισμού. Ωστόσο, αυτή η επιλογή, ενώ είναι εφικτή στην κατασκευή του αντεστραμμένου τύπου δώματος, δεν συμβαίνει το ίδιο και στο συμβατικό, διότι τότε υποχρεώνει στην ανάπτυξη μιας πρόσθετης στρώσης ελαφροδέματος ή σκυροδέματος επάνω από τη θερμομόνωση, που θα λειτουργήσει:

- αφενός ως σταθερό υπόστρωμα για την ανάπτυξη της στεγανοποιητικής στρώσης (αυτό είναι απαραίτητο όταν πρόκειται για ασφαλικές επαλείψεις ή για συγκόλληση ασφαλικών μεμβρανών, όχι όμως και όταν πρόκειται για απλή εναπόθεση σχηματοποιημένων πλαστικών μεμβρανών) και

- αφετέρου ως ενδιάμεση στρώση για την παραλαβή των μοναχικών κινητών φορτίων στην επιφάνεια του δώματος και τη μετατροπή τους σε γραμμικά, προκειμένου να κατανεμηθούν σε μεγαλύτερη επιφάνεια και να αποφευχθούν τοπικές υποχωρήσεις.

Έτσι, προκειμένου να περιορισθεί ο αριθμός των στρώσεων, αλλά και τα επιπλέον φορτία, προτιμάται στο συμβατικό δώμα η στρώση των κλίσεων να διαμορφώνεται επάνω από τη θερμομόνωση, λαμβάνοντας όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή του φαινομένου της συμπίκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών, καθώς βρίσκεται κάτω από την αδιαπέραστη στεγανοποιητική στρώση και μάλιστα από την ψυχρή πλευρά της θερμομόνωσης και άρα ο κίνδυνος συμπίκνωσης είναι υψηλός. Μάλιστα δεδομένου ότι η στρώση ελαφροδέματος λειτουργεί και ως θερμομονωτικό υλικό λόγω της δομής των υλικών της, η προσβολή της από υγρασία είναι ιδιαίτερα προβληματική.

### **Η χάραξη των κλίσεων**

Οι κλίσεις σ' ένα δώμα διαμορφώνονται με κατάλληλο υπολογισμό, δημιουργώντας κεκλιμένα επίπεδα, που τεμνόμενα σχηματίζουν στις υψηλότερες θέσεις τους κορυφογραμμές και στις χαμηλότερες αυλάκια απορροής. Τα νερά της βροχής συγκεντρώνονται στα αυλάκια απορροής και από εκεί στα στόμια των υδρορροών, τα οποία προστατεύονται με ειδικά διάτρητα ημισφαιρικά κάλυπτρα, που επιτρέπουν τη διέλευση του νερού, όχι όμως και τυχόν φερτών υλικών. Για τη Χάραξη των κλίσεων

- ορίζεται η περίμετρος του δώματος,
- διαχωρίζονται οι επιφάνειες για την απορροή των νερών της καθεμιάς σε ξεχωριστή υδρορροή,
- επιλέγονται τα σημεία απορροής, φροντίζοντας να είναι δυνατή η διέλευση των κατακόρυφων αγωγών (υδρορροών) ως το έδαφος,
- υπολογίζονται οι στάθμες σε χαρακτηριστικές θέσεις με βάση τις επιλεγείσες κλίσεις.

Όταν τα σημεία απορροής είναι περισσότερα των δύο, συμβαίνει συχνά οι υπολογισμοί να οδηγούν σε διαφορετικά υψόμετρα στις κοινές κορυφές των επιπέδων. Τότε οι υπολογισμοί των κλίσεων επαναλαμβάνονται, λαμβάνοντας στις θέσεις εκείνες μέσες τιμές και φροντίζοντας οι νέες κλίσεις που θα προκύψουν, να είναι μέσα στα αποδεκτά όρια.

Η στρώση των κλίσεων διαμορφώνεται με ελάχιστο πάχος 4-5 cm (στάθμη  $\pm 0,00$ ) και μέγιστο που προκύπτει από τους υπολογισμούς, αλλά καλά είναι να μην υπερβαίνει τα 25-30 cm. Γενικώς πάντως τόσο μεγάλα πάχη στρώσης πρέπει να αποφεύγονται, διότι βαρύνουν υπέρμετρα και αδικαιολόγητα την πλάκα.

### Στεγανοποιητική προστασία

Η στεγανοποιητική στρώση είναι ίσως η πιο σημαντική στρώση για ένα δώμα, διότι απ' αυτήν εξαρτάται και η καλή λειτουργία των υπόλοιπων στρώσεων. Στόχο έχει να προστατεύει την κατασκευή από τα νερά της βροχής.

Στο συμβατικό δώμα η στεγανοποιητική στρώση είναι υπερκείμενη της θερμομονωτικής, ενώ στο αντεστραμμένο συμβαίνει το αντίθετο. Ωστόσο, και στους δύο τύπους δωμαίων μπορεί να κατασκευασθεί με τον ίδιο τρόπο και από τα ίδια υλικά.

Σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορεί πλήθος στεγανοποιητικών υλικών με ποικίλη προέλευση και ποικίλα χαρακτηριστικά. Τα κυριότερα από τα υλικά αυτά είναι τα ρευστά και σχηματοποιημένα ασφαλτικά, τα συνθετικά πλαστικά, τα υλικά δύο συστατικών, οι σιλικόνες, τα στεγανοποιητικά μάζας, τα μεταλλικά φύλλα κ.ά.

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού ή του κατάλληλου συστήματος στεγανοποίησης δεν υπακούει σε σταθερούς κανόνες, ούτε αποτελεί μονόδρομο. Σε κάθε κατασκευή θα πρέπει να συνεκτιμηθεί μια σειρά παραγόντων που έχουν να κάνουν:

- με τον τύπο της κατασκευής,
- με τη λειτουργία του κτιρίου και τη χρήση του δώματος, με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες στην περιοχή και το βαθμό καταπόνησης του δώματος,
- με τη δυνατότητα αποκατάστασης των φθορών σε βάθος χρόνου ισοδύναμο με το προσδόκιμο όριο ζωής του κτιρίου,
- με την ηλικία του κτιρίου (αν πρόκειται για παλαιά ή νέα κατασκευή) και
- με το κόστος της προτεινόμενης λύσης.

### Προετοιμασία του υπόβαθρου

Το υπόστρωμα, επάνω στο οποίο θα εφαρμοσθεί η στεγανοποιητική στρώση, θα πρέπει να είναι καθαρό και απαλλαγμένο από υπολείμματα κονιαμάτων, λάσπες, χώματα, σαθρά υλικά, λιπαντικά (γράσα), λάδια, σκόνες και άλλα ξένα σώματα.

Πρέπει επίσης να αποτελείται από στερεά και ομογενή υλικά, να μην έχει προεξέχοντα σύρματα ή σίδερα (π.χ. φουρκέτες) και να μην παρουσιάζει βαθουλώματα, εξογκώματα ή άλλου είδους ανωμαλίες στην επιφάνειά του. Η επιφάνεια θα πρέπει γενικώς να είναι επίπεδη και λεία, όχι όμως και στιλπνή, διότι δυσκολεύεται η πρόσφυση του ασφαλτικού υλικού.

- Αν η επιφάνεια παρουσιάζει ανωμαλίες, θα πρέπει να διαστρωθεί με ένα εξομαλυντικό κονίαμα (πατητή τσιμεντοκονία), που θα καλύψει τα κενά και θα της προσδώσει επιπεδότητα. Εφόσον το υπόστρωμα είναι κάποιο ελαφρόδεμα, η εξομαλυντική στρώση τσιμεντοκονιάματος (πάχους λίγων χιλιοστών ως ενός εκατοστού) είναι απαραίτητη, διότι τα πορώδη ελαφροδέματα απορροφούν εύκολα το ασφαλτικό βερνίκι, που απλώνεται ως προεπάλειψη επί του υποστρώματος.

- Αν η επιφάνεια παρουσιάζει ρωγμές, αυτές θα πρέπει να σφραγισθούν με ασφαλτική μαστίχη και να επικαλυφθούν με υαλόπλεγμα και διπλή ασφαλτική επάλειψη.

- Στην περίπτωση που η στεγανοποίηση γίνει με ασφαλτόπανα, θα πρέπει σε κάθε σημείο που η οριζόντια επιφάνεια συναντά άλλη κατακόρυφη (στηθαία, απόληξη κλιμακοστασίου, αντεστραμμένα δοκάρια κτλ.), να διαμορφωθεί με κονία επί του υποστρώματος ένα μικρό τριγωνικό πρίσμα (ή καμπύλωση της γωνίας) που θα καθιστά την κλίση πιο ήπια ( $\varphi \geq 135^\circ$ ) για την ανύψωση του ασφαλτόπανου επί της κατακόρυφης επιφάνειας.

Οι στεγανοποιητικές εργασίες δεν πρέπει να γίνονται υπό βροχή, αλλά ούτε και ύστερα από αυτή. Το υπόστρωμα είναι απαραίτητο να είναι στεγνό. Στο υγρό υπόστρωμα το ασφαλτικό υλικό αδυνατεί να εισχωρήσει μέσα στους πόρους, επειδή είναι γεμάτοι με νερό. Αν επιχειρηθεί η επάλειψη, το νερό θα εγκλωβισθεί κάτω απ' αυτή και θα δημιουργήσει σύντομα φουσκώματα, σχισμές και αποκολλήσεις του στεγανοποιητικού υλικού. Γι' αυτό, αν η κατασκευή έχει προσβληθεί από την υγρασία, θα πρέπει πρώτα να στεγνώσει καλά και υπό κανονικές συνθήκες. Είναι λάθος να επιχειρείται τεχνητό στέγνωμα του υποστρώματος με φλόγα αερίου, επειδή το αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται είναι παραπλανητικό. Η επιφάνεια μπορεί να δείχνει στεγνή, όμως στη μάζα του υποστρώματος συνεχίζει να υπάρχει υγρασία.

### Στεγανοποίηση με ασφαλικές επαλείψεις

Η στεγανοποίηση του δώματος είναι προτιμότερο να γίνεται με ασφαλτόπανα. Μπορεί, ωστόσο, να γίνει και με επαλείψεις, αν και δεν αποτελεί τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο, λόγω της περιορισμένης ελαστικότητας των γαλακτώματων (παρουσιάζουν μικρή αντοχή σε τάσεις εφελκυσμού και κάμψης, που έχει ως συνέπεια την εμφάνιση σχισμών στην επιφάνειά τους.

- Στο υπόστρωμα που έχει ετοιμαστεί δεχθεί τη στεγανοποιητική στρώση, θα πρέπει να προηγηθεί μια προεπάλειψη με ασφαλικό βερνίκι ή αραιωμένο ασφαλικό γαλάκτωμα, πάχους περίπου 1 mm. Η προεπάλειψη έχει διπλό στόχο:

- αφενός να βοηθήσει στην καλύτερη πρόσφυση της κύριας επάλειψης στο υπόστρωμα και

- αφετέρου να εισχωρήσει, λόγω της μεγαλύτερης ρευστότητας που έχει, μέσα στους επιφανειακούς πόρους του υποστρώματος και να σχηματίσει μια ισχυρή ενδιάμεση στεγανοποιητική στρώση.

- Για την κύρια επάλειψη χρησιμοποιείται ασφαλικό γαλάκτωμα. Μπορεί να γίνει είτε εν θερμώ με δύο τουλάχιστον στρώσεις είτε εν ψυχρώ με τρεις, πάχους περίπου 2 mm - 3 mm η κάθε στρώση και αφού προηγουμένως έχει στεγνώσει η προηγούμενη. Η κάθε στρώση οφείλει να διαστρώνεται με χόρτινη βούρτσα, ομοιόμορφα επάνω στην επιφάνεια και με φορά κάθετη προς αυτήν της προηγούμενης στρώσης (σταυρωτή διάστρωση), προκειμένου να καλύπτονται πιθανά κενά που αφήνει το πέρασμα της βούρτσας. Η ομοιόμορφη κατανομή του ασφαλικού υλικού επάνω στην επιφάνεια μπορεί να επιτευχθεί και με ψεκασμό, όταν βεβαίως αυτός είναι εφικτός.

Για τη βελτίωση της αντοχής της στεγανοποιητικής στρώσης μπορεί να προστεθεί κατάλληλος οπλισμός από υαλοπίλημα ή υαλοϋφασμα (βάρους περίπου 50 g/m<sup>2</sup>), που θα τοποθετηθεί ανάμεσα στις στρώσεις γαλακτώματος, κατά τρόπο που η κάθε λωρίδα υαλοπιλήματος ή υαλοϋφάσματος να καλύπτει τη γειτονική της περίπου κατά 10 cm στις ενώσεις τους. Αν η στεγανοποιητική στρώση αποτελεί και την τελική επικάλυψη του δώματος, το ασφαλικό υλικό θα πρέπει να προστατευθεί από την επίδραση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας, επειδή αυτή ευνοεί τη γήρανση των ασφαλικών υλικών.

Η προστασία επιτυγχάνεται με την επάλειψη συνθετικού βερνικιού ή γαλακτώματος ή με την επάλειψη χρώματος αλουμινίου.

Σε περίπτωση βροχής οι στεγανοποιητικές εργασίες θα πρέπει να διακοπούν, επειδή υπάρχει κίνδυνος το ασφαλτικό γαλάκτωμα να παρασυρθεί από το νερό και η επιφάνεια να ξεπλυθεί. Οι εργασίες κατόπιν θα πρέπει να επαναληφθούν, αφού προηγουμένως το δομικό στοιχείο στεγνώσει καλά.

Σε περίπτωση χαμηλών θερμοκρασιών (χαμηλότερων των +5°C) οι εργασίες θα πρέπει, ομοίως, να διακοπούν, επειδή το γαλάκτωμα σχηματίζει σβόλους κατά την εφαρμογή του.

### Στεγανοποίηση με ασφαλτικές μεμβράνες

Αποτελεί μια από τις ασφαλέστερες μεθόδους στεγανοποίησης δώματος, αρκεί να αποφευχθούν λάθη και παραλείψεις κατά την εκτέλεση των εργασιών.

- Η επικόλληση των ασφαλτόπανων μπορεί να γίνει εν θερμώ με οξειδωμένη άσφαλτο (θερμή ασφαλτόκολλα) ή εν ψυχρώ με τη χρήση ειδικής ασφαλτικής κόλλας. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να προηγηθεί προεπάλειψη με τον αντίστοιχο τύπο βερνικιού ή με τη χρήση αραιωμένου γαλακτώματος (χρησιμοποιείται μόνο σε απόλυτα στεγνές επιφάνειες).

- Οι στεγανοποιητικές μεμβράνες διαστρώνονται σε δύο ή περισσότερες στρώσεις. Η επικόλλησή τους πρέπει να γίνεται με προσοχή και σ' όλη τους την επιφάνεια, χωρίς να δημιουργούνται θύλακες αέρα. Ωστόσο, αν υπάρχουν έντονες θερμοκρασιακές καταπονήσεις, που μπορεί να προκαλέσουν σχισμές στο ασφαλτόπανο λόγω συστολοδιαστολών, η πρώτη στρώση θα πρέπει να επικολληθεί σημειακά επί του υποστρώματος, και η δεύτερη πλήρως επί της πρώτης. Εναλλακτικά, μπορεί επίσης να προηγηθεί η τοποθέτηση ενός διάτρητου ασφαλτόπανου, που δεν θα επικολληθεί στο υπόστρωμα. Επάνω σ' αυτό θα επαλειφθεί το ασφαλτικό βερνίκι. Το κανονικό ασφαλτόπανο θα κολλήσει στη θέση των οπών επί του υποστρώματος και στο υπόλοιπο τμήμα του επί του διάτρητου ασφαλτόπανου.

- Σε όλες τις στρώσεις η κάθε μεμβράνη πρέπει να επικαλύπτει τη γειτονική της τουλάχιστον κατά 10 cm. Η συγκόλληση των υπερκαλυπτόμενων τμημάτων πρέπει να εκτελείται με προσοχή και να αποφεύγονται οι ρυτιδώσεις και οι κυματισμοί.

- Η δεύτερη στρώση απλώνεται αφού κολλήσει καλά η πρώτη, κατά την ίδια διεύθυνση και έχοντας μετατοπισμένα τα φύλλα της κατά το ήμισυ του πλάτους των φύλλων της πρώτης, έτσι ώστε οι αλληλοεπικαλύψεις των γειτονικών φύλλων της μιας στρώσης να μη συμπίπτουν με αυτές της άλλης .

- Μετά τη συγκόλληση οι ραφές στις θέσεις των επικαλύψεων πρέπει να σπατουλάρονται με ασφαλική μαστίχη και να κυλινδρώνονται καλά, ώστε να μην αφήνουν μεταξύ τους κενά.

Εφόσον η στεγανοποιητική στρώση είναι και τελική επικάλυψη του δώματος, είναι απαραίτητο να φέρει η ίδια επικολλημένη στρώση ψηφίδων ορυκτής προέλευσης ή φύλλο αλουμινίου (επικολλημένο), που θα την προστατεύει από τη γήρανση και την καταστροφή που προκαλεί η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία. Στα δώματα προτιμάται η χρήση των ελαστομερών και πλαστομερών ασφαλτόπανων έναντι των κοινών που χρησιμοποιούνται για την προστασία άλλων δομικών στοιχείων, λόγω των μεγάλων καταπονήσεων που υφίστανται από τις συστολοδιαστολές του υποστρώματος.

Οι εργασίες στεγανοποίησης θα πρέπει να διακοπούν σε θερμοκρασίες ατμόσφαιρας χαμηλότερες των  $+5^{\circ}\text{C}$ . Δεν πρέπει να θεωρείται ότι η φλόγα του φλόγιστρου ανεβάζει τη θερμοκρασία, διότι αυτό συμβαίνει στιγμιαία και μόνο σε μια μικρή περιοχή εργασίας.

### **Προϋποθέσεις εφαρμογής στεγανοποιητικού υλικού**

- Πρωταρχική προϋπόθεση είναι να παρέχει πλήρη στεγανοποιητική προστασία στο σύνολο των στρώσεων του δομικού στοιχείου και χωρίς να προκαλεί προβλήματα στις υποκείμενες ή στις υπερκείμενες στρώσεις.

- Να μπορεί να παρακολουθεί τις μικρομετακινήσεις των επάλληλων στρώσεων λόγω συστολοδιαστολών τόσο για μικρά χρονικά διαστήματα (διάρκεια της ημέρας), όσο και για μεγάλα (διάρκεια του έτους) και να μην προκαλούνται απ' αυτές σχισμές στην επιφάνειά του.

- Να μπορεί να δεχθεί την επίδραση των ακραίων θερμοκρασιακών συνθηκών που παρατηρούνται στα δώματα, χωρίς να καταστρέφεται ή να χάνει τις ιδιότητές του. Π.χ. για ένα εύρος από  $-20^{\circ}\text{C}$  ως  $+100^{\circ}\text{C}$ .

- Να συνεργάζεται απόλυτα με το υπόστρωμα και να μην αποκολλάται από αυτό, προκαλώντας φουσκώματα και ρηγματώσεις.

- Εφόσον αποτελεί την τελική επικαλυπτική στρώση, να μην προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία και τους διάφορους χημικούς διαλύτες, που προκύπτουν από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους με την πτώση της βροχής (π.χ. "όξινη βροχή") και γενικώς να μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά σε φυσικές και χημικές καταπονήσεις.

- Προκειμένου για βατά δώματα, να μπορεί να παραλάβει υψηλά φορτία και γενικώς να μπορεί να δεχθεί παντός τύπου μηχανικές καταπονήσεις, χωρίς τον κίνδυνο παραμορφώσεων λόγω της άσκησης μεγάλων πιέσεων.

Στη χώρα μας προτιμώνται περισσότερο οι στεγανοποιήσεις με ασφαλτικά υλικά. Παλαιότερα, που η αξία της στεγανοποίησης δεν είχε γίνει απόλυτα συνειδητή, πιο δημοφιλή ήταν τα ρευστά ασφαλτικά γαλακτώματα, λόγω του μικρότερου κόστους και της ευκολότερης εφαρμογής τους. Μάλιστα στις περισσότερες περιπτώσεις οι εργασίες ήταν κακής ποιότητας, χαμηλών απαιτήσεων και χωρίς προδιαγραφές και κανόνες εφαρμογής. Γι' αυτό και οι κακοτεχνίες ήταν πολλές και η διάρκεια ζωής της στεγανοποιητικής στρώσης περιορισμένη. Σήμερα που οι απαιτήσεις σε μια κατασκευή είναι πολύ υψηλότερες, έχουν κερδίσει σημαντικό έδαφος τα ασφαλτόπανα, δηλαδή τα διαφόρων τύπων σχηματοποιημένα ασφαλτικά υλικά (ελαστομερή, πλαστομερή, ελαστοπλαστομερή, αυτοκόλλητα κτλ.).

### **Τελική επικάλυψη**

Τ όσο τα θερμομονωτικά υλικά, όσο και τα διαφόρων τύπων ασφαλτικά στεγανοποιητικά δεν πρέπει να μένουν εκτεθειμένα στην επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, διότι γηράσκουν και καταστρέφονται. Αντιθέτως πρέπει να προστατεύονται με κάποια επικαλυπτική στρώση. Ο τρόπος προστασίας και η επιλογή του προστατευτικού υλικού εξαρτώνται από τον τύπο του δώματος που θα κατασκευασθεί και από το αν θα είναι βατό ή μόνον επισκέψιμο.

### **Συμβατικό δώμα**

Όταν είναι μόνον επισκέψιμο, η προστασία της στεγανοποιητικής στρώσης μπορεί να επιτευχθεί:

- Με την επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, που είναι επικολλημένο στη μία όψη των ασφαλτικών με μεμβρανών.

- Με την τοποθέτηση ως δεύτερης στεγανοποιητικής στρώσης ασφαλτικών φύλλων με επικολλημένες ψηφίδες χαλαζιακής προέλευσης στην άνω επιφάνειά τους.

- Με την τοποθέτηση βοτσάλων ποταμού (και όχι θαλάσσης ή λατομείου) με στρογγυλεμένες άκρες και σε πάχος στρώσης περίπου 10 cm - 12 cm.

Όταν το δώμα είναι βατό, μπορεί να επικαλυφθεί με πλακάκια, κεραμικά πλακίδια, πλάκες πεζοδρομίου, τσιμεντόπλακες, φυσικές πλάκες, μάρμαρα, μωσαϊκά κτλ., που επικολλώνται με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα.



Αυτό όμως που πρέπει ιδιαίτερα να προσεχθεί, είναι να μην κολλήσει το τσιμεντοκονίαμα απευθείας επάνω στη στεγανοποιητική στρώση, διότι τότε υπάρχει ο κίνδυνος να ρηγματωθεί εξαιτίας των θερμικών συστολοδιαστολών της επικαλυπτικής στρώσης, που η μεμβράνη θα είναι υποχρεωμένη να παρακολουθεί. Ο διαχωρισμός μπορεί να επιτευχθεί:

- Με την παρεμβολή ενός ασφαυτόπανου χαμηλής ποιότητας, που θα τοποθετηθεί (χωρίς επικόλληση) και θα κινείται ελεύθερα επάνω στη στεγανοποιητική στρώση. Επ' αυτού θα κολληθεί η τελική επικάλυψη.

- Με τη διάστρωση μιας λεπτής στρώσης άμμου ικανού πάχους, ώστε να μην παρασυρθεί από τη ρίψη του συνδετικού κονιάματος.

- Με την τοποθέτηση ενός γεωφύσματος, επάνω στη στεγανοποιητική μεμβράνη.

### **Αντεστραμμένο δώμα**

Στο αντεστραμμένο δώμα η θερμομονωτική στρώση, που αποτελεί την ανώτερη στρώση, όχι μόνον θα πρέπει να προστατεύεται από την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά δεν θα πρέπει να κινδυνεύει να παρασυρθεί από τον άνεμο και από την ανασήκωση λόγω άνωσης από τα νερά της βροχής.

Ανάλογα με το είδος της επικάλυψης που θα επιλεγεί, το αντεστραμμένο δώμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως βατό ή απλώς επισκέψιμο. Έτσι, η επικαλυπτική στρώση μπορεί να αποτελείται από:

- Βότσαλα ποταμού (και όχι θαλάσσης ή λατομείου) με στρογγυλεμένες άκρες διαμέτρου 4-8 (cm) σε συνολικό πάχος στρώσης περίπου 10-12 (cm). - Πλάκες πεζοδρομίου, που πατούν επί ειδικών πλαστικών στηριγμάτων ή αυτοκόλλητων ταινιών.

Στην πρώτη περίπτωση το δώμα χαρακτηρίζεται επισκέψιμο, ενώ στη δεύτερη βατό. Και στις δύο περιπτώσεις μεταξύ θερμομονωτικής στρώσης και τελικής επικάλυψης μεσολαβεί μια προστατευτική στρώση, που στόχο έχει να εμποδίσει τα ξένα σώματα (αδρανή, σπασμένα κομμάτια από τις άκρες των πλακών, χώματα κτλ.) να εισχωρήσουν στα σημεία ενώσεων, ανάμεσα στις θερμομονωτικές πλάκες και να φράξουν την υδρορροή. Η προστατευτική αυτή στρώση αποτελείται συνήθως από ένα γεωφύσμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις πάντως, η τελική επίστρωση του αντεστραμμένου δώματος γίνεται ενιαίο σώμα με τη θερμομονωτική στρώση.

Αυτό συμβαίνει όταν η τελική επικάλυψη αποτελείται από:

- Πλάκες πεζοδρομίου, κεραμικά πλακίδια ή πλακάκια, που συνδέονται με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα.

- Στρώση ελαφροσκυροδέματος, πάχους τουλάχιστον 4 cm, επικαλυμμένη ή ελεύθερη στην άνω επιφάνειά της.

Στις περιπτώσεις αυτές όμως το δώμα παύει να λειτουργεί ως αντεστραμμένο και δέχεται τις καταπονήσεις από τις θερμικές συστολοδιαστολές. Για το λόγο αυτό στο αντεστραμμένο δώμα οι δύο στρώσεις, θερμομόνωση και επικάλυψη, πρέπει να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Σε όλους τους τύπους δωματίων το βάρος της χαλκίστρωσης ή των επικαλυπτικών πλακών δεν πρέπει να θεωρείται αμελητέο φορτίο, αλλά να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό και στη διαστασιολόγηση της φέρουσας πλάκας.

### **Τα σημεία συνάντησης με κατακόρυφα δομικά στοιχεία**

Από τα πλέον ευπαθή σημεία σ' ένα δώμα αποδεικνύεται ότι είναι οι θέσεις συνάντησης της οριζόντιας επιφάνειάς του με κατακόρυφα στοιχεία. Μάλιστα ακόμη πιο προβληματικές αποδεικνύονται οι κλειστές και οι ανοικτές τριέδρες γωνίες, δηλαδή τα σημεία συνάντησης του δώματος με δύο κατακόρυφες επιφάνειες, που βρίσκονται μεταξύ τους υπό γωνία (συνήθως ορθή).

Αυτά τα κατακόρυφα στοιχεία υπάρχουν αναπόφευκτα σε κάθε δώμα και κυρίως είναι:

- Τα περιμετρικά στηθαία.
- Η απόληξη του κλιμακοστασίου.
- Αντεστραμμένα δοκάρια.
- Απολήξεις καπνοδόχων και αγωγών αερισμού.

Τα στοιχεία αυτά είναι εκείνα, στα οποία παρουσιάζονται με μεγαλύτερη συχνότητα οι κατασκευαστικές ατέλειες και κατά συνέπεια οι βλάβες, που οφείλονται κατά κύριο λόγο σε προβλήματα υγρασίας, αφενός λόγω των μεγαλύτερων καταπονήσεων που δέχονται και αφετέρου λόγω της έλλειψης των ενδεικνυόμενων μέτρων προστασίας στις θέσεις αυτές. Οι βάσεις όλων των κατακόρυφων επιφανειών καταπονούνται εντονότερα από τα νερά της βροχής, που αναπηδούν πέφτοντας επάνω στο δώμα και προσβάλλουν τις κατακόρυφες επιφάνειες, από νερά που συγκεντρώνονται λόγω φραγής των υδρορροών και από το χιόνι, που παραμένει σε επαφή μαζί τους μέχρι να λιώσει.

Γι' αυτό τα σημεία αυτά απαιτούν ιδιαίτερη προστασία με τη λήψη απλών μέτρων, που αποσκοπούν:

- στη διαμόρφωση των σωστών κλίσεων, ώστε τα νερά της βροχής να απομακρύνονται γρήγορα και με ασφαλή τρόπο από το δώμα,
- στην τοποθέτηση κατάλληλων προστατευτικών στεγάστρων στα στόμια των υδρορροών, που θα αποτρέπουν την απόφραξή της με φερτά υλικά και ξένα σώματα,
- στη σωστή και επιμελημένη στεγανοποιητική προστασία όλων των κατακόρυφων επιφανειών.

### **Το ανασήκωμα της στεγανοποιητικής στρώσης**

Η στεγανοποιητική στρώση σε όλους τους τύπους των δωμάτων δεν πρέπει ποτέ να σταματά στο σημείο που τελειώνει η οριζόντια επιφάνεια, αλλά να ανασηκώνεται επάνω στην κατακόρυφη μέχρι ύψος ικανό να την προστατεύσει από την αναπήδηση των νερών της βροχής και το ύψος του χιονιού. Το ανασήκωμα αυτό συνήθως φθάνει τα 30 cm από την τελικώς διαμορφωμένη άνω στάθμη του δώματος, μπορεί όμως να φθάσει και σε υψηλότερη θέση. Κατά τον ίδιο τρόπο οφείλει να ανασηκωθεί και η στρώση του φράγματος υδρατμών και να συναντήσει τη στεγανοποιητική στρώση επάνω στην κατακόρυφη επιφάνεια.

Η προστασία των κατακόρυφων πλευρικών επιφανειών συνιστάται να γίνεται με σχηματοποιημένα ασφαλικά ή συνθετικά φύλλα και όχι με επαλείψεις ρευστών υλικών.

Η προστασία μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους:

- Με το ανασήκωμα της ίδιας στεγανοποιητικής μεμβράνης του οριζόντιου επιπέδου του δώματος και την επικόλλησή της επί της κατακόρυφης επιφάνειας.
- Με την προσθήκη τμήματος του ίδιου ή μεγαλύτερης αντοχής υλικού, που θα επικολληθεί επί της οριζόντιας στρώσης και θα αποτελέσει ενιαίο σώμα μ' αυτή και θα ανασηκωθεί στην κατακόρυφη επιφάνεια.

Στην πράξη, για λόγους ευκολίας στην εκτέλεση των εργασιών, προτιμάται ο πρώτος τρόπος. Συνιστάται όμως ο δεύτερος, αφενός επειδή περιορίζονται οι αναπτυσσόμενες τάσεις λόγω διαφορετικών καταπονήσεων και αφετέρου επειδή η κατακόρυφη στεγανοποιητική στρώση έχει συχνά διαφορετικές απαιτήσεις από την οριζόντια. Η οριζόντια, όταν επικαλύπτεται από άλλη στρώση, δεν έχει ανάγκη προστασίας από την επίδραση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Αντιθέτως, η κατακόρυφη, που συνήθως παραμένει εκτεθειμένη, απαιτεί προστασία.

Γι' αυτό και επιλέγεται για το τμήμα αυτό στεγανοποιητική μεμβράνη επικαλυμμένη με ψηφίδες ή άλλη προστατευτική στρώση (ηχ. φύλλο αλουμινίου).

Το πρόσθετο φύλλο επικαλύπτει την οριζόντια στρώση κατά 20 cm τουλάχιστον και η σύνδεσή τους γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται η σύνδεση δύο γειτονικών μεμβρανών.

### **Προστασία της στεγανοποιητικής μεμβράνης στο στηθαίο**

Η στεγανοποιητική μεμβράνη οφείλει να ανασηκωθεί επί της κατακόρυφης επιφάνειας μέχρι ύψους 30 cm τουλάχιστον. Ωστόσο, στις θέσεις των στηθαίων είναι σκόπιμο να φτάνει στη στέψη τους και να γυρίζει επάνω σ' αυτήν, προφυλασσομένη από την προστατευτική επικάλυψη (μάρμαρο, μεταλλικό κάλυπτρο κτλ).

Αν παρ' όλα αυτά επιλεγεί να διακοπεί το ανασήκωμά της σε χαμηλότερη θέση, τότε θα πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία της απόληξής της. Η έλλειψη προστασίας μπορεί να προκαλέσει χαλάρωση, ολίσθηση ή αποκόλληση της μεμβράνης με αποτέλεσμα την εμφάνιση σχισμών ή και -στη χειρότερη περίπτωση- διακένων πίσω απ' αυτήν, που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού και τον εμποτισμό των στρώσεων που βρίσκονται κάτω από τη στεγανοποιητική μεμβράνη.

Η προστασία μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- Με τη μηχανική στερέωση της μεμβράνης επάνω στην κατακόρυφη επιφάνεια με μεταλλικό έλασμα (πλάτους 5 cm περίπου και πάχους τουλάχιστον 3 mm) που βιδώνεται σε βάθος μεγαλύτερο των 8 cm μέσα στον τοίχο ή στο στηθαίο. Το έλασμα καλύπτεται με λωρίδα της στεγανοποιητικής μεμβράνης και τα κενά που δημιουργούνται ανάμεσα στην επιφάνεια του στοιχείου και στο έλασμα συμπληρώνονται με ασφαλική μαστίχη ή ασφαλικό στόκο.

- Με προστατευτικά μεταλλικά κάλυπτρα (ηχ. ανοξείδωτη στραντζαριστή λαμαρίνα), που στερεώνονται επάνω στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και παρεμποδίζουν τη διείσδυση των νερών της βροχής πίσω από τη στεγανοποιητική στρώση. Τα κάλυπτρα αυτά διατρέχουν τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία σ' όλο τους το μήκος και στα σημεία των ενώσεών τους αλληλοκαλύπτονται κατά 10 cm. Η λύση αυτή επιλέγεται συνήθως, όταν αναμένονται μετακινήσεις μεταξύ των δομικών στοιχείων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στο σημείο συνάντησης των στηθαίων δύο όμορων κατασκευών (π.χ. θέση αρμού). Στη θέση αυτή η στεγανοποιητική μεμβράνη είναι σκόπιμο να διαμορφώνεται με πτυχωσεις, ώστε να μπορεί να παρακολουθήσει αυτές τις μετακινήσεις .

• Με εγκοπή του τοίχου του σθηθαίου σε υψηλότερη θέση από αυτήν της απόληξης του ασφαλώπανου. Το τμήμα του σθηθαίου, επί του οποίου ανέρχεται το ασφαλώπανο, βρίσκεται σε "τραβηγμένη" προς τα μέσα επιφάνεια και προστατεύεται από το τμήμα που βρίσκεται προς τα έξω (μεγαλύτερου πάχους). Πάντως και σ' αυτήν την περίπτωση τα τυχόν διάκενα που δημιουργούνται μεταξύ δομικού στοιχείου και στεγανοποιητικής μεμβράνης θα πρέπει να συμπληρώνονται με ασφαλική μαστίχη. Συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων αποτελεί την καλύτερη λύση προστασίας στις ευαίσθητες θέσεις της απόληξης της στεγανοποιητικής στρώσης.

### Διαμόρφωση της γωνίας

Στο σημείο συνάντησης των δύο επιφανειών το γύρισμα της στεγανοποιητικής μεμβράνης δεν πρέπει να σχηματίζει ορθή γωνία, αλλά αμβλεία, ανοίγματος περίπου  $135^\circ$ , αφενός διότι στην ορθή γωνία μπορεί να ραγίσει και να σπάσει, λόγω της ισχυρής μηχανικής καταπόνησης που δέχεται και αφετέρου για να μη δημιουργηθούν πίσω από τη μεμβράνη κενά με αέρα. Η ήπια μετάβαση από την οριζόντια στην κατακόρυφη επιφάνεια επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση τριγωνικής φαλτσογωνίας (διατομής ισοσκελούς ορθογωνίου τριγώνου, κάθετων πλευρών περίπου 3 cm - 5 cm), αποτελούμενης συνήθως από τσιμεντοκονίαμα και σπανιότερα από ξύλο ή κάποιο άλλο σκληρό υλικό, που δεν θα κινδυνεύει να καταστραφεί από το φλόγιστρο σε περίπτωση επικόλλησης εν θερμώ.

Το πρόβλημα στη γωνία μπορεί επίσης να αντιμετωπισθεί και με την τοποθέτηση γωνιακών μεταλλικών ή πλαστικών ελασμάτων. Αυτά σχηματίζουν ορθή γωνία πλευράς 20 cm - 30 cm και τοποθετούνται ανάμεσα στις δύο επάλληλες στεγανοποιητικές στρώσεις υπό τύπο σάντουιτς. Τόσο τα οριζόντια, όσο και τα κατακόρυφα φύλλα σταματούν τότε στο όριο της γωνίας.

Ωστόσο, σε μια τέτοια κατασκευή ενδέχεται να υπάρξουν προβλήματα (π.χ. σχίσιμο της στεγανοποιητικής μεμβράνης) λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων και της διαφορετικής συμπεριφοράς του μεταλλικού ελάσματος και του στεγανοποιητικού φύλλου στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Για το λόγο αυτό σε έντονες θερμοκρασιακές καταπονήσεις αυτές οι λύσεις πρέπει να αποφεύγονται.

### Η θέση των υδρορροών

Η παρουσία των υδρορροών είναι απαραίτητη σε κάθε δώμα, προκειμένου να συγκεντρώνονται και να απομακρύνονται τα νερά της βροχής.

Αποτελεί στοιχείο πρωταρχικής σημασίας η ορθή επιλογή της θέσης τους από το στάδιο της μελέτης και όχι κατά το στάδιο της κατασκευής. Αποφεύγονται έτσι λάθη στην επιλογή των θέσεων διέλευσης των κατακόρυφων αγωγών ή στη διαμόρφωση των κλίσεων στο δώμα. Στο στόμιο της υδρορροής τοποθετείται σχάρα ημισφαιρικού σχήματος, προκειμένου να συγκρατεί φύλλα των δένδρων, μικρά κομμάτια ξύλου και άλλα ξένα σώματα, που παρασύρονται από τα νερά της βροχής και μπορούν εύκολα να τη φράξουν.

Οι κατακόρυφες υδρορρόες πρέπει να είναι εξωτερικές και να μην ενσωματώνονται μέσα σε δομικά στοιχεία και ιδίως να μην ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία του φέροντα οργανισμού, για να μπορούν να ελέγχονται. Στηρίζονται με δακτύλιους (δύο ημικυκλικούς δακτύλιους που συνδέονται μεταξύ τους) στην κατακόρυφη επιφάνεια του τοίχου και καταλήγουν σε φρεάτια στο έδαφος. Από εκεί οδηγούνται με άλλους αγωγούς ελεύθερα στο ρείθρο του πεζοδρομίου ή -εφόσον υπάρχει- στον αγωγό αποχέτευσης ομβρίων.

Στη θέση του στομίου της υδρορροής πρέπει να εξασφαλίζεται πλήρης στεγανότητα. Για το λόγο αυτό η στεγανοποιητική στρώση οφείλει να καταλήγει (να γυρίζει) μέσα στο στόμιο της υδρορροής. Διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος τα απορρέοντα νερά να διεισδύσουν ανάμεσα στις στρώσεις του δώματος. Ωστόσο, η πρόσθετη στεγανοποιητική λωρίδα που συχνά τοποθετείται γύρω από το στόμιο της υδρορροής, προκειμένου να εξασφαλισθεί καλύτερη στεγανότητα, μπορεί να αυξήσει το ύψος της διατομής και το στόμιο να βρεθεί σε ελαφρώς υψηλότερη στάθμη από τη στάθμη της περιμετρικής επιφάνειας του δώματος, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται γύρω από το στόμιο λιμνάζοντα νερά. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με το σχηματισμό βαθουλώματος περιμετρικά της υδρορροής και την τοποθέτησή της σε στάθμη ελαφρώς χαμηλότερη, ώστε στην τελική διαμόρφωση των στρώσεων στο σημείο αυτό το στόμιο να εμφανίζεται στην ίδια ή σε κατώτερη στάθμη. Στα βατά δώματα η αποστράγγιση των νερών πρέπει να γίνεται σε δύο επίπεδα:

- στη στάθμη της άνω επιφάνειας της τελικής επικαλυπτικής στρώσης και
- στη στάθμη της στεγανοποιητικής στρώσης.

Για την αποτελεσματική πάντως λειτουργία των υδρορροών δεν αρκεί μόνον η σωστή κατασκευαστική λύση. Απαραίτητη είναι και η διαρκής μέριμνα για τον τακτικό καθαρισμό του δώματος και κυρίως-της σχάρας των στομίων των υδρορροών.

### **Παράμετροι διαστασιολόγησης των υδρορροών**

Οι υδρορρόες είναι συνήθως κατασκευασμένες από γαλβανισμένους μεταλλικούς σωλήνες ελαφρού τύπου ή σπανιότερα- από πλαστικούς σωλήνες.

Για τον υπολογισμό του πλήθους των υδρορροών σε ένα δώμα και των διαστάσεών τους (διαμέτρου αγωγού) θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες παράμετροι, σημαντικότερες των οποίων είναι:

- Η ποσότητα της βροχόπτωσης στη διάρκεια του έτους.
- Η εκτιμώμενη ποσότητα νερού προς απομάκρυνση, θεωρώντας ένα συντελεστή ασφάλειας για περιπτώσεις έντονης καταιγίδας.
- Η μορφή της τελικώς διαμορφωμένης επιφάνειας του δώματος (επίπεδη επιφάνεια, μεγάλη ή μικρή κλίση, φυτεμένο ή συμπαγές δώμα, βατό ή επισκέψιμο κτλ.).

Οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων ορίζονται από πίνακες. Γενικώς πάντως η διάμετρος μιας υδρορρόης δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 100 mm. Υπό κανονικές συνθήκες σε μια υδρορρόη T 100 εκτιμάται ότι αναλογούν κατά μέσο όρο περίπου 80 -100 m<sup>2</sup> επιφάνειας δώματος ή αλλιώς σε κάθε 1 m<sup>2</sup> δώματος αντιστοιχεί περίπου 1 cm<sup>2</sup> της διατομής της υδρορρόης.

### **3.3.3 Προστασία εξωτερικών όψεων**

#### **Επίδραση της βροχής**

Η βροχή είναι ένα από τα κύρια αίτια εμφάνισης προβλημάτων στις εξωτερικές τοιχοποιίες. Τα περισσότερα προβλήματα από τα νερά της βροχής εμφανίζονται στους τοίχους που είναι προσανατολισμένοι προς την κύρια διεύθυνσή της ή στους τοίχους των τελευταίων ορόφων των κτιρίων. Ομοίως, περισσότερα προβλήματα εμφανίζονται στους μονοκέλυφους τοίχους απ' ότι στους δικέλυφους, καθώς και στους ανεπίχριστους απ' ότι στους επιχρισμένους. Το νερό της βροχής εισχωρεί στη διατομή του τοίχου μέσω των ρωγμών και των τριχοειδών του αγγείων, προκαλώντας ποικιλία φθορών και μειώνοντας τη θερμομονωτική του ικανότητα.

Ωστόσο, ένας καλά δομημένος τοίχος δεν κινδυνεύει άμεσα από τη βροχή. Τα προβλήματα από την ύγρανσή του δεν οφείλονται τόσο στο τριχοειδές φαινόμενο των δομικών του υλικών, όσο σε κατασκευαστικές αστοχίες. Η διείσδυση του νερού από τα πλευρικά τοιχώματα των κατασκευών, αντίθετα προς ότι πιστεύεται, δεν είναι υψηλή, εκτός από ειδικές περιπτώσεις. Η υγρασία εμφανίζεται έντονη, όταν η βροχή διαρκεί πολλές ημέρες και δεν παρέχεται μεγάλη δυνατότητα εξαερισμού των τοιχωμάτων, ενώ παρουσιάζεται εξασθενημένη όταν μετά από την κακοκαιρία ακολουθούν μεγάλα διαστήματα καλοκαιρίας.

Συνήθως, τα προβλήματα υγρασίας οφείλονται: - σε ακατάλληλα υλικά δόμησης,

- σε κακοτεχνίες των αρμών,
- σε ανεπαρκή λήψη μέτρων προστασίας,
- σε συμπύκνωση των υδρατμών λόγω ψύξης του τοίχου.

Ειδικότερα, όταν η υγρασία εμφανίζεται στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου, συνήθως οφείλεται:

- Στη διείσδυση του νερού μέσω διάκενων, που έχουν αφηθεί στους αρμούς λόγω κακής διάστρωσης του συνδετικού κονιάματος μεταξύ των βασικών υλικών κατασκευής (λίθων ή πλίνθων).

- Στη διείσδυση του νερού μέσω ρωγμών στο επίχρισμα ή στο συνδετικό κονίαμα, λόγω κακής κατασκευής ή ακόμη και στα τούβλα λόγω πλημμελούς προστασίας τους.

- Στην εγκάρσια τοποθέτηση διάτρητων τούβλων στο σώμα της τοιχοποιίας, που επιτρέπουν τη διέλευση των νερών μέσω των οπών τους.

- Στη δημιουργία ψυχρών επιφανειών και στη συνεπακόλουθη συμπύκνωση των υδρατμών του εσωτερικού χώρου.

Τα συμπτώματα υγρασίας εκδηλώνονται σε μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση, αναλόγως του αιτίου που τα προκαλεί και του μεγέθους του προβλήματος. Συνήθως εμφανίζονται κηλίδες εμποτισμού, λεπτά στρώματα μούχλας, μυκήτων και σκόνης, άλατα υπό τύπο εξανθημάτων, διογκώσεις και αποκολλήσεις του επιχρίσματος από την επιφάνεια του τοίχου.



### **Μέτρα προστασίας**

Η προσπάθεια στεγανοποίησης των όψεων ξεκινά από το σχεδιασμό τους. Οι εξώστες, τα στηθαία, οι ποδιές των παραθύρων, οι υδρορρόες κτλ. πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένα, έτσι ώστε το νερό που συγκεντρώνεται σ' αυτά να απομακρύνεται χωρίς να επηρεάζει την όψη. Σημαντική παράμετρο αποτελεί επίσης ο σωστός σχεδιασμός και η καλή στεγανοποίηση των αρμών, καθώς και η αποκατάσταση των ρωγμών που πιθανόν να υπάρχουν στην όψη. Επομένως, η στεγανότητα της όψης εξαρτάται από το υλικό κατασκευής της και μπορεί να βελτιωθεί με την εφαρμογή ειδικών στεγανοποιητικών υλικών.

Τα μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων έχουν συνήθως δύο κατευθύνσεις :

- να παρεμποδίσουν ή τουλάχιστον να μειώσουν τη διείσδυση των νερών της βροχής μέσα στον τοίχο και
- να αποτρέψουν το σχηματισμό συμπύκνωσης στην εσωτερική του επιφάνεια.

### **Προστεγασματα**

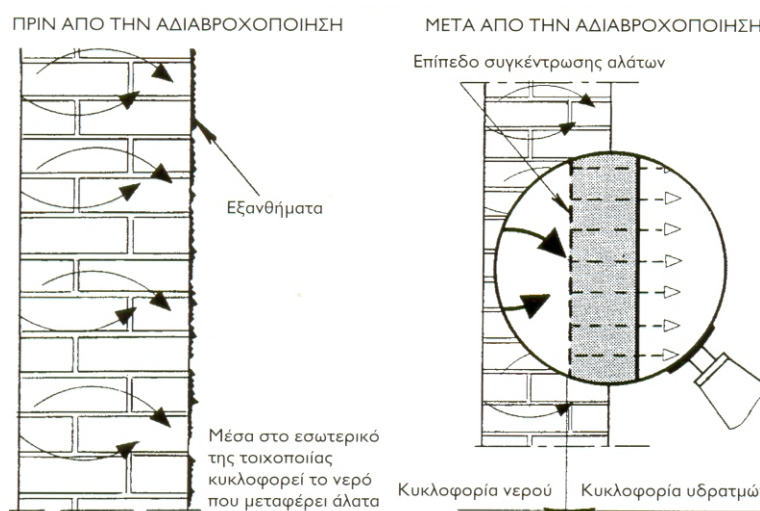
Η συνηθέστερη και απλούστερη μέθοδος προστασίας είναι η ανάπτυξη προστεγασμάτων. Σε νέα κατασκευή η ύπαρξη προστεγασμάτων μπορεί να προβλεφθεί εξαρχής από τη μελέτη. Αντίθετα, σε υφιστάμενη κατασκευή αποτελεί πρόσθετο νέο στοιχείο που θα συνδεθεί με τα υπάρχοντα. Γι' αυτό θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην καλή σύνδεσή τους με τον τοίχο, χωρίς να προκληθούν ρωγμές ή μικροσχισμές, που θα επιτρέψουν τη διείσδυση του νερού μέσω αυτών, με κίνδυνο να ανατρέψουν στην πράξη το όλο εγχείρημα.

### **Υδατοαπωθητικές επαλείψεις**

Πρόκειται για ρευστά, που επαλείφονται στην εξωτερική επιφάνεια όψεων από σκυρόδεμα, τούβλα ή φυσική πέτρα. Δεν επηρεάζουν σημαντικά την αισθητική της όψης και εκτός του ότι αυξάνουν τη στεγανότητά της, την προστατεύουν από την επίδραση των χημικών παραγόντων της ατμόσφαιρας και από την επίδραση του παγετού.

Τα υδατοαπωθητικά υλικά υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία, με χαρακτηριστικό στοιχείο της αποτελεσματικότητάς τους το ποσοστό των στερεών σωματιδίων του περιέχονται μέσα στο διαλύτη.

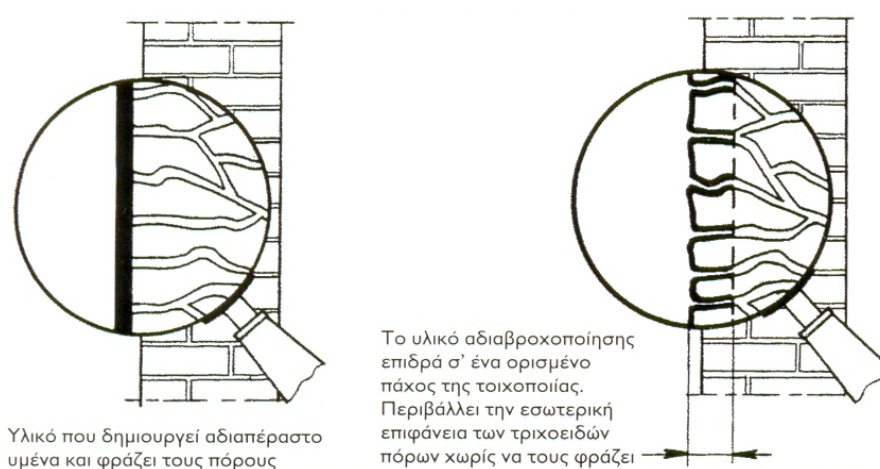
Υπάρχουν επίσης επαλείψεις με ελαφριά απόχρωση, για να καθιστούν την επιφάνεια της όψης αισθητικά ομοιογενή. Τα υλικά αυτά δεν έχουν τη δυνατότητα να στεγανοποιούν τις ρωγμές του υποβάθρου, για το λόγο αυτό η στεγανοποίηση των ρωγμών πρέπει να προηγείται της επάλειψης. Το ίδιο χρειάζεται να γίνει και με τις ρωγμές που είναι πιθανό να δημιουργηθούν στην όψη μετά την επάλειψη. Μόνο τα υδατοαπωθητικά υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά σωματίδια μπορούν να καλύψουν τριχοειδείς ρωγμές που προϋπάρχουν στις επιφάνειες.



**Εικόνα 6341 Τα υλικά αδιαβροχοποίησης είναι επικίνδυνο να εφαρμόζονται σε τοιχοποιίες που εμφανίζουν εξανθήματα αλάτων.**

Η επιλογή μεταξύ των υδατοαπωθητικών υλικών γίνεται ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες κάθε έργου. Μερικά υδατοαπωθητικά υλικά που εισχωρούν στους πόρους μπορεί να επηρεαστούν από το έντονα αλκαλικό περιβάλλον του υποβάθρου (π.χ. νωπού σκυροδέματος), έτσι ώστε να χάσουν τη χημική τους σταθερότητα, οπότε και την υδατοαπωθητική τους ιδιότητα. Άλλα πάλι υλικά είναι ευαίσθητα στα ιόντα χλωρίου, τα οποία μπορεί να προέλθουν από τη διάβρωση του οπλισμού του σκυροδέματος ή άλλων μεταλλικών στοιχείων που υπάρχουν στην όψη. Σημασία επίσης έχει ο ηλιασμός της όψης, διότι κάποια υλικά είναι πιο ευαίσθητα από άλλα στην επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, ανάλογα με την πιθανότητα και το βαθμό που αυτά εισχωρούν στους πόρους των δομικών επιφανειών.

Η εφαρμογή των υδατοαποθητικών υλικών στις όψεις γίνεται μετά από την επιδιόρθωση των ρωγμών και το σφράγισμα των αρμών και μετά την πλήρη ωρίμαση των υλικών της όψης και των υλικών επιδιόρθωσης. Τα τμήματα των όψεων, τα οποία δεν επαλείφονται (π.χ. κουφώματα), πρέπει να προστατεύονται με χαρτοταινίες. Η εφαρμογή του υλικού γίνεται συνήθως με ψεκασμό, σε ποσότητα που ρυθμίζεται ανάλογα με το πορώδες της επιφάνειας εφαρμογής. Πριν από την εφαρμογή, είναι καλό να γίνεται δοκιμή σε μια μικρή επιφάνεια της όψης, ιδιαίτερα αν πρόκειται για όψη από φυσική πέτρα, της οποίας η ακριβής σύσταση μπορεί να είναι άγνωστη.



**Εικόνα 64 Τα υλικά αδιαβροχοποίησης πρέπει να στεγανοποιούν την όψη επιτρέποντας ταυτόχρονα την αναπνοή της.**

### **Τύποι υδατοαποθητικών επαλείψεων**

Οι υδροαποθητικές επαλείψεις διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες

- Υδατοαποθητικές επαλείψεις που δημιουργούν μεμβράνη. Τέτοια υλικά είναι τα ακρυλικά, οι σιλικόνες, οι ουρεθάνες, οι ρητίνες σιλικόνης και τα μεθακρυλικά. Εφαρμόζονται σε σταθερές, επίπεδες και απόλυτα καθαρές επιφάνειες, συνήθως σε δύο στρώσεις. Τα υλικά αυτά έχουν αρκετά μεγάλο ιξώδες, έτσι ώστε να παραμένουν στην επιφάνεια των δομικών υλικών και να μην εισχωρούν στους πόρους τους. Το ιξώδες εξαρτάται από την περιεκτικότητα του υλικού σε στερεά σωματίδια. Όσο πιο πορώδες είναι το υπόβαθρο της όψης, τόσο πιο μεγάλο πρέπει να είναι το ιξώδες του υδροαποθητικού υλικού.

Η μεμβράνη που δημιουργείται στην επιφάνεια της όψης μπορεί να επηρεάσει σε ένα βαθμό την εμφάνισή της, προσδίδοντάς της μια πιο σκούρα απόχρωση ή γυαλιστερή υφή. Η βαφή της επιφάνειας επάνω από την υδατοαπωθητική μεμβράνη δεν ενδείκνυται. Η αντοχή της μεμβράνης σε ακραίες καιρικές συνθήκες και επιφανειακές μηχανικές καταπονήσεις είναι περιορισμένη.

- Υδατοαπωθητικές επαλείψεις που εισχωρούν μέσα στους πόρους. Τέτοια υλικά είναι τα σιλοξάνια, τα σιλάνια, τα ελαστικά σιλικόνης και οι συνδυασμοί σιλανίων - σιλοξανίων και σιλοξανίων - ακρυλικών. Εφαρμόζονται συνήθως σε μια στρώση. Τα υλικά αυτά έχουν αρκετά χαμηλό ιξώδες, έτσι ώστε να εισχωρούν στους πόρους των δομικών υλικών. Εφαρμόζονται συνήθως επάνω σε πορώδη υπόβαθρα και μερικά από αυτά έχουν τέτοια χημική σύνθεση, ώστε να αντιδρούν χημικά με το υλικό του υπόβαθρου, δημιουργώντας ενώσεις που απωθούν το νερό. Δεν εφαρμόζονται επάνω σε ξύλο, εφυσωμένο κεραμικό, επιφάνειες με αδρανή που προεξέχουν ή βαμμένες επιφάνειες. Οι υδατοαπωθητικές επαλείψεις που εισχωρούν στους πόρους δεν καλύπτουν το βάθος του, έτσι αφήνουν τις επιφάνειες να "αναπνέουν". Με τον τρόπο αυτό επιτρέπουν στο νερό που έχει εισέλθει στο εσωτερικό τους (π.χ. από ανιούσα υγρασία) να εξατμιστεί προς τον εξωτερικό χώρο. Επιπλέον, είναι πολύ ανθεκτικές σε χημικές επιδράσεις και επιφανειακές μηχανικές καταπονήσεις και μπορεί να βλάψουν κάποια παρακείμενα υλικά ή τη βλάστηση.

### **Ιδιότητες υδατοαπωθητικών υλικών τα οποία δημιουργούν υμένα επάνω στις δομικές επιφάνειες**

#### **Πλεονεκτήματα**

- Υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά υλικά, τα οποία μπορεί να καλύψουν τριχοειδείς ρωγμές που προϋπάρχουν.
- Καλύπτουν σε ένα βαθμό δυσχρωμίες του υποβάθρου ή εργασίες επιδιόρθωσης.
- Εφαρμόζονται ακόμη και σε ξύλο ή εκτεθειμένα αδρανή.

#### **Μειονεκτήματα**

- Δεν έχουν μεγάλη αντοχή στις καιρικές συνθήκες.
- Δεν έχουν μεγάλη αντοχή στην επιφανειακή τριβή.
- Χρειάζεται πολύ καλή προετοιμασία του υποβάθρου.
- Η επιφάνεια δεν "αναπνέει". Παρεμποδίζεται η διάχυση των υδρατμών.

## Ιδιότητες υδατοαποθητικών υλικών τα οποία εισχωρούν στους πόρους των υλικών

### Πλεονεκτήματα

- Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Αντοχή στην επιφανειακή τριβή.
- Δυνατότητα "αναπνοής" της επιφάνειας.
- Επιτρέπουν (άλλα περισσότερο και άλλα λιγότερο) τη διάχυση των υδρατμών.

### Μειονεκτήματα

- Μπορεί να επηρεάσουν χημικά κάποια υλικά, όπως το γυαλί και το αλουμίνιο.
- Βλάπτουν τα παρακείμενα φυτά κατά την εφαρμογή.
- Δεν εφαρμόζονται στο ξύλο ή σε σκληρά φινιρίσματα, όπως εφυαλωμένα πλακίδια.

### Τσιμεντοειδείς στρώσεις

Πρόκειται για τον παλαιότερο τρόπο προστασίας των όψεων από την υγρασία, ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως και σήμερα. Το στεγανοποιητικό υλικό είναι ένα ισχυρό λεπτόκοκκο τσιμεντοκονίαμα που περιέχει λεπτά πυριτικά αδρανή. Στο μείγμα μπορούν να προστεθούν χρωστικές ουσίες ή ειδικά βελτιωτικά πρόσμεικτα για τη βελτίωση της στεγανότητας και της συνάφειας με το υπόβαθρο.

Μια τσιμεντοειδής στρώση επηρεάζει σημαντικά την αισθητική της όψης, καλύπτοντας τα δομικά υλικά της με μια ομοιόμορφη στρώση επιχρίσματος. Η μεταβολή αυτή στην αισθητική της όψης πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την επιλογή του συγκεκριμένου υλικού στεγανοποίησης.

Οι τσιμεντοειδείς στρώσεις προετοιμάζονται στον τόπο του έργου και η ποιότητά τους εξαρτάται από τη σωστή ανάμειξη των υλικών και την εφαρμογή. Χρειάζεται προσοχή, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια του συνόλου του υλικού που εφαρμόζεται σε ολόκληρη την όψη και να μη δημιουργηθούν τμήματα με διαφορετική εμφάνιση ή στεγανοποιητική ικανότητα.

Η τσιμεντοειδής στρώση έχει μεγάλη μηχανική αντοχή, αντοχή στην επίδραση των καιρικών συνθηκών και χημικών ουσιών και σταθερότητα στο χρόνο. Μπορεί να επηρεαστεί όμως από την όξινη βροχή.

Επιτρέπει στο υπόβαθρο να "αναπνέει", για το λόγο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί ακόμη και επάνω σε υγρό υπόβαθρο ή σκυρόδεμα που δεν έχει ακόμη αποβάλει πλήρως την υγρασία του. Βελτιώνει την επιφανειακή αντοχή της όψης, αλλά δεν καλύπτει τις ρωγμές που μπορεί να προϋπάρχουν σ' αυτήν, ούτε προστατεύει από ρωγμές που μπορεί να δημιουργηθούν εκ των υστέρων.

Η τσιμεντοειδής στρώση αποκτά πολύ καλή συνάφεια με τα πορώδη υλικά, ενώ σε λείο υπόβαθρο (π.χ. προεντεταμένο σκυρόδεμα) μπορεί να χρειάζεται εφαρμογή ασταριού, που βελτιώνει τη συνάφεια ή εκτράχυνση με μηχανικά ή χημικά μέσα. Οι ατέλειες του υπόβαθρου διορθώνονται. το υπόβαθρο διαβρέχεται και στη συνέχεια το τσιμεντοκονίαμα εφαρμόζεται με βούρτσα. μυστρί ή ψεκασμό. Η τσιμεντοειδής επιφάνεια χρειάζεται 1-3 ημέρες για να ωριμάσει και μπορεί να χρειάζεται ενδιάμεση διαβροχή. Επειδή η στρώση αυτή είναι άκαμπτη. είναι προτιμότερο να αποφεύγεται σε όψεις στις οποίες αναμένονται σημαντικές μετακινήσεις (π.χ σε όψεις που καταπονούνται έντονα από ηλιακή ακτινοβολία).

### **Ιδιότητες τσιμεντοειδών στρώσεων**

#### **Πλεονεκτήματα**

- Πολύ καλή συνάφεια με τα περισσότερα υπόβαθρα.
- Χρησιμοποιούνται ακόμη και σε υπόγειους τοίχους.
- Μεγάλη αντοχή στην επίδραση των καιρικών συνθηκών.
- Δυνατότητα χρώματος και υφής.

#### **Μειονεκτήματα**

- Ακαμψία. Ευαίσθητα στις μεγάλες θερμικές καταπονήσεις λόγω αδυναμίας να ανταποκριθούν στις συστολοδιαστολές.
- Μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί ομοιομορφία χρώματος και υφής .
- Εξειδικευμένη εργασία εφαρμογής.
- Ευαισθησία στην όξινη βροχή.
- Δεν χρησιμοποιούνται επάνω σε μέταλλο και ξύλο.

### Ελαστομερικές επενδύσεις

Πρόκειται για ρευστά υλικά, τα οποία δημιουργούν ελαστομερικές μεμβράνες επάνω στις επιφάνειες εφαρμογής. Αποτελούνται από φορέα ο οποίος χαρακτηρίζει τις ιδιότητες του υλικού, από χρωστικές ουσίες και από διαλύτη, του οποίου το ποσοστό ρυθμίζεται ανάλογα με το πορώδες της επιφάνειας, στην οποία θα εφαρμοστεί η επένδυση.

Τα υλικά, τα οποία δημιουργούν ελαστομερικές επενδύσεις χαρακτηρίζονται επίσης από έναν ορισμένο χρόνο εργασιμότητας, μέσα στον οποίο πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η εφαρμογή τους. Ανάλογα με τον τρόπο ωρίμασής τους, διακρίνονται σε:

- **Θερμοπλαστικά.** Αυτά μαλακώνουν με την επίδραση της θερμότητας και ωριμάζουν με την εξάτμιση του διαλύτη, ο οποίος αφήνει επάνω στη δομική επιφάνεια μία λεπτή μεμβράνη ρητίνης, η οποία επιτρέπει στην επιφάνεια να "αναπνέει". Για παράδειγμα ακρυλικές ρητίνες με διαλύτη το νερό.

- **Θερμοσκληρυνόμενα.** Αυτά σκληρύνονται με την επίδραση της θερμότητας και τα συστατικά τους αντιδρούν μεταξύ τους με την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η αντίδραση μπορεί να επιταχυνθεί με την προσθήκη ειδικού καταλύτη. Το αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης είναι η μεμβράνη που δημιουργείται επάνω στη δομική επιφάνεια. Η μεμβράνη αυτή είναι συνήθως σκληρότερη από αυτή των θερμοπλαστικών υλικών και δεν επιτρέπει στη δομική επιφάνεια να "αναπνέει".

### Ελαστομερικές ρητίνες

Ο συνηθέστερος τύπος ελαστομερικής επένδυσης που χρησιμοποιείται για τη στεγανοποίηση όψεων, είναι οι ελαστομερικές ρητίνες. Είναι θερμοπλαστικές και εφαρμόζονται επάνω σε κάθε δομικό υλικό, ακόμη και επάνω σε παλαιές βαφές ή σε μέταλλα και στεγανοποιητικούς αφρούς σε συνδυασμό με κατάλληλα αστάρια. Το στεγανοποιητικό μείγμα αποτελείται από ακρυλικές ρητίνες διαλυμένες σε νερό ή οργανικό διαλύτη, με διάφορα βελτιωτικά πρόσμεικτα και μερικές φορές χρωστικές για τη δημιουργία απόχρωσης ή με λεπτή άμμο για τη δημιουργία ανάγλυφης επιφάνειας. Το χρώμα της μεμβράνης είναι όμως πιθανό να επηρεαστεί από την ηλιακή ακτινοβολία και να ξεθωριάσει.

Μετά την ωρίμαση του υλικού δημιουργείται στις δομικές επιφάνειες μία λεπτή μεμβράνη που επιτρέπει την "αναπνοή", ενώ ταυτόχρονα είναι στεγανή στο νερό.

Χαρακτηριστική ιδιότητα είναι η ελαστικότητα της μεμβράνης, η οποία της επιτρέπει να ακολουθεί τις μετακινήσεις του υποβάθρου και να καλύπτει τριχοειδείς ρωγμές που προϋπάρχουν σ' αυτήν ή δημιουργούνται εκ των υστέρων. Επίσης η μεμβράνη είναι ανθεκτική σε χημικές επιδράσεις και στην ηλιακή ακτινοβολία και δεν ευνοεί τη συγκράτηση ρύπων. Οι ελαστομερικές ρητίνες μπορεί να είναι διαλυμένες σε:

- **Νερό.** Εφαρμόζονται ευκολότερα και δεν είναι πολύ ευαίσθητες στην υγρασία, με αποτέλεσμα να μπορούν να εφαρμοστούν και σε επιφάνειες που περιέχουν ελάχιστη ποσότητα υγρασίας.

- **Οργανικό διαλύτη.** Εφαρμόζονται με την τήρηση κάποιων όρων για την υγεία των τεχνιτών και τα εργαλεία εφαρμογής καθαρίζονται με διαλύτη. Το υπόβαθρό τους πρέπει να είναι τελείως στεγνό πριν από την εφαρμογή.

Και στις δυο περιπτώσεις, το υλικό είναι πολύ ευαίσθητο στην υγρασία κατά τη διάρκεια της ωρίμασής του, η οποία διαρκεί περίπου 7 η μέρες. Κατά το χρονικό αυτό διάστημα οι επιφάνειες εφαρμογής χρειάζεται να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες, επειδή η διαβροχή τους μπορεί να προκαλέσει την επαναρευστοποίηση του στεγανοποιητικού υλικού. Η εφαρμογή του υλικού γίνεται με βούρτσα, ρολό ή ψεκασμό, προσπαθώντας να δημιουργηθεί στρώση ομοιόμορφου πάχους.

### Ιδιότητες ελαστομερικών ρητινών

#### Πλεονεκτήματα

- Κάλυψη τριχοειδών ρωγμών.
- Πολύ καλή συνάφεια με τα περισσότερα υπόβαθρα.
- Δυνατότητα χρώματος και υφής.
- Δυνατότητα "αναπνοής" του δομικού στοιχείου.
- Αντοχή στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

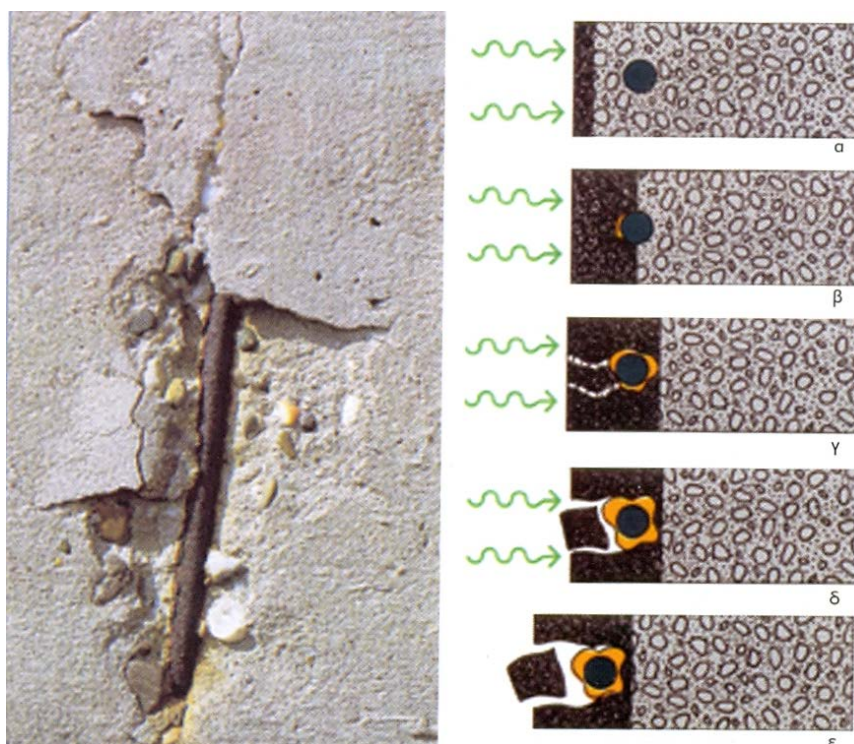
#### Μειονεκτήματα

- Μικρότερος χρόνος ζωής από τις τσιμεντοειδείς στρώσεις.
- Μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί ομοιομορφία πάχους στρώσης.
- Το χρώμα μπορεί να ξεθωριάσει με την πάροδο του χρόνου.



### Φράγμα υδρατμών στην εξωτερική τοιχοποιία

Μια σειρά καίριων ερωτημάτων, όπως εάν χρειάζεται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών και ποια είναι η σωστή του θέση στην τοιχοποιία, απαιτούν για την απάντησή τους τη βαθύτερη γνώση της λειτουργίας του και του φαινομένου που επιβάλλει ή όχι την τοποθέτησή του. Παρ' όλο που η υγρασία είναι ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα των κτιρίων η μέριμνα που λαμβάνεται για την αντιμετώπισή της και πολύ περισσότερο για την πρόληψή της είναι περιορισμένη. Η υγρασία, ανάλογα με τα αίτια που την προκαλούν, προσβάλλει κατά διαφορετικό τρόπο μία κατασκευή. Ορισμένες φορές μάλιστα δεν είναι ορατή, και μόνο οι επιπτώσεις από τη δράση της γίνονται αντιληπτές με αποτέλεσμα να αναζητούνται εσφαλμένα σε άλλα αίτια τα προβλήματα και ακολούθως τα λαμβανόμενα μέτρα προστασίας να είναι αναποτελεσματικά.



Εικόνα 65 Διαδικασία καταστροφής μη αδιαβροχοποιημένης επιφάνειας από σκυρόδεμα:

α)Υγιές σκυρόδεμα,

β)Διείσδυση νερού και διοξειδίου του άνθρακα,

γ)Διάβρωση του οπλισμού,

δ)Διόγκωση του οπλισμού από τη στρώση διάβρωσης,

ε)Αποκόλληση επιφανειακού τεμαχίου και αποκάλυψη του οπλισμού.

Χαρακτηριστικό φαινόμενο είναι η υγρασία λόγω συμπύκνωσης των διαχεόμενων υδρατμών στο εσωτερικό ενός δομικού στοιχείου. Το φαινόμενο παραμένει αθέατο, οι επιπτώσεις του όμως γίνονται αισθητές (εικόνα 65,σελ.291). Αυτή η μορφή υγρασίας προκαλείται πολλές φορές από άγνοια με την τοποθέτηση φράγματος υδρατμών στο εσωτερικό της εξωτερικής τοιχοποιίας. Οι κατασκευαστές θέλοντας να παράσχουν μεγαλύτερη προστασία στις κατασκευές επιφορτίζουν τις τοιχοποιίες με επιπλέον υλικά που στη συνέχεια αποδεικνύονται επιζήμια και καταστροφικά ή -στην καλύτερη τουλάχιστον περίπτωση- άχρηστα και περιττά. Προκαλούν έτσι χωρίς λόγο τη δημιουργία μιας πρόσκαιρης ή μόνιμης υγρασίας στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου με αποτέλεσμα να προσβάλλονται τα υλικά κατασκευής στον πυρήνα της τοιχοποιίας και να περιορίζονται ή να εξαλείφονται οι θερμομονωτικές τους ιδιότητες.

### **Το φράγμα υδρατμών**

Υλικά με υψηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, παρεμποδίζουν τη διέλευσή τους μέσα από τη μάζα του δομικού στοιχείου και παίζουν το ρόλο φράγματος υδρατμών. Τέτοια υλικά είναι τα ασφαλτόπανα, οι ασφαλτικές επαλείψεις, ορισμένες αδιάβροχες βαφές που δεν είναι υδρατμοδιαπερατές, φύλλα αλουμινίου, φύλλα πολυαιθυλενίου και άλλων πλαστικών υλών, μαρμάρινες επικαλύψεις κτλ .Ανάλογα με τη θέση μιας στρώσης που λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών, με τα χαρακτηριστικά των υλικών των υπόλοιπων στρώσεων, με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας' και με τη χρήση του χώρου, το φράγμα υδρατμών μπορεί να αποβεί επωφελές ή επιζήμιο για μια κατασκευή.

- Σε μια τοιχοποιία που ευνοεί τη διάχυση των υδρατμών η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών έχει δυσάρεστες συνέπειες. Παρεμποδίζει τη διέλευση των υδρατμών και αναστέλλει την ικανότητα εξατμισοδιαπνοής της τοιχοποιίας.

- Κατά γενική αρχή όσο μικρότερη είναι η αντίσταση της διατομής στη διάχυση των υδρατμών, τόσο μεγαλύτερη δυνατότητα εξατμισμού έχει η υγρασία και αντίστροφα.

- Σε μια τοιχοποιία που έχει τη θερμομονωτική στρώση στον πυρήνα και παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών, η συμπυκνούμενη ποσότητα είναι μικρότερη σε σύγκριση με μια άλλη που διατηρεί την ίδια σειρά στρώσεων και παρουσιάζει την ίδια θερμική αγωγιμότητα αλλά μικρή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών.

- Σε μια τοιχοποιία υγρού χώρου με μεγάλο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών, το φράγμα υδρατμών μπορεί να είναι ευεργετικό για μια ευαίσθητη θερμομονωτική στρώση, όταν τοποθετηθεί πριν από αυτή και όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την εσωτερική πλευρά του τοίχου. Οι υδρατμοί του εσωτερικού χώρου παρεμποδίζονται να φτάσουν στη θερμομονωτική στρώση, συγκρατούνται στις προηγούμενες στρώσεις και επαναποδίδονται στον εσωτερικό χώρο όταν μειωθεί η σχετική του υγρασία.

- Αντίθετα, είναι λανθασμένη ενέργεια η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών μετά τη θερμομονωτική στρώση. Οι υδρατμοί που διεισδύουν στο δομικό στοιχείο συμπυκνώνονται στην επιφάνεια του φράγματος υδρατμών, προσβάλλουν τη θερμομονωτική στρώση και μειώνουν ή και αχρηστεύουν ακόμη τις θερμομονωτικές της ιδιότητες.

Κατά τον ίδιο τρόπο λειτουργεί μια δισδιάβατη από τους υδρατμούς επένδυση στην επιφάνεια του τοίχου, (ασφαλτικές επαλείψεις, υδροαπωθητικά βερνίκια, μαρμάρινες επικαλύψεις). Στις περιπτώσεις αυτές :

- Αν η επένδυση τοποθετηθεί από την εξωτερική πλευρά του τοίχου μπορεί να προκαλέσει στο εσωτερικό συμπύκνωση των υδρατμών.

- Αν τοποθετηθεί από την εσωτερική πλευρά η συμπύκνωση θα αποφευχθεί.

### **Η θέση της θερμομόνωσης και του φράγματος υδρατμών**

Το υλικό που πρέπει να προστατευτεί σε μια κατασκευή από ένα ενδεχόμενο συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών είναι η θερμομόνωση, ιδίως όταν αποτελείται από ευαίσθητα στην υγρασία υλικά. Αν αυτός ήταν ο μοναδικός λόγος προστασίας της, τότε η καλύτερη θέση τοποθέτησής της θα ήταν η εξωτερική πλευρά του τοίχου. Στην πραγματικότητα όμως πρέπει να προστατευτεί και από άλλους παράγοντες, όπως από την ηλιακή ακτινοβολία, από τα έντομα και τα τρωκτικά, από πιθανή πυρκαγιά και βεβαίως από την υγρασία της βροχής.

Μια διπλή προστασία έναντι της συμπύκνωσης και της επίδρασης των εξωτερικών παραγόντων μπορεί να προσφέρει η εξωτερική επικάλυψη του θερμομονωτικού υλικού με ένα επίχρισμα υδρατμοδιαπερατό και ταυτόχρονα υδαταπωθητικό.

Το νέο πρόβλημα όμως που παρουσιάζεται, ιδίως όταν πρόκειται για μεγάλες επιφάνειες είναι η πρόσφυση του επιχρίσματος επάνω στο θερμομονωτικό υλικό και η συνεργασιμότητα που παρουσιάζουν τα δύο υλικά μεταξύ τους. Τη λύση στα παραπάνω δίνει η δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα και στην καλύτερη εκδοχή της, όταν διατηρεί και μια ενδιάμεση στρώση αέρα. Στην τελευταία αυτή περίπτωση:

- Η θερμομόνωση λειτουργεί ως εξωτερική, αφού ο αέρας του διάκενου επικοινωνεί με το περιβάλλον με φυσική κίνηση από οπές που αφήνονται στην κορυφή και στη βάση του τοίχου.

- Ο εξωτερικός τοίχος προστατεύει την κατασκευή από τους εξωτερικούς παράγοντες και κυρίως από τη βροχή, διατηρώντας στεγνή τη θερμομονωτική στρώση. Ένα σοβαρό λάθος όμως που συνήθως γίνεται σε μια τέτοια κατασκευή είναι η τοποθέτηση ενός φύλλου αλουμινίου ή φύλλου πολυαιθυλενίου ή οποιουδήποτε άλλου υλικού με υψηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών στην εξωτερική ψυχρή επιφάνεια της θερμομονωτικής στρώσης.

Κανένας λόγος δεν υπαγορεύει την τοποθέτηση ενός τέτοιου υλικού στη θέση αυτή, που λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών και το μόνο που επιτυγχάνει είναι να παρεμποδίζει την "αναπνοή" του εσωτερικού κελύφους του τοίχου.

### **Προβλήματα από το φράγμα υδρατμών**

Το φαινόμενο της διάχυσης των υδρατμών εμφανίζεται πολύ πιο σύνθετο, όταν σε ένα δομικό στοιχείο κάποια χρονική περίοδο λόγω ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, η φορά της διάχυσης των υδρατμών αντιστραφεί, όταν δηλαδή οι υδρατμοί διαχέονται από την εξωτερική προς την εσωτερική πλευρά του δομικού στοιχείου. Τότε, ένα ευνοϊκό φράγμα σε μια τοιχοποιία μπορεί να αποβεί επιζήμιο, επειδή θα προκαλεί τη συμπύκνωση των διαχεόμενων υδρατμών.

Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα το φράγμα υδρατμών στο εσωτερικό ενός τοίχου μιας συμβατικής κατασκευής κατοικίας δεν έχει αποδειχτεί ότι είναι απαραίτητο. Τουναντίον, είναι προτιμότερη η αποφυγή του.

Αν κριθεί απαραίτητη η τοποθέτηση ενός φράγματος, θα πρέπει να γίνει ύστερα από μελέτη, ώστε να αποβεί επωφελής για την κατασκευή. Υλικά που σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρούνται απαραίτητα για την καλή λειτουργία ή για την προστασία μιας κατασκευής, σε άλλες αποδεικνύονται επιζήμια. Τα υλικά που παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών δυσχεραίνουν τη διέλευση των υδρατμών μέσα από τη μάζα τους και αναπόφευκτα παίζουν το ρόλο του φράγματος. Έτσι, αντί να προστατεύσουν από την υγρασία, μπορεί να προκαλέσουν την εκδήλωσή της.

Ανάλογα με την πορεία της διάχυσης των υδρατμών μπορεί να προκληθεί ή όχι συμπύκνωση. Ο γενικός κανόνας που πρέπει να ισχύει, είναι μια στρώση που λειτουργεί ως φράγμα υδρατμών να τοποθετείται από τη θερμή πλευρά της θερμομόνωσης. Αν όμως η πλευρά αυτή δεν παραμένει ίδια σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι προτιμότερο το φράγμα να αποφευχθεί ή να τοποθετηθεί και από τις δύο όψεις της θερμομόνωσης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις το ρόλο του φράγματος υδρατμών παίζουν υλικά που τοποθετούνται για διαφορετικό σκοπό στην κατασκευή. Για παράδειγμα μια ορθομαρμάρωση, μια επένδυση με πέτρα ή πλάκες μωσαϊκού, μια ασφαλική επάλειψη ή μια αδιαπέραστη από το νερό βαφή μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγρασίας λόγω της μεγάλης αντίστασης που προβάλλουν στη διάχυση των υδρατμών. Σε μια τέτοια περίπτωση πρέπει να τοποθετηθεί άλλο υλικό με υψηλότερο συντελεστή από την εσωτερική όψη του τοίχου ή σε ενδιάμεση θέση. Πάντα όμως από τη θερμή πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης. Γενικώς η χρήση των υλικών σε μια κατασκευή πρέπει να γίνεται με σύνεση και προσοχή. Οι ιδιότητές τους, η συνεργασία τους με τα άλλα υλικά, η θέση τους αλλά και η χρήση του χώρου που θα τοποθετηθούν, είναι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Τριανταφύλλου Κ. **Ανιούσα υγρασία. Μέθοδοι για να εμποδιστεί η άνοδος του νερού στους τοίχους.** Περιοδικό Κτίρια, τεύχος Ιανουάριος – Φεβρουάριος 1994.
- Παπαδόπουλος Μ. **Θερμομόνωση κτιρίων.** Θεσσαλονίκη, 1984.
- Σαραντάκος Δ. **Στεγανοποιήσεις και στεγανωτικά υλικά.** Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε. τεύχος 1703, Αθήνα, 10 Μαρτίου 1992.
- Αθανασόπουλος Χ. **Κατασκευή κτιρίων. Σύνθεση και τεχνολογία.** Εκδόσεις Α. Παπασωτηρίου, Αθήνα 1984.
- Αθανασόπουλος Χ. **Προστασία κτιρίων. Θερμομόνωση, ηχομόνωση-ηχοπροστασία** Αθήνα 1991.
- Αραβαντινός Δ. **Αφιέρωμα στη στεγάνωση των κτιρίων.** Περιοδικό Κτίριο, τεύχος 130 Νοέμβριος – Δεκέμβριος 2000.
- Αραβαντινός Δ. **Υγροπροστασία κτιρίων.** Θεσσαλονίκη 2001.
- Τροχίδης Α. - Τσινίκας Ν. **Ηχομόνωση – Υλικά και Διατάξεις.** Θεσσαλονίκη 1980.
- Τσινίκας Ν. **Αρχιτεκτονική Τεχνολογία,** Θεσσαλονίκη 1987.
- Καλύβας Γ. **Θερμικές γεφυρώσεις και συμπυκνώσεις υδρατμών στα στοιχεία εξωτερικού κελύφους κτιρίου.** Τεχνικά Χρονικά, 1/98, σελ. 88-143.
- Neufert E. **Οικοδομική.** Ελληνική μετάφραση από τη γερμανική έκδοση. 4<sup>η</sup> έκδοση. Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 1991.