



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

**ΤΜΗΜΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ
ΩΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΩΣΗΣ
(ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΨΥΞΗΣ) ΕΝΟΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ**

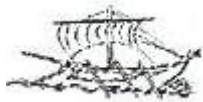
**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΕΛΛΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΒΑΡΕΛΙΔΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΡΟΥΣΙΑΣ ΜΑΡΙΝΟΣ, ΕΡΓ. ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ**

ΑΘΗΝΑ 2009



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΘΗΒΩΝ 250 & Π. ΡΑΛΛΗ, 122 44 ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΘΗΝΑ
ΤΗΛ.: 210-5381215, FAX: 210-5381214**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ



Θέμα: Η περίπτωση του φυτεμένου δώματος ως παθητικό σύστημα μόνωσης (θέρμανσης - ψύξης) ενός κτιρίου.

Σπουδάστρια: Αναγνωστέλλη Κωνσταντίνα

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους: καθηγητή κ. Βαρελίδη Γιώργο και κ. Ρουσιά Μαρίνο, χωρίς την πολύτιμη βοήθεια των οποίων δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία.

Εικόνα εξώφυλλου: Willis Faber & Dumas Headquarters Green στη Μεγάλη Βρετανία.

πηγή: www.library.tee.gr

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	4
1.1. Γενικά.....	4
1.2. Αναλογίες με τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου.....	7
1.3. Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	8
1.4. Συνοπτικά μεθοδολογία της έρευνας.....	9
2. Θεωρητική Προσέγγιση.....	11
2.1. Φυτεμένο δώμα.....	11
2.2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν το φυτεμένο δώμα.....	11
2.2.2. Οι στρώσεις στο φυτεμένο δώμα.....	15
2.2.3. Ανάλυση των στρώσεων.....	16
2.2.4. Κατασκευαστικές φάσεις φυτεμένου δώματος.....	20
2.3. Υλικά φυτεμένου δώματος.....	24
2.3.1. Υαλοβάμβακας	24
2.3.2. Πετροβάμβακας.....	26
2.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη	27
2.3.4. Αφρώδης εξηλεασμένη πολυστερίνη	30
2.3.5. Πολυουρεθάνη	32
2.3.6. Περλίτης	34
2.3.7. Διογκωμένος περλίτης.....	37
2.3.8. Γεώφασμα.....	41
2.3.9. Αδιάβροχη μεμβράνη.....	42
2.3.10. Διηθητικό φύλο (φίλτρο).....	42
2.3.11. Εδαφικό μίγμα (μέσο ανάπτυξης).....	43
2.4. Κίνητρα για την υλοποίηση ενός τέτοιου εγχειρήματος.....	44
2.5. Ανάλυση φυτεμένου δώματος.....	46
2.6. Ανάλυση συμβατικού δώματος.....	49
2.7. Σύγκριση συμβατικού και φυτεμένου δώματος.....	50
2.8. Ταξινόμηση παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	51

2.8.1. Συστήματα Άμεσου ηλιακού κέρδους.....	51
2.8.2. Συστήματα Έμμεσου ηλιακού κέρδους.....	54
2.9. Παθητικά συστήματα ψύξης.....	57
2.10. Τα θερμομονωτικά υλικά.....	58
2.10.1. Ιδιότητες και συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών.....	59
Κεφάλαιο 3.....	63
3.1. Ερωτηματολόγιο.....	63
Κεφάλαιο 4.....	67
4.1. Συμπεράσματα.....	67
4.2. Περαιτέρω έρευνα.....	67
Βιβλιογραφία.....	68

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η παρούσα εργασία έχει ως θέμα, την περίπτωση του φυτεμένου δώματος ως παθητικό σύστημα μόνωσης (θέρμανσης-ψύξης) ενός κτιρίου. Με την πρόβλεψη της θερμομόνωσης στις κατασκευές εξασφαλίζεται η θερμική άνεση για τους χρήστες των χώρων σε όλη τη διάρκεια του έτους καθώς παρεμποδίζεται η διαφυγή της θερμικής ενέργειας από τον χώρο.

Μια σωστή θερμομόνωση κοστίζει περίπου το τρία με πέντε τις εκατό στο συνολικό κόστος της κατασκευής και μπορεί να μειώσει έως και στο μισό τα έξοδα λειτουργίας θέρμανσης και ψύξης του χώρου. Με τη σωστή θερμομόνωση το χειμώνα μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο χάνεται η θερμότητα από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο εισάγεται η θερμότητα μέσα σε αυτό. Μια καλή θερμομόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την υγιεινή και την άνετη διαβίωση των χρηστών του χώρου χωρίς να διαταράσσεται τα θερμικό αίσθημα του ανθρώπινου οργανισμού.
- Τον περιορισμό του κόστους κατασκευής κατά την εγκατάσταση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.
- Την προστασία από τον θόρυβο καθώς η πλειονότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση είναι και ηχομονωτικά.
- Την επιλογή των υλικών που πρέπει να είναι ακίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου και οι ιδιότητες τους να είναι εκείνες που καλύπτουν τις κατά περίπτωση ανάγκες.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος, καθώς μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας μειώνεται αντίστοιχα και η ποσότητα των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

Περιβαλλοντικά προβλήματα συσχετιζόμενα σε αστικές περιοχές οι οποίες παράγουν μεγάλα ποσά και πολλά είδη αποβλήτων, είναι μερικά από τα πρόσφατα ερευνημένα θέματα. Στις μεγάλες πόλεις, οι οποίες είναι ενεργειακά απαιτητικές μονάδες, ένας φαύλος κύκλος εγκαθίσταται επειδή τα θερμικά απόβλητα από τις κλιματιστικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για να ψύξουν τα κτίρια. Δυστυχώς, η σχεδόν παγκόσμια τάση στην κατασκευή των κτιρίων, είναι να μην υπάρχει πρόβλεψη φυτεμένου δώματος.

Βασισμένη στη συγκέντρωση του πληθυσμού στις μεγάλες πόλεις, η συνήθης πρακτική για τις νέο-δημιουργούμενες περιοχές, οδηγεί σε μια χαρακτηριστική μείωση του πράσινου, δημιουργία ισχυρών ηλιακών αντανάκλασεων, μείωση του παραγόμενου οξυγόνου και κατανάλωση διοξειδίου του άνθρακα. Κύριο χαρακτηριστικό των παραπάνω, είναι η δημιουργία ενός ασφυκτικού κλίματος στις μεγάλες πόλεις, κυρίως το καλοκαίρι, με την αύξηση της θερμοκρασίας και την εμφάνιση του φαινόμενου του θερμοκηπίου.

Είναι γενικά γνωστό ότι με την εξάτμιση μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να μετατραπούν σε λανθάνον φορτίο, το οποίο εμποδίζει την αύξηση της θερμοκρασίας. Ένας τρόπος για να αυξηθεί η εξατμιζόμενη επιφανειακή περιοχή των μεγάλων πόλεων, είναι να καλυφθούν οι οροφές των κτιρίων με καλλιεργήσιμο πράσινο. Επίσης, με την εγκατάσταση κήπων στα δώματα, εκτός από τη βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος, στις πυκνοδομημένες κυρίως περιοχές, επιτυγχάνεται και η απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων ηλιακής ενέργειας για την ανάπτυξη των φυτών μέσω των βιολογικών τους λειτουργιών.

Είναι γνωστό ότι τα φυτά επιδρούν στο κλίμα και το μεταβάλλουν, καθώς μεταξύ κλίματος και βλάστησης υπάρχει παθητική και ενεργητική αλληλεξάρτηση, ιδιαίτερα σύνθετη. Προστατεύουν από την ηλιακή ακτινοβολία, ρυθμίζουν γενικά τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος και προστατεύουν από τους ανέμους. Εξουδετερώνονται έτσι οι μεγάλες ημερήσιες θερμικές εντάσεις και μειώνονται οι ετήσιες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Τα φυτά παρέχουν πλήρη σκιασμό της επιφάνειας του δώματος και εξασφαλίζουν με τον τρόπο αυτό τη μειωμένη θερμαντική επιβάρυνση του κτιρίου. Με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, τα φυτά προσφέρουν ψυκτικά φορτία, τα οποία με τη σειρά τους παρέχουν δροσισμό. Τα φυτά προστατεύουν το δώμα και δεν επιτρέπουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα μειώνουν τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος. Η θερμοχωρητικότητα του φυτεμένου δώματος είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με αυτήν ενός συμβατικού δώματος, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας των κηπευτικών στρώσεων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός, ότι μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της ανώτατης επιφάνειας της διατομής των φυτεμένων δωματίων (χώματος), παρατηρείται ένα στρώμα ακίνητου αέρα, το οποίο προσφέρει προστασία από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και προστασία από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και προστασία έναντι των θερμικών απωλειών, το χειμώνα. Στα φυτεμένα δώματα, ο συνδυασμός του χώματος, των φυτών και των παγιδευμένων στρωμάτων του αέρα μπορεί να λειτουργήσει ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου.

Ένα μεγάλο ποσοστό των σωματιδίων της ατμόσφαιρας δεσμεύεται από το φύλλωμα των φυτών, λειτουργώντας με τον τρόπο αυτό ως φίλτρο συγκράτησης πολλών επιβλαβών συστατικών του αέρα. Τα φυτά εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο και την αποδεσμεύουν από το διοξείδιο του άνθρακα με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Με την κατασκευή κήπων στα δώματα και την επαναφορά της «χαμένης» φύσης μέσα στο πυκνοδομημένο περιβάλλον των αστικών κέντρων, είναι δυνατόν να πολλαπλασιαστούν πολλά είδη χλωρίδας, τα οποία στη στάθμη του εδάφους δεν μπορούσαν να αναπτυχθούν.

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν έναν από τους λιγιστούς εναπομείναντες τρόπους επαναφοράς της βλάστησης στον αστικό χώρο. Τα φυτά, με την ανακλαστική τους ικανότητα και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της εξάτμισης και της διαπνοής, μπορούν να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, αποτρέποντας σημαντικά στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να μειώσουν την απορροή των νερών της βροχής έως και 90%.

Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων, μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Με τη δημιουργία βατών φυτεμένων δωματίων μπορούν να αξιοποιηθούν πολλοί ανεκμετάλλευτοι χώροι, οι οποίοι στις μέρες μας μόνο αισθητική υποβάθμιση «προσφέρουν» στο δομημένο περιβάλλον. Αναμφίβολα, τα φυτεμένα δώματα εκτός από τα κοινωνικά, κατασκευαστικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και αισθητικά οφέλη που προσφέρουν, αποτελούν στοιχεία υψηλής ποιότητας και προσδίδουν στο κτίριο ιδιαίτερη αξία και κέρδος.

Με την κατασκευή πράσινων στεγών, εκτός από τη δυνατότητα δημιουργίας λειτουργικών χώρων πρασίνου και αναψυχής, επιτυγχάνεται και η αισθητική αναβάθμιση του περιβάλλοντος του αστικού χώρου, του οποίου η εικόνα τα τελευταία χρόνια, είναι ιδιαίτερα απογοητευτική. Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτεμένα δώματα μπορούν να προστατέψουν τα υλικά κατασκευής των δωματίων και να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής τους. Ιδιαίτερα σημαντικά είναι η παρουσία των φυτών στα δώματα των κτιρίων για την ενίσχυση της μόνωσης και της θερμικής προστασίας της κατασκευής. Συνοψίζοντας μπορούμε από τα παραπάνω να κατατάξουμε τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το φυτεμένο δώμα στο περιβάλλον:

- Πλεονεκτήματα που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας:

Μείωση κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη, αύξηση θερμικής προστασίας, αύξηση θερμοχωρητικότητας.

- Πλεονεκτήματα που αφορούν το περιβάλλον:

Μείωση ηχορύπανσης, προστασία από πιθανότητα πυρκαγιάς, δέσμευση σκόνης και ρύπων,

βελτίωση μικροκλίματος περιοχής, φυσικό καταφύγιο για την τοπική πανίδα και χλωρίδα, επανάκτηση περιοχών πρασίνου, μείωση του φαινόμενου αστικής νησίδας, μείωση φόρτισης αστικού δικτύου απορροής υδάτων με την κατακράτηση νερού από τα φυτά, χρήση ανακυκλωμένων υλικών.

· Πλεονεκτήματα κοινωνικά:

Αξιοποίηση χώρου, αύξηση αξίας της ιδιοκτησίας,

· Πλεονεκτήματα αισθητικά:

Άνοδος της αξίας των ακινήτων

· Πλεονεκτήματα κατασκευαστικά:

Αύξηση διάρκειας ζωής υλικών διατομής, ενίσχυση και προστασία της μόνωσης του δώματος, μείωση των κατασκευαστικών απαιτήσεων της στέγης όσο αφορά στο φυσικό χημικό ή βιολογικό στρες και ταυτόχρονα ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των υδατοστεγανών μεμβρανών, λόγω των μειωμένων αυξομειώσεων της θερμοκρασίας, μείωση του κινδύνου φθοράς των υδατοστεγανών μεμβρανών από εξωτερικές μηχανικές πιέσεις, όπως επίσης και της αρνητικής επίδρασης των ανέμων. [www.monumenta.gr, www.anakainizo.com, Ευμορφοπούλου Αικ. , 3-5/11/99, Βραχόπουλος Γρ., 6-8/11/02]

1.2. Αναλογίες με τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου

Η φύτευση στις στέγες δεν είναι κάτι νέο. Για πολλούς αιώνες τα κτίσματα καλύπτονταν με φυτά όπως οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας. Από τις αρχές της δεκαετίας του '20 ο Le Corbusier είχε ανεβάσει τον κήπο που δύσκολα χωρούσε στα σχέδια της εποχής στις στέγες. Ακόμη και στη μεσαιωνική Ισλανδία και τη Σκανδιναβία είχε επιλεγεί η λύση αυτή λόγω περιορισμένων πρώτων υλών.

Οι λύσεις του green roof έχουν εφαρμοστεί στη Γερμανία από το 1971 όταν οι Gerda Gollwitzer και Werner Wirsing κυκλοφόρησαν το «Roof Areas Inhabited, Viable and Covered by Vegetation», ένα βιβλίο που οριοθέτησε το πράσινο αυτό concept, και αναπτύχθηκαν περαιτέρω στις δεκαετίες του '70 και του '80. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια έντονη αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος τόσο στην Μ. Βρετανία και στην Ευρώπη όσο και σε Αμερική και Καναδά. Σήμερα η Γερμανία έχει εφαρμόσει ευρέως τις «πράσινες στέγες» με ένα ποσοστό της τάξης του 12% να έχει ήδη αξιοποιηθεί.

Πόλεις στη Β. Αμερική όπως το Σικάγο, το Πόρτλαντ, το Όρεγκον και το Τορόντο στον Καναδά αξιοποιούν ήδη τη λύση αυτή, ενώ η Νέα Υόρκη και το Λονδίνο ακολουθούν με μικρή χρονοκαθυστέρηση. Στο Σικάγο πάνω από το Δημαρχείο υπάρχει πράσινη στέγη 1.858 τ.μ. με αποτέλεσμα την αποδεδειγμένη μείωση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι σε σχέση με τα διπλανά

κτίρια με κλασική οροφή. Σε πόλεις σαν το Βερολίνο οι δήμοι αναλαμβάνουν πάνω από το 50% του κόστους των «πράσινων στεγών», ενώ στο Τόκιο στη νέα χλιετία κάθε νέο κτίριο που ξεπερνά τα 1.000 τ.μ. υποχρεούται να καλύπτει με πράσινο τουλάχιστον το 20% της επιφάνειας της ταράτσας του. [www.Athens voice.gr, www.ecocity.gr]

1.3. Παθητικά ηλιακά συστήματα

Στο κέλυφος του κτιρίου γίνονται ανταλλαγές θερμότητας, ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον του. Τα κύρια αρχιτεκτονικά στοιχεία τα οποία ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι:

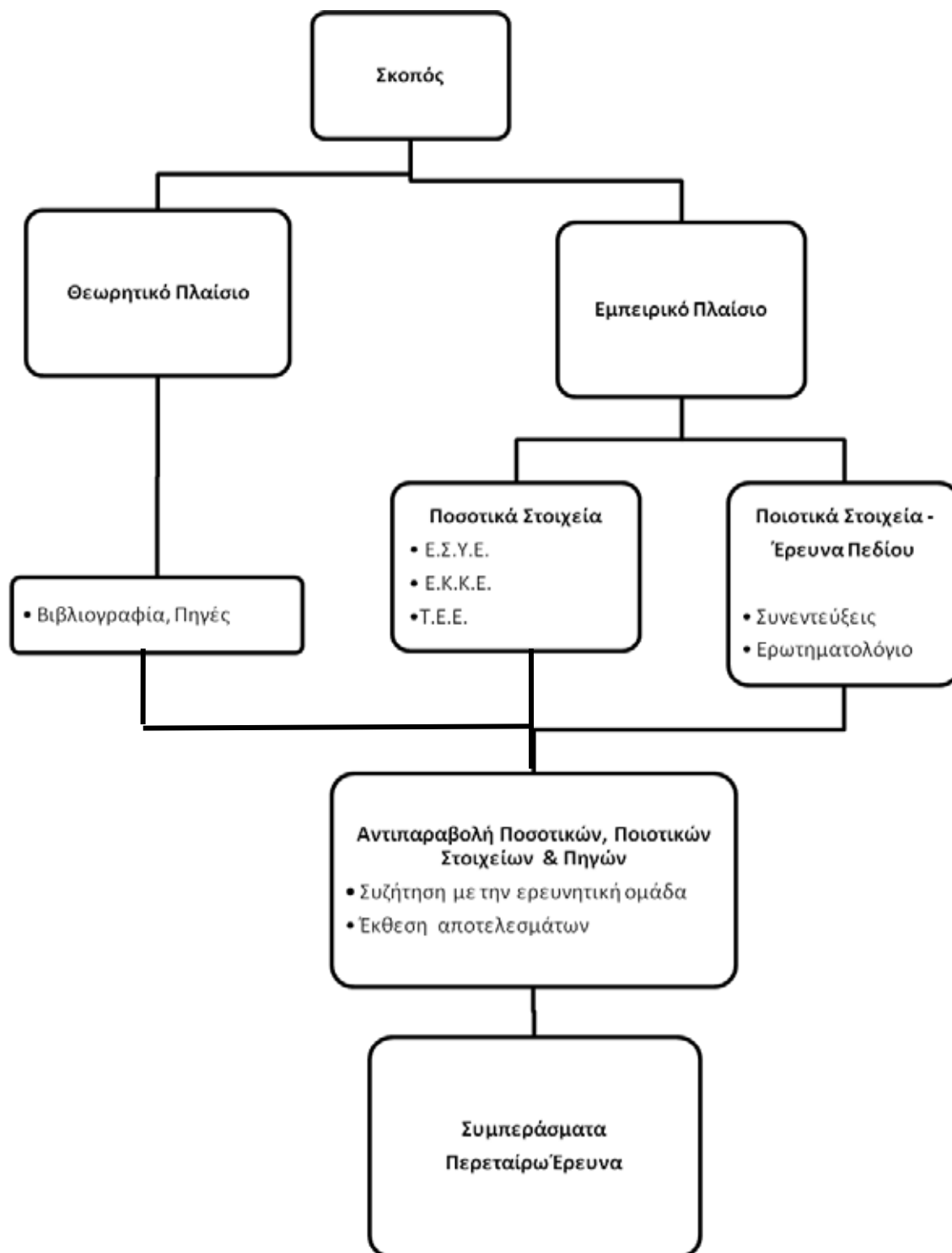
- τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους,
- οι τοίχοι συλλογής και αποθήκευσης θερμότητας,
- οι ηλιακοί χώροι.

Αυτά τα χαρακτηριστικά στοιχεία του κελύφους, τα οποία ονομάζονται «παθητικά ηλιακά συστήματα», αποτελούν ένα σημαντικό ρόλο στην διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας, ένα ρόλο «ευεργετικό», με την έννοια ότι τροφοδοτούν το κτίριο με πρόσθετη από τον ήλιο θερμότητα. Το πιο σημαντικό όμως είναι αυτή η συνεισφορά θερμότητας να μην επιβαρύνει τον εσωτερικό χώρο την καλοκαιρινή περίοδο.

Τα συστήματα αυτά αποτελούν ήπιες τεχνικές και τεχνολογίες, στην ουσία κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος, οι οποίες επαυξάνουν τη δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας ή πιο γενικά συμβάλλουν αποτελεσματικότερα στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [Ανδρεαδάκη Ελένη, 1996]

1.4. Συνοπτικά μεθοδολογία της έρευνας

Η μεθοδολογία της έρευνας μπορεί να παρουσιαστεί από το επόμενο διάγραμμα ροής:



Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα ροής, η παρούσα εργασία χωρίζεται στα εξής τέσσερα βασικά μέρη:

- Σκοπός:

Ο στόχος αυτής της ερευνητικής εργασίας όπως ήδη έχει αναλυθεί πιο πάνω.

- Μεθοδολογικά εργαλεία της έρευνας:

Σε αυτό το κομμάτι παρουσιάζουμε τις ήδη διατυπωμένες θεωρητικές προσεγγίσεις (μέσω πηγών) που μας προσφέρουν τα εργαλεία για την κατανόηση και την ερμηνεία του θέματος. Επίσης καταγράφουμε και μελετάμε τις αντικειμενικές συνισταμένες, ποσοτικές και ποιοτικές, οι οποίες θα θέσουν τα όρια και τη σημασία του φαινομένου που ερευνάμε εδώ. Ας σημειώσουμε ότι, εξαιτίας του άτυπου χαρακτήρα του ζητήματος που μελετάμε, είναι εξαιρετικά δύσκολο να συλλέξουμε πρωτογενή στοιχεία και αυτό είναι και η πιο κρίσιμη φάση της ερευνητικής μας διαδικασίας. Η ερευνητική δυσκολία φαίνεται εξάλλου από το ότι δεν υπάρχει κάποια σύγχρονη ή παλαιότερη βιβλιογραφία σχετική με το θέμα μας και αυτό βέβαια αποδεικνύει την πρωτοτυπία του προγράμματος που προτείνουμε.

- Αντιπαραβολή των διερευνητικών παραμέτρων:

Συνθέτουμε και αξιολογούμε με συστηματικό τρόπο τα ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία, ούτως ώστε να μπορέσουμε να διατυπώσουμε το βασικό κορμό της έρευνας. Εάν χρειαστεί, θα πραγματοποιήσουμε περαιτέρω έρευνα των στοιχείων που ερευνούμε ή θα τα επαναξιολογήσουμε.

- Συμπεράσματα:

Παρουσιάζουμε τα πορίσματα της έρευνάς μας σε αντιστοιχία με το σκοπό και εξετάζουμε την πιθανότητα να επεκταθεί η έρευνα προς άλλες κατευθύνσεις.

2. Θεωρητική Προσέγγιση

2.1. Φυτεμένο δώμα

Ως φυτεμένο δώμα ή κήπος σε δώμα, μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε κήπος, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μια δομική κατασκευή. Στον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος. Τα φυτεμένα δώματα είναι επίσης γνωστά ως Πράσινες Στέγες, Οικολογικές Στέγες, Πράσινες Οροφές, Ταρατσόκηποι, Roof gardens.

Ένα φυτεμένο δώμα αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα. Το δομικό τμήμα, το οποίο αποτελεί το υπόβαθρο της κατασκευής, το κηπευτικό τμήμα το οποίο είναι ουσιαστικά ο κήπος της στέγης και το φυτικό τμήμα το οποίο περιλαμβάνει φυτά. Τα τρία αυτά τμήματα μπορεί να είναι ανεξάρτητα και να αποτελούνται από τελείως διαφορετικά υλικά και σύσταση, στην ουσία όμως εξαρτώνται άμεσα το ένα από το άλλο.

2.2.1. Παράγοντες που επηρεάζουν το φυτεμένο δώμα

- Στατική επάρκεια του κτιρίου

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει τον τύπο φύτευσης του δώματος ενός κτιρίου, είναι η στατική επάρκεια του τελευταίου. Σε υφιστάμενα κτήρια, τα πιθανά προβλήματα από τα στατικά φορτία είναι λογικό να είναι περισσότερα από ότι σε ένα νεόδμητο κτήριο, το οποίο μπορεί να προβλεφθεί εξαρχής το επιπλέον βάρος που απαιτείται για μια τέτοια κατασκευή. Τα συστήματα φύτευσης που έχουν αναπτυχθεί ανάλογα με την αντοχή και τη στατική επάρκεια ενός κτιρίου, μπορούν να διαχωριστούν στους εξής τρεις τύπους:

- Εκτατικός τύπος:

Το σύστημα αυτό βρίσκει πολλές εφαρμογές, κυρίως στο εξωτερικό, σε μη προσβάσιμες στέγες κτιριακών εγκαταστάσεων, σε πρανή ή σε κτήρια τα οποία δεν είναι ικανά παρά να φέρουν ελαφρύ πρόσθετο φορτίο βλάστησης. Τα φυτά που επιλέγονται είναι φυτά εδαφοκάλυψης και ποώδη, είναι ανθεκτικά στον άνεμο και στο ψύχος, με πολύ μικρό βάρος και τα οποία χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.

Εικόνα 2.

πηγή: www.monumenta.gr



Εφαρμογή εκτατικού τύπου στην Πολωνία

Εικόνα 3.

πηγή: www.monumenta.gr



Κτήριο κατασκευαστικής εταιρίας στη Γερμανία

- Ημιεντατικός τύπος:

Το σύστημα αυτό μπορεί να εξασφαλίσει τη δημιουργία ενός κήπου και ενός τοπίου, το οποίο θα έχει χρώμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται φυτά εδαφοκάλυψης, συντήρηση και άρδευση. Παρουσιάζει ευελιξία τόσο στη σχεδίαση και την εφαρμογή όσο και στην οικονομία της κατασκευής. Ανάλογα με την κλίση του δώματος μπορούν να διακριθούν σε:

- Οριζόντιο φυτεμένο δώμα
- Κεκλιμένο φυτεμένο δώμα

- Κατακόρυφο φυτεμένο δώμα – τοιχίο.

Εικόνα 4.

πηγή: www.monumenta.gr



Εφαρμογή ημιεντατικού τύπου στην Αγγλία

Εικόνα 5.

πηγή: www.monumenta.gr



Εφαρμογή ημιεντατικού τύπου στην Ελβετία.

- Εντατικός τύπος:

Αυτός ο τύπος κήπου απαιτεί πολύ μεγαλύτερο φορτίο, τακτική συντήρηση και άρδευση και μπορεί να περιλάβει ποικιλία φυτών, θάμνων και δέντρων. Με αυτόν τον τύπο μπορούν να δημιουργηθούν κήποι με ψηλή βλάστηση, με στοιχεία νερού και να κατασκευαστούν μονοπάτια ή και αστικοί εξοπλισμοί.

Εικόνα 6

πηγή: www.monumenta.gr



Εφαρμογή εντατικού τύπου στη Γερμανία

Εικόνα 7.

πηγή: www.monumenta.gr



Εφαρμογή εντατικού τύπου στη Γερμανία.

- Κλιματικές συνθήκες της περιοχής του κτηρίου

Ένας άλλος εξίσου σημαντικός παράγοντας που αναμφισβήτητα επηρεάζει την επιλογή και την ανάπτυξη των φυτών, είναι οι θερμοκρασιακές και οι υγρασιακές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

- Θέση κήπου

Η θέση του κήπου και συγκεκριμένα ο προσανατολισμός, το ύψος του από το φυσικό έδαφος και οι πιέσεις που δέχεται από τους ανέμους, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για την επιλογή των φυτών.

- Χρησιμότητα και αισθητική

Η φύτευση αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία διαμόρφωσης και αισθητικής ενός κήπου. Η χρήση που μπορεί να έχει τελικά ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να ανήκει σε μια από τις εξής τρεις γενικές κατηγορίες:

- Απλή οικολογική παρουσία
- Χώρος ανάπαυσης και κοινωνικής συνεύρεσης
- Μικρό πάρκο. [www.monumenta.gr]

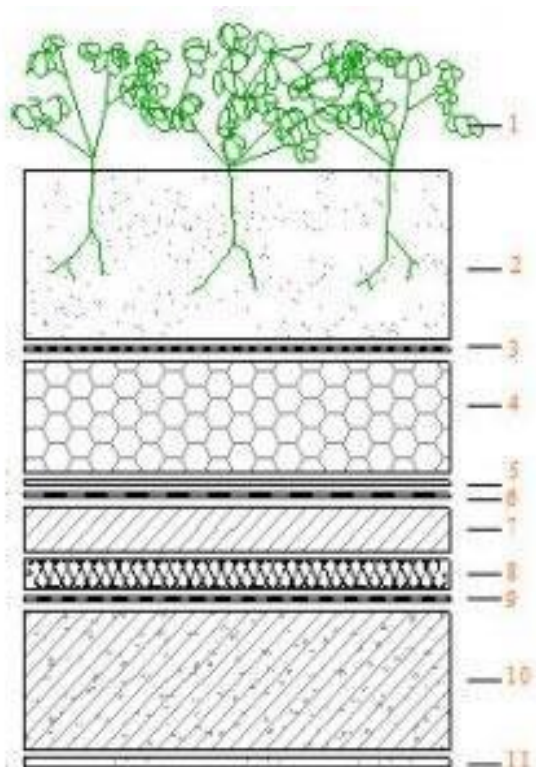
2.2.2. Οι στρώσεις στο φυτεμένο δώμα

Στο φυτεμένο δώμα η σειρά των στρώσεων από το εσωτερικό προς το εξωτερικό χώρο είναι:

- οροφοκονίαμα,
- φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος,
- φράγμα υδρατμών,
- θερμομονωτική στρώση,
- ελαφρόδεμα ή γαρμπιλοσκυρόδεμα,
- στεγανοποιητική στρώση,
- μεμβράνη προστασίας από τη διείσδυση των ριζών,
- αποστραγγιστική- αποθηκευτική στρώση,
- διαχωριστικό φίλτρο συγκράτησης χώματος,
- στρώση χώματος φύτευσης,
- φυτά.

Εικόνα 8.

πηγή: www.imageshack.gr



1. Φυτά
2. Στρώση χώματος φύτευσης
3. Διαχωριστικό φίλτρο συγκράτησης χώματος
4. Αποστραγγιστική-αποθηκευτική στρώση
5. Μembrάνη προστασίας από τη διείσδυση των ριζών
6. Στεγανοποιητική στρώση
7. Ελαφρόδεμα ή γαρμπιλοσκυρόδεμα
8. θερμομονωτική στρώση
9. Φράγμα υδρατμών
10. Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
11. Οροφокονίαμα

Ενδεικτική τομή με την σειρά των στρώσεων ενός φυτεμένου δώματος.

2.2.3. Ανάλυση των στρώσεων

- Φράγμα υδρατμών

Σκοπό έχει την παρεμπόδιση της εισόδου των υδρατμών στο θερμομονωτικό υλικό. Τα φράγμα υδρατμών πρέπει να είναι οπωσδήποτε στεγανό γιατί η διείσδυση υδρατμών στη θερμομόνωση προκαλεί τη δημιουργία υγρασίας που μειώνει έως και αχρηστεύει τη θερμομονωτική ικανότητα. Από την άλλη πλευρά η θερμομονωτική στρώση πρέπει να εμποδίζει την πτώση της θερμοκρασίας κάτω από το σημείο υγροποίησης των υδρατμών στις στρώσεις κάτω από το φράγμα υδρατμών.

- Θερμομονωτική στρώση

Σκοπό έχει να προστατεύει την κατασκευή από τη θερμότητα και το κρύο. Αποτρέπει την παραμόρφωση της στέγης, εξασφαλίζει την αποφυγή δημιουργίας υγρασίας κάτω από το φράγμα υδρατμών.

- Ελαφρόδεμα ή γαρμπιλοσκυρόδεμα

Χρησιμεύει ως στρώση κλίσεων και ως σταθερό υπόστρωμα για τη συγκόλληση των ασφαλτόπανων. Δεν είναι πάντοτε απαραίτητη, ιδίως αν η στεγανοποιητική στρώση αποτελείται από συνθετικά φύλλα.

- Στεγανοποιητική στρώση

Αποτελείται από ασφαλικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα) που επικολλώνται επάνω σε σταθερό υπόστρωμα ή από συνθετικές μεμβράνες που απλώς τοποθετούνται και κολλιούνται μόνο μεταξύ τους.

- Αποστραγγιστική στρώση

Διατάξεις απομάκρυνσης νερών θα καταλήγουν στην στρώση αποστράγγισης. Σαν τέτοια στρώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στρώση χαλικιών πάχους 10 cm, με διαστάσεις χαλικιών 20-40 cm. Η μορφή των χαλικιών κατά προτίμηση πρέπει να είναι στρογγυλή, είναι δυνατόν όμως να χρησιμοποιηθούν και χαλίκια λατομείου σπαστά με ταυτόχρονη προστασία της στεγανωτικής στρώσης από γεωφάσμα.

- Διαχωριστικό φίλτρο

Βρίσκεται μεταξύ χώματος και στρώσης αποστράγγισης. Τα φίλτρα αυτά μπορεί να είναι γεωφάσματα, με οπές μεταξύ των ινών της τάξης των 150 μ (μικρών), το πάχος τους δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 0,7-0,8 mm. Ταυτόχρονα πρέπει να έχουν σημαντικές αντοχές σε διάτρηση, σχίσιμο και εφελκυσμό.

· Στρώση φύτευσης

Έχει πάχος 110 ως 90 cm αναλόγως του τύπου του κήπου και των φυτών που θα αναπτυχθούν. Η φύτευση μπορεί να είναι:

· Εκτατική:

Με χρήση λεπτής εδαφικής στρώσης φύτευσης και ανθεκτικών φυτών όπως αμάραντα και χλόες. Τα δώματα εκτατικής φύτευσης συνήθως δεν προορίζονται για βατότητα. Από τη στιγμή που βλαστήσει η φύτευση πράγμα που μπορεί να πάρει μόνο λίγους μήνες χρειάζεται πολύ περιορισμένη συντήρηση.

· Εντατική:

Με χρήση χοντλής εδαφικής στρώσης φύτευσης και παραδοσιακών φυτών κήπου, όπως χορτοτάπητας, θάμνοι ακόμη και μικρά δέντρα. Τα δώματα εντατικής φύτευσης χρειάζονται πλήρη βατότητα για συντήρηση, είναι κατάλληλα για roof garden και συνήθως συνδυάζονται με χώρους πεζοδρόμησης και ταράτσες που εξασφαλίζουν χώρους άνεσης.

Το είδος της φύτευσης που θα χρησιμοποιηθεί καθορίζει και την κατασκευή του δώματος πάνω από το φίλτρο γεωυφάσματος: η εκτατική φύτευση απαιτεί στρώση φύτευσης που μπορεί να διατηρεί κάποια ποσότητα νερού, ενώ η εντατική φύτευση απαιτεί παχύτερη στρώση εδαφικής βάσης για φύτευση καθώς και στρώση αποστράγγισης [www.imageshack.gr]

· Φυτά

Εικόνα 9. [πηγή:www.monumenta.gr](http://www.monumenta.gr)



κίτρινη αζαλέα

Εικόνα 10. [πηγή:www.monumenta.gr](http://www.monumenta.gr)



πικροδάφνη

Εικόνα 11.

πηγή:www.monumenta.gr



ιβίσκος

Εικόνα 13.

πηγή:www.monumenta.gr



κυκλάμινο

Εικόνα 15.

πηγή:www.monumenta.gr



θυμάρι

Εικόνα 12.

πηγή:www.monumenta.gr



άσπρο γιασεμί

Εικόνα 14.

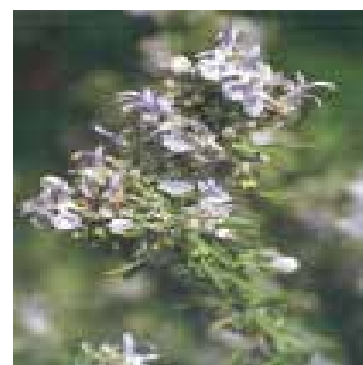
πηγή:www.monumenta.gr



λεβάντα

Εικόνα 16.

πηγή:www.monumenta.gr



δεντρολίβανο

2.2.4. Κατασκευαστικές φάσεις φυτεμένου δώματος.

Εικόνα 17.



Δώμα με τελική επίστρωση από πλάκες

Εικόνα 18.



Τοποθέτηση μόνωσης

Εικόνα 19.



Τοποθέτηση γεωφάσματος

Εικόνα 20.



Τοποθέτηση γεωφάσματος

Εικόνα 21.



Τοποθέτηση χώματος

Εικόνα 22.



Τοποθέτηση φυτών και δημιουργία διαδρόμων

Εικόνα 23.



Τοποθέτηση φυτών και δημιουργία διαδρόμων

Εικόνα 24.



Τελικό στάδιο φυτεμένου δώματος

Εικόνα 25.



Τελικό στάδιο φυτεμένου δώματος

2.3. Υλικά φυτεμένου δώματος

2.3.1. 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 έως 20 μm ($1\mu\text{m} = 1 \cdot 10^{-6}\text{m}$). Οι ίνες συσσωματώνονται παγιδεύοντας αέρα και δημιουργούν το υλικό σε πυκνότητες που κυμαίνονται από 13 ως 100 kg/m^3 . Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών του υαλοβάμβακα και όσο μεγαλύτερη το μήκος τους, τόσο καλύτερη θερμική προστασία προσφέρει, όμως και τόσο ακριβότερο είναι το υλικό. Ο καθαρός υαλοβάμβακας χωρίς προσμίξεις και με επιμήκειες και μικρής διαμέτρου ίνες, που φέρει την εμπορική ονομασία “υαλόμαλλο” θεωρείται ως υλικό υψηλών θερμομονωτικών απαιτήσεων. Ανάλογα με την χρήση του ο υαλοβάμβακας κυκλοφορεί στο εμπόριο σε διάφορες μορφές όπως :

- Ως πάπλωμα σε ρολά.

- Ως πάπλωμα προστατευμένο από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου.
- Ως πάπλωμα ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα (κοτετσόσυρμα).
- Ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες (ανάλογα με την πυκνότητα 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 βρίσκεται κλεισμένος μέσα στα άλλα δομικά υλικά επιτρέπει την υγρασία που εγκλωβίζεται στο δομικό στοιχείο να τον προσβάλει και να εξαπλώνεται σε όλη του την έκταση.

Ιδιότητες

Ο υαλοβάμβακας έχει κίτρινο ή λευκό χρώμα. Είναι άοσμος. Παρουσιάζει σταθερότητα όγκου. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά και δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις (προσβάλλεται όμως από 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 κατασκευάστριες εταιρίες , ο υαλοβάμβακας ανάλογα με τον τύπο του μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασίες χρήσης που φθάνουν τους 250 – 400⁰C. 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:

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

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

$$\lambda=0,077 \text{ W}/(\text{mK}) \text{ στους } 200^{\circ}\text{C}$$

Οι κατασκευάστριες εταιρίες, ανάλογα με τον τύπο, δίνουν στους 10⁰C τιμές από 0,030 ως 0,045 W/(mK).

- Συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών:

$$\mu=1,1 \text{ ως } 2,0$$

Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση

Μια κακή 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 συγρατείται με ειδικά καρφιά, ώστε να μην κατακάθεται στις κατώτερες θέσεις λόγω βάρους.
- Πρέπει να τοποθετούνται σκληρές πλάκες μεγάλης πυκνότητας στις δοκούς και στα υποστρώματα, που θα στερεώνονται πάντοτε με συρματοπλέγμα για την συγκράτηση και την καλή πρόσφυση του επιχρίσματος.
- Δεν πρέπει να τοποθετείται πάπλωμα υαλοβάμβακα σε δομικά στοιχεία, στα οποία ασκούνται ισχυρά γραμμικά ή μοναχικά φορτία, είτε λόγω ίδιου 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 παραπάνω 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 την 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 δάπεδο. Σημειώνεται πάντως ότι σήμερα ορισμένες εταιρίες παράγουν προϊόντα υαλοβάμβακα που λόγω της επεξεργασίας τους θεωρούν ότι έχουν υδροαπωθητικές ιδιότητες και δεν προσβάλλονται τόσο εύκολα από την υγρασία.

2.3.2. Πετροβάμβακας

Πρόκειται για ινώδες υλικό, που ως πρώτη ύλη έχει ορυκτά ασβεστολιθικής προέλευσης.

Παρασκευάζεται με εκσφενδόνιση κατά τρόπο ανάλογα του υαλοβάμβακα. Στο εμπόριο κυκλοφορεί υπό μορφή παπλώματος ενισχυμένου με μεταλλικό πλέγμα σκληρών πλακών, κογχυλίων και χύμα υπό κοκκώδη μορφή, επεξεργασμένος με θερμοσκληρυντικές ρητίνες. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες λόγω της αντοχής του 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.

Ιδιότητες

Παρουσιάζει ιδιότητες παρεμφερείς με αυτές του υαλοβάμβακα. Έχει χρώμα φαιο-κίτρινο. 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 250-600⁰C. Έχει ειδικό βάρος που κυμαίνεται από 50 ως 180 kg/m³.

· Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι:

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

$$\lambda=0,048 \text{ W/(Mk) στους } 100^0\text{C}$$

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

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

2.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη

Προέρχεται από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών πλαστικών. Παράγεται με πολυμερισμό από το μονομερές στυρένιο. Μετά την επεξεργασία σε ατμό προκύπτει το προϊόν που αποτελείται από διογκωμένους συγκολλημένους κόκκους στυρολίου. Έχει δομή κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή μόνο το 2% ως 5% του όγκου αποτελεί τη στερεά ύλη. Τον υπόλοιπο όγκο καλύπτει ο αέρας, που αποτελεί και το μέσο διόγκωσης.

Είναι φθηνό, εύκολα παραγόμενο και εύχρηστο υλικό και γι' αυτό βρίσκει 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 ελεγχθούν. Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών διαφόρων παχών.

Προσφέρεται για τη θερμική προστασία:

- Τοιχοποιίας με μόνωση στον πυρήνα,
- δοκού, υποστύλωματος και τοιχίου με προτιμότερη την τοποθέτηση 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

Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει χρώμα λευκό και είναι άοσμο υλικό. Το ειδικό της βάρος ποικίλλει από 8 ως 30 kg/m³. Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης κτιρίων επιβάλλει την χρήση του υλικού με ειδικό βάρος ίσο ή μεγαλύτερο των 20kg/m³. 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 πυκνότητα. Η διογκωμένη πολυστερίνη δεν παρουσιάζει σταθερότητα όγκου, ωστόσο μπορεί να εμφανιστούν κενά μεταξύ των πλακών με την πάροδο του χρόνου. Αυτό αντιμετωπίζεται:

- είτε με την χρήση πλακών μετά από μακρόχρονη αποθήκευση (περίπου 2 με 3 μήνες μετά την παραγωγή),
- είτε με την 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 ασφαλτος 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 -70⁰C ως +80⁰C.

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 την διάρκεια του θέρους μπορεί να αγγίξει τις οριακές τιμές αντοχής της. Παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή σε συμπίεση. Μπορεί να παραλάβει τάσεις από 5 N/cm² ως 20N/cm², 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

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

- συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών

$$\mu=25-40 \text{ για πυκνότητα } 13-20 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu=40-70 \text{ για πυκνότητα } 20-30 \text{ kg/m}^3.$$

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

Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση

- Κατά την τοποθέτηση της διογκωμένης πολυστερίνης στις τοιχοποιίες πρέπει να αποφεύγεται η χρήση φράγματος υδρατμών, εκτός αν η τοποθέτηση 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 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

μαζί με τον ξυλότυπο, μια καλή στερέωση επιτυγχάνεται με ισχυρά βύσματα και ταυτόχρονη κόλληση με ειδικές κόλλες.

2.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Είναι αφρώδες 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 ευρύτατα διαδεδομένο και έχει πολλές οικοδομικές χρήσεις. Κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή πλακών με ή χωρίς αναβαθμίδα (πατούρα) σε πλάτη από 1,0 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 την 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 το γύψο ή το τσιμέντο. Ανάλογες είναι και οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με τη μία τους όψη επικαλυμμένη με προστατευτικό χυτό κονίαμα πάχους 1,0 ως 2,0 cm. Οι πλάκες αυτές είναι κατάλληλες για τη θερμομόνωση αντεστραμμένου δώματος.

Ιδιότητες

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/m³. 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 έκθεση της στην ηλιακή ακτινοβολία. Η υπεριώδης ακτινοβολία αποχρωματίζει την επιφάνεια της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες.

Για το λόγο αυτό πριν την 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 -50⁰C ως +75⁰C.

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 ως 50 N/cm², ανάλογα με την πυκνότητα 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 $0,035$ W/(mK) στους 10⁰C
- 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.

Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση

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 δυνατόν 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 επιτευχθεί καλύτερη πρόσφυση του επιχρίσματος. Συνιστάται, ωστόσο να παρεμβάλλεται και μεταλλικό πλέγμα (συνήθως κατετσόσυρμα), που θα “αγκαλιάζει” το δομικό στοιχείο και θα καλύπτει τουλάχιστον κατά 10 cm εκατέρωθεν και την τοιχοποιία.

2.3.5. Πολυουρεθάνη

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρώδων μονωτικών υλικών. Παράγεται με την ανάμειξη δισουλφονικού 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 εμπόριο 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,
- ψεύτικους 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,
- στη προστασία σωληνώσεων,
- στις μονώσεις ψυγείων αυτοκινήτων κτλ.

Ιδιότητες

Είναι άοσμο υλικό και έχει χρώμα κίτρινο. Το ειδικό του βάρος κυμαίνεται από 30 ως 80 kg/m³. 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 άσφαλτο μέχρι 110⁰C επί μακρό χρονικό διάστημα. Όπως και τα άλλα αφρώδη υλικά, επηρεάζεται από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες από -50⁰C ως + 110⁰C.

Θεωρείται αυτοσβενόμενο υλικό και δεν εξαπλώνει τη φωτιά. Σε περίπτωση πυρκαγιάς όμως και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 200⁰C ελκύει σε μικρές ποσότητες επικίνδυνα τοξικά αέρια. Η αντοχή του είναι ικανοποιητική. Αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις από 20 μέχρι 30 N/cm². Υπάρχει πάντως ο κίνδυνος παραμόρφωσης, όταν πρόκειται να δεχθεί ισχυρά μοναχικά φορτία. Γι' αυτό είναι καλό σε ανάλογες περιπτώσεις να επικαλύπτεται από στρώσεις άλλων υλικών, που μπορούν να παραλάβουν τέτοια φορτία και να τα μετατρέψουν σε γραμμικά.

- Έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας:

$\lambda=0,022 \text{ W/(mK)}$ στους 10°C

Όμως, επειδή με την πάροδο του χρόνου το εγκλωβισμένο στις κλειστές κυψελίδες αέριο διαχέεται και αντικαθίσταται με αέρα, ή 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 λ 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 απορροφημένη υγρασία θεωρείται μηδαμινή.

Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση

Παρουσιάζει εξαιρετικές συγκολλητικές ιδιότητες και προσκολλάται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά. Πρέπει και πάλι να τονιστεί ότι η θερμομόνωση με αφρό οφείλει να γίνεται μόνο 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 πολυουρεθάνη 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.

2.3.6. Περλίτης

Πρόκειται για υαλώδες υλικό ηφαιστειακής προέλευσης, το οποίο αποτελεί την πρώτη ύλη για ποικιλία οικοδομικών εφαρμογών. Κύρια συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και το οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3), ενώ περιέχει ακόμη οξείδια του σιδήρου, του ασβεστίου, του νατρίου, του καλίου κ.α. Από το φυσικό περλίτη προκύπτει ο διογκωμένος περλίτης. Με αφυδάτωση σε

υψηλές θερμοκρασίες, (μέχρι 900⁰C), 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 Kg/m³) είναι κατάλληλο ως θερμομονωτικό για χαμηλές θερμοκρασίες (ως -200⁰C), όπως για παράδειγμα στην αποθήκευση και μεταφορά υγραερίου, υγραποποιημένου οξυγόνου, αζώτου, μεθανίου κτλ. Χρησιμεύει επίσης στην κατασκευή θερμομονωτικών τούβλων και ελαφρών προκατασκευασμένων στοιχείων.

- Ως περλιτόδεμα χρησιμοποιείται σε δώματα, 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 μεγάλα 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.

Ιδιότητες

Οι κόκκοι περλίτη έχουν λευκό χρώμα με ελαφρά απόχρωση προς το φαιό. Είναι άοσμο υλικό και το φαινόμενο ειδικό του βάρους κυμαίνεται από 50 ως 140 kg/m³ αναλόγως του τύπου του. Σε μορφή περλιτοδέματος (ανάμειξη περλίτη με τσιμέντο) το φαινόμενο ειδικό βάρους του ανέρχεται στα 300 ως 600 kg/m³, 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 1200⁰C (σημείο τήξης 1250⁰C).

Εικόνα 26.

πηγή: Αραβαντινός Δημήτρης, 2005



Μόνωση οροφής κάτω από ξύλινη στέγη με περλίτη σε ξηρή μορφή.

Όμως ο φυσικός περλίτης δεν πρέπει να εκτίθεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 800⁰C, επειδή διογκώνεται και θραύεται.

- Ο διογκωμένος περλίτης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στους 10⁰C:
- σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης $\lambda=0,064$ W/(mK),
- σύμφωνα με τις εταιρίες παραγωγής $\lambda=0,040-0,056$ W/(mK).

Το περλιτόδεμα έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στους 10⁰C σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Για κατ' όγκο αναλογία τσιμέντου- περλίτη

Σύμφωνα με τον κανονισμό Σύμφωνα με τις εταιρίες παραγωγής

1:4 $\lambda=0,198$ W/(mK)	$\lambda=0,124$ W/(mK)
1:5 $\lambda=0,163$ W/(mK)	$\lambda=0,105$ W/(mK)
1:6 $\lambda=0,145$ W/(mK)	$\lambda=0,097$ W/(mK)
1:7 $\lambda=0,134$ W/(mK)	$\lambda=0,093$ W/(mK)
1:8 $\lambda=0,128$ W/(mK)	$\lambda=0,090$ W/(mK)
1:20 $\lambda=0,081$ W/(mK)	

Οι τιμές του κανονισμού ανταποκρίνονται σε σχετική ξηρότητα, ενώ οι τιμές που δίνουν οι εταιρίες σε ξήρανση δοκιμίων 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.

Σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την τοποθέτηση

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 τη 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.

2.3.7. Διογκωμένος περλίτης

Ο περλίτης βρίσκεται στη φύση σαν ηφαιστειακό υαλώδες πέτρωμα στην Ελλάδα εξορύσσεται από τα νησιά Μήλος, Κω κ.α. Αποτελείται κατά 75% από SiO_2 . Ο φυσικός περλίτης δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε θερμοκρασίες που προσεγγίζουν τους 800°C γιατί διογκώνεται και θραύεται. Η

παραπάνω ιδιότητα αποτελεί τη βάση της επεξεργασίας του περλίτη που προορίζεται για μονώσεις. Με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 900-1000⁰C το πέτρωμα του περλίτη διογκώνεται από 10 μέχρι και 25 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους μικρών διαμέτρων (0,1 μέχρι 5mm). Οι κόκκοι αυτοί είναι κενοί στο εσωτερικό τους (περιέχουν αέρα) και αποτελούν πολύ καλό μονωτικό υλικό με $\lambda = 0,034$ μέχρι $0,048 \text{ kcal/m}^*\text{h}^* \text{ }^0\text{C}$.

Πλεονεκτήματα του διογκωμένου περλίτη αποτελούν η γενικότερη χημική του αδράνεια, και ειδικά ότι δεν προσβάλλει τα μέταλλα, αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς και δεν προσβάλλεται από την υγρασία. Ο φυσικός περλίτης χρησιμοποιείται σαν αδρανές υλικό ή υλικό πλήρωσης στην κατασκευή θερμομονωτικών τοιχωμάτων, δαπέδων και ταρατσών. Επειδή παρουσιάζει και σημαντικές ηχομονωτικές ικανότητες τοποθετείται σε στρώσεις κάτω από “κολυμπητά” δάπεδα. Ακόμη ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται στην παρασκευή μονωτικών λεπτοκονιασμάτων (περλιτικά επιχρίσματα) και μονωτικών χονδροκονιαμάτων (περλιτομπετόν). Στην Ελληνική αγορά διατίθεται διογκωμένος περλίτης με την εμπορική ονομασία Perlomin.

Οι τυπικές φυσικές ιδιότητες του Perlomin σε ξηρή μορφή είναι:

Μορφή:	Κοκκώδης
Χρώμα:	Λευκό
Οσμή:	Άοσμο
Πυκνότητα (φαινόμενο βάρος):	40-150 kg/m ³
PH:	6.5-7 (ουδέτερο)
Διαλυτά στο νερό:	0,08%
Σημείο τήξης:	1,250-1300 ⁰ C
Θερμική αγωγιμότητα:	0.034-0.048 kcal / m*h* ⁰ C

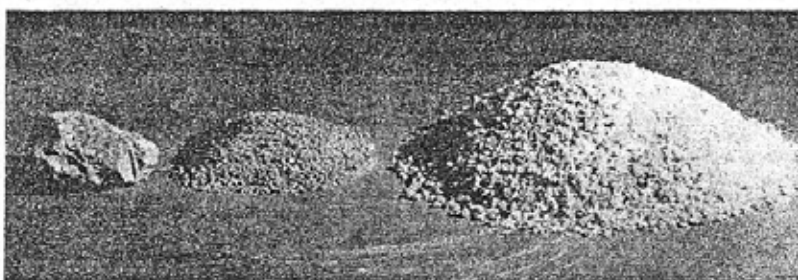
Ο Ελληνικός διογκωμένος περλίτης Perlomin διατίθεται συνήθως σε ξηρή μορφή στις κοκκομετρίες:

Κοκκομετρία (σε mm)	Φαινόμενο βάρος (σε kg/m ³)	Εμπορική ονομασία	Κύριες χρήσεις
0-4,0	100-120	Perlomin A	Μονώσεις στην οικοδομική
0-2,5	95-115	Perlomin A ₁	
0-1,7	70-90	Perlomin A ₂	
0-1,5	50-60	Perlomin B	Μονώσεις ψύχους
0-1,0	45-55	Perlomin C	

Ο διογκωμένος περλίτης, σε διάφορες κοκκομετρίες, χρησιμοποιείται και σε ανάμιξη με τσιμέντο νερό και ορισμένα πρόσμικτα για κατασκευή περλιτοδεμάτων (περλιτομπετόν) και περλιτο-επιχρισμάτων. Οι ποιότητες Perlomin B και C χρησιμοποιούνται κυρίως σαν κρυογενικά δηλαδή σαν μονωτικά πολύ χαμηλών θερμοκρασιών (π.χ. παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση υγραερίων). Τα δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν και οι δεξαμενές όπου αποθηκεύονται υγροποιημένα οξυγόνο, άζωτο, μεθάνιο, προπάνιο, βουτόνιο κλπ. έχουν διπλά τοιχώματα μονωμένα με αυτούς τους τύπους περλίτη, γιατί εξασφαλίζει πολύ χαμηλό βάρος και απουσία υγρασίας. Το περλιτομπετόν χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση ταρατσών, οροφών, δαπέδων, τοίχων κατοικιών και εργοστασίων. Είναι ελαφρύ δομικό υλικό ($300-600\text{kg/m}^3$) και παρουσιάζει 20 φορές καλύτερες μονωτικές ιδιότητες από το κοινό σκυρόδεμα. [Σελλούντος Β. Η., Πέρδιος ΣΤ. Δ.,1990, Αραβαντινός Δημήτρης,2005]

Εικόνα 27.

πηγή: Σελλούντος Β.Η., Πέρδιος ΣΤ.Δ.,1990



Φυσικός, θρυμματισμένος και διογκωμένος περλίτης.

Εικόνα 28.

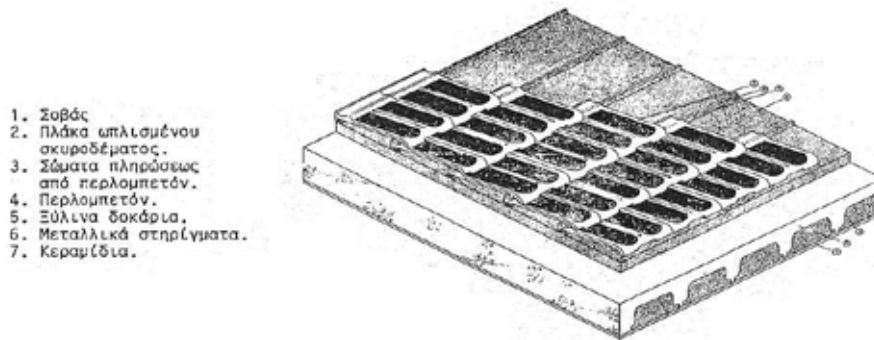
πηγή: Σελλούντος Β.Η., Πέρδιος ΣΤ.Δ.,1990



Κόκκοι διογκωμένου περλίτη.

Εικόνα 29.

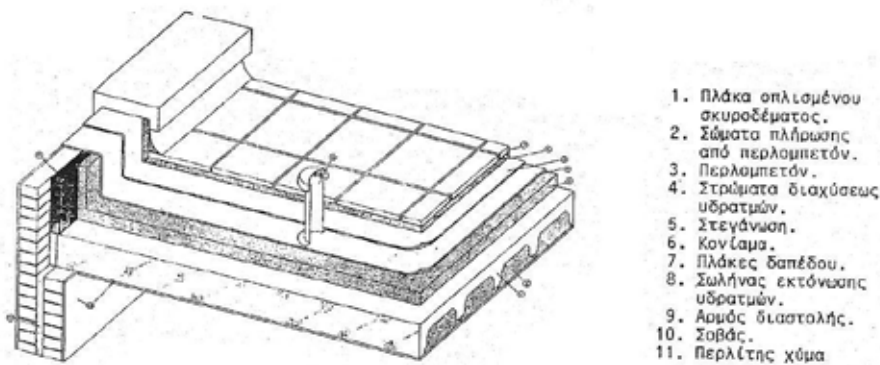
πηγή: Σελλούντος Β.Η., Πέρδιος ΣΤ.Δ.,1990



Θερμομόνωση κεκλιμένης στέγης με περλίτη.

Εικόνα 30.

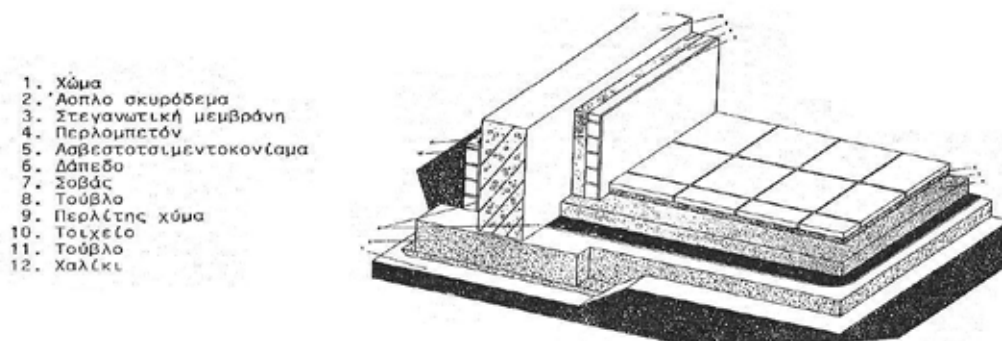
πηγή: Σελλούντος Β.Η., Πέρδιος ΣΤ.Δ.,1990



Θερμομόνωση δώματος με σύστημα εκτόνωσης υδρατμών.

Εικόνα 31.

πηγή: Σελλούντος Β.Η., Πέρδιος ΣΤ.Δ.,1990



Θερμομόνωση υπογείου (δάπεδο και τοίχιο), με περλίτη.

2.3.8. Γεωύφασμα

Το γεωύφασμα είναι ένα προϊόν που προέρχεται από τη βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας του οποίου φυσικές, μηχανικές και υδραυλικές ιδιότητες το καθιστούν κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί σε εργασίες έργων πολιτικού μηχανικού για άμεση επαφή με το έδαφος. Το μη υφαντό ύφασμα αποτελείται από τεχνητές ίνες, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μέσω μιας μηχανικής διαδικασίας. Τέτοιου είδους προϊόντα δεν περιέχουν χημικές ουσίες, κατά συνέπεια είναι μη τοξικά και φιλικά προς το περιβάλλον.

Οι τομείς εφαρμογής των γεωυφασμάτων σχετίζονται με τη γεομηχανική και γενικά με κάθε τομέα που ανήκει στο κλάδο των έργων του πολιτικού μηχανικού. Η επιλογή των προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από διάφορους τεχνικούς και οικονομικούς παράγοντες. Οι κύριες λειτουργίες του γεωυφάσματος στις εργασίες έργων πολιτικού μηχανικού μπορούν να απαριθμηθούν ως εξής:

α)Υδραυλικές λειτουργίες: αποστράγγιση και διήθηση.

β)Μηχανικές λειτουργίες: χωρισμός, ενίσχυση και προστασία.

Χαρακτηριστικά γεωυφάσματος

α)Υδραυλικές λειτουργίες:

Η λειτουργία αποστράγγισης του γεωυφάσματος εξαρτάται από τη διαμήκη διαπερατότητα του. Η ποσότητα ύδατος που μπορεί να μεταβιβαστεί από μια απλή αποστράγγιση εξαρτάται από την υδραυλική μεταβατικότητα του γεωυφάσματος, και σε αυτήν την περίπτωση, λόγω της φύσης του, όλα τα μηχανικά παραγόμενα γεωυφάσματα μπορούν να επιτύχουν εξάισια το στόχο τους. Η ικανότητα του γεωυφάσματος από μη-υφαντό ύφασμα ως φίλτρο αποστράγγισης εξαρτάται από το συντελεστή διαπερατότητάς του και τη διάμετρο της περιοχής που φιλτράρεται. Γενικά, ένα φίλτρο πρέπει να ικανοποιήσει τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

- να αφήσει το νερό να ρέει (κριτήριο διαπερατότητας), και
- να συγκρατεί τις ουσίες (κριτήριο διατήρησης).

β)Μηχανικές λειτουργίες:

Ο ρόλος του γεωυφάσματος ως διαχωριστικό στρώμα εξαρτάται κυρίως από τις υδραυλικές και μηχανικές ιδιότητες του όπως: αντίσταση στη διάτρηση, στη θλίψη, στη σχισμή και παραμόρφωση

λόγω θλίψης και της διάτρησης. Ένα διαχωριστικό στοιχείο πρέπει να συγκρατεί τα μικρά σωματίδια του εδάφους με τα οποία έρχεται σε επαφή, θα πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικό ενάντια στις πιέσεις που προκαλούνται και στα εφαρμοζόμενα φορτία. Τα κριτήρια αντίστασης αξιολογούν τα διαφορετικά είδη δράσης στα οποία το γεωφάσμα πρέπει να αντισταθεί, συγκεκριμένα στη πίεση που εφαρμόζεται από το λεπτότερο χώμα σε κενό, στη διάτρηση από τα απομονωμένα χαλίκια που μπορεί να οδηγήσει στο σχίσιμο και τη φθορά του γεωφάσματος από την επίδραση συγκέντρωσης τοπικών δυνάμεων στην επιφάνεια του γεωφάσματος.

Ο ρόλος του γεωφάσματος ως ενισχυτικό σε κάθε είδους εργασία στο έδαφος που γίνεται με υλικά που είναι δύσκολα να συμπιεστούν ή είναι κατά κάποιο τρόπο μη παραμορφώσιμα, ενισχύεται με στρώσεις γεωφάσματος ώστε να ενισχύσουν το πλεονέκτημα της αντοχής του στη θλίψη και στα χαρακτηριστικά τριβής του γεωφάσματος. Κομμάτια από γεωφάσμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως προστατευτικά για ασφαλικές ή θερμοπλαστικές μεμβράνες στρωμένες οριζόντια ή κάθετα στις ακόλουθες περιπτώσεις: σε στεγανοποίηση σηράγγων, σε υπόγεια τοιχία, σε κήπους ταρατσών, αντιστραμμένες μονώσεις, ελεγχόμενους χώρους ταφής απορριμμάτων. Μερικές φορές εναλλάσσοντας κομμάτια με συνεχόμενες θερμοπλαστικές μεμβράνες διαφορετικής φύσης είναι δυνατό να αποτρέψουμε την άμεση επαφή τους. [www.tselcon.gr]

2.3.9. Αδιάβροχη μεμβράνη

Οι μεμβράνες αυτές έχουν σκοπό να προστατεύσουν το κτίριο από διαρροές. Είναι το πιο σημαντικό όπως και το πιο ακριβό συστατικό του πράσινου δώματος. Η αδιάβροχη μεμβράνη πρέπει να είναι εύκαμπτη, ανθεκτική και ικανή να αντέχει τα διαβρωτικά αποτελέσματα των οξέων που εκκρίνουν οι ρίζες κάποιων φυτών. Κατασκευάζονται από ποικίλα υλικά που κινούνται από οργανικά ως συνθετικά: ελαστική ασφαλτο, συνθετικά ασφαλτόπανα (πίσσα με πολυεστερικά υλικά), συνθετικά ελαστικά (EPDM), ενισχυμένα φύλλα PVC κ.α. Η σωστή τοποθέτηση της αδιάβροχης μεμβράνης έχει μεγάλη σημασία για τη βιωσιμότητα του πράσινου δώματος. Θα πρέπει να δοκιμάζεται η στεγανότητα της αμέσως μετά την τοποθέτηση της, διότι είναι δύσκολες οι επεμβάσεις μετά τις φυτεύσεις.

2.3.10. Διηθητικό φύλλο (φίλτρο)

Το φίλτρο είναι απαραίτητο ώστε να μην επιτρέπει την είσοδο του εδαφικού υλικού, στο στρώμα της

αποστράγγισης. Υφάσματα με κρυσταλλικές ίνες ή από πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό.

2.3.11. Εδαφικό μίγμα (μέσο ανάπτυξης)

Το μέσο ανάπτυξης των φυτών παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την κατασκευή και λειτουργία ενός φυτεμένου δώματος. Η επιλογή κατάλληλου μίγματος εξασφαλίζει μεγάλη διάρκεια ζωής στο φυτικό υλικό. Το μέσο ανάπτυξης πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- α. Να εξασφαλίζει επαρκή αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμη κι αν είναι κορεσμένο.
- β. Να μην συμπιέζεται εύκολα προκειμένου να μην εμποδίζεται η αποστράγγιση του νερού.
- γ. Να έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας.
- δ. Να αποδεσμεύει τα θρεπτικά στοιχεία με βραδύ ρυθμό.
- ε. Να αποτελεί σταθερή βάση για τα φυτά, προκειμένου να αυξηθεί η ανθεκτικότητά τους στους ισχυρούς ανέμους και να αποφευχθεί η διάβρωσή του.
- στ. Να είναι απαλλαγμένο από σπόρους ζιζανίων και ασθένειες.
- ζ. Να μην έχει μεγάλο βάρος.

Λόγω του ότι τα φυσικά εδάφη είναι βαριά, και ειδικά σε συνθήκες κορεσμού, στα πράσινα δώματα συνήθως χρησιμοποιούν ελαφρά εδαφικά μίγματα που αποτελούνται από υψηλής ποιότητας compost και ανακυκλωμένα υλικά. Ένα απλό μίγμα είναι 1/3 επιφανειακό χώμα, 1/3 compost, 1/3 περλίτης και μπορεί να είναι ικανοποιητικό για πολλές εφαρμογές. Άλλα μίγματα μπορεί να περιλαμβάνουν χούμο, άργιλο, ελαφρόπετρα, λάβα κ.α. Οι εταιρίες κατασκευής πράσινων δωματίων συστήνουν δικά τους εδαφικά μίγματα, συνήθως βασισμένα σε ελαφρά υλικά. Εδαφικά μίγματα που περιέχουν διογκωμένη άργιλο έχουν δεχθεί κριτική λόγω της μεγάλης εμπεριεχόμενης ενέργειας της διαδικασίας παραγωγής τους.

Τα πιο φιλικά για το περιβάλλον υλικά είναι ανακυκλωμένα προϊόντα, όπως θραύσματα κεραμιδιών ή τούβλων, ή υλικά κατεδάφισης. Τα παραπάνω υλικά, πέραν του ότι είναι ανακυκλωμένα, έχουν κάποιες ιδιότητες πολύ σημαντικές. Είναι πορώδη, μπορούν να αποθηκεύσουν νερό και θρεπτικά στοιχεία περισσότερο από την πέτρα. Χάρη σε αυτές τους τις ιδιότητες συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών και επιπλέον συγκρατούν μεγάλο ποσοστό των ρύπων που περιέχει το νερό της βροχής. Επιπλέον, είναι ελαφρά και από οικολογικής άποψης, μπορούν να αποτελέσουν το βιότοπο οργανισμών, όπως ασπόνδυλων και εντόμων μέσα στο αστικό περιβάλλον.

Οι έρευνες που έχουν γίνει στη Γερμανία και στη Σουηδία πάντως, δείχνουν τη σημασία συμμετοχής οργανικού υλικού στο εδαφικό μίγμα, ώστε να συμβάλλει στη συγκράτηση της υγρασίας. Από την άλλη πλευρά, εδαφικά μίγματα με μεγάλη περιεκτικότητα τύρφης παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευφλεκτότητα. Το εδαφικό υλικό θα πρέπει να περιλαμβάνει μεταλλικά στοιχεία που ποικίλουν από 70-90% για ένα πράσινο δώμα εντατικού τύπου και από 60-80% για ένα πράσινο δώμα εκτατικού τύπου. Ο πετροβάμβακας είναι ένα υλικό που εκτός από μονωτικό, χρησιμοποιείται και ως συστατικό του εδαφικού μίγματος.

Οι ρίζες των φυτών μπορούν να το διαπεράσουν, μπορεί να συγκρατήσει μεγάλη ποσότητα νερού, την οποία απελευθερώνει στα φυτά, ενώ επιτρέπει την αποστράγγιση του πλεονάζοντος. Σε πολύ ελαφρές κατασκευές ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο του υποστρώματος, τα φυτά αναπτύσσονται πάνα σε αυτόν. Στην επιφάνεια του διασπείρονται χαλίκια προκειμένου να αποτρέψουν τη μετακίνηση του χλοοτάπητα από τον αέρα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι αυτή η λύση δεν έχει τη δυνατότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά και χρειάζεται λίπανση. Επίσης θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη την ενέργεια που χρειάζεται για τη κατασκευή του πετροβάμβακα [www. green roofs. gr]

2.4. Κίνητρα για την υλοποίηση ενός τέτοιου εγχειρήματος.

Κίνητρα τα οποία αποτελούν βασικό παράγοντα για την υλοποίηση πράσινων δωματίων είναι τα εξής: μείωση του κόστους θέρμανσης ψύξης του κτιρίου,

- η θερμοκρασία στην επιφάνεια μιας ταράτσας μπορεί να φτάσει τους 80⁰C,
- η θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών αυξάνει την ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη του κτιρίου,
- τα φυτά σε ένα φυτεμένο δώμα απορροφούν τη ζέστη για τις ανάγκες του μεταβολισμού τους,
- μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας της ταράτσας έως 45⁰C σε σχέση με ένα συμβατικό δώμα (επιφανειακή θερμοκρασία < 35⁰C),
- μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου έως 10⁰C,
- μείωση του κόστους θέρμανσης και δροσισμού του κτιρίου έως 50%,
- ένα φυτεμένο δώμα θερμαίνεται και παγώνει πολύ πιο αργά από ένα δώμα χωρίς φυτά ως συνέπεια τα μηχανήματα κλιματισμού λειτουργούν πιο αποτελεσματικά με ταυτόχρονη μείωση του κόστους ενέργειας,
- οικονομία στο πετρέλαιο θέρμανσης 2 λίτρα/μ²/το χρόνο,

- απόσβεση κόστους τοποθέτησης ενός πράσινου δώματος μέσα σε τρία με τέσσερα χρόνια με τις υπάρχουσες τιμές πετρελαίου.

- Προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Το πράσινο προστατεύει την επιφάνεια του δώματος και της στεγανωτικής στρώσης από:

- βροχόπτωση, χιόνι, χαλάζι,

- ακτινοβολία UV,

- μηχανικές καταπονήσεις,

με αποτέλεσμα:

Διπλασιασμός χρόνου ζωής του δώματος και της στεγανωτικής στρώσης από 30 έτη σε πάνω από 60 έτη κερδίζοντας χρήματα για τον ιδιοκτήτη και το κόστος επαναστεγανοποίησης αλλά και την επισκευή του σκυροδέματος. Άρα σημαντική μείωση κόστους στη συντήρηση του κτιρίου.

- Πυροπροστασία

Τα πράσινα δώματα προστατεύουν τα κτίρια από τη φωτιά. Έρευνα που διεξήχθη στο Βερολίνο για την αντίσταση ενός πράσινου δώματος στη φωτιά βρέθηκε ότι τα φυτεμένα δώματα εμποδίζουν τη φωτιά περισσότερο από τα δώματα με χαλίκι στην εξάπλωση της. Αυτό συμβαίνει από τη συγκράτηση νερού μέσα στα παχύφυτα που χρησιμοποιούνται για τη φύτευση.

- Ηχομόνωση

Ο παγιδευμένος στο υπόστρωμα και στα φυτά αέρας και η πολυσχιδής επιφάνεια των φυτών έχει ηχομονωτική δράση μειώνοντας τουλάχιστον κατά 10 Decibel περισσότερο από μια συμβατική μόνωση τον εξωτερικό θόρυβο. Με αποτέλεσμα να αποτελεί ιδανική λύση για κτίρια που βρίσκονται κοντά σε ισχυρές πηγές θορύβου, λεωφόρους, εργοστάσια, αεροδρόμια κλπ.

- Αντιπλημμυρική προστασία

Πάνω από το 75% των ομβρίων ενός άστεως καταλήγει άμεσα στα φρεάτια. Αυτό δημιουργεί πλημμύρα με πολύ μεγάλο κόστος για τους Δήμους. Παράλληλα μεταφέρεται και όλη η μόλυνση της

ατμόσφαιρας και των επικαθημένων βαρέων σωματιδίων στη θάλασσα αλλά ακόμη και μέσα στο πόσιμο νερό. Ένα φυτεμένο δώμα κατακρατά και φιλτράρει τα όμβρια (75% της ποσότητας τους) παρέχοντας αντιπλημμυρική προστασία στην πόλη αλλά και προστατεύοντας από τη μόλυνση το νερό.

· Λύση στο πρόβλημα των θερμικών νησίδων

Το φαινόμενο των θερμικών νησίδων μεταβάλλει το μικρόκλιμα μιας πόλης. Το δομημένο αστικό τοπίο απορροφά την ηλιακή θερμική ακτινοβολία και λειτουργεί ουσιαστικά σαν φούρνος. Συγχρόνως τα οχήματα και τα κλιματιστικά μηχανήματα επιβαρύνουν με τη λειτουργία τους την θερμοκρασία της πόλης. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα να δημιουργείται μια θερμοκρασιακή διαφορά 6-10⁰C ανάμεσα στο πυκνοδομημένο αστικό χώρο και τα προάστια του. Τα πράσινα δώματα θερμομονώνουν και σκιάζουν τα κτίρια βοηθώντας στο δροσισμό τους και κατ' επέκταση της πόλης συμβάλλοντας δραματικά στην επίλυση του φαινομένου των θερμικών νησίδων και στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

Τα φυτά μειώνουν το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και παράγουν οξυγόνο. Τα πράσινα δώματα μειώνουν το φαινόμενο των θερμικών νησίδων που είναι μια πηγή για τη δημιουργία του όζοντος που επιβαρύνει την πόλη. Τα φυτεμένα δώματα κατακρατούν τα βαρέα μέταλλα από την ατμόσφαιρα καθώς τα φυτά τρέφονται από αυτά. Με τον τρόπο αυτό τα βαρέα αυτά μέταλλα δεν εισέρχονται στον κύκλο του νερού και από εκεί στο νερό που πίνουμε. Στη συνέχεια θα γίνει ανάλυση του φυτεμένου και του συμβατικού δώματος και η σύγκριση τους. [www.monumenta.gr]

2.5. Ανάλυση φυτεμένου δώματος

Για τις επιφάνειες που δέχονται την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και αποθηκεύουν θερμότητα, το πράσινο προσφέρει ιδανική λύση για την εξουδετέρωση των θερμικών εντάσεων στην διάρκεια της ημέρας. Τα φυτά έχουν το δικό τους ενεργειακό ισοζύγιο. Από το 100% της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η φυλλική επιφάνεια, ένα σημαντικό ποσοστό, έως και 90% κατά τις ξερές θερινές μέρες, καταναλώνεται από τα φυτά για τις βασικές βιολογικές τους λειτουργίες. Έτσι με τη διαπνοή, την εξάτμιση, τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή τα φυτά στο φυτεμένο δώμα απορροφούν μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και αφαιρούν θερμότητα από το περιβάλλον.

Η ακτινοβολούμενη ηλιακή ενέργεια (5-30%) αξιοποιείται πιο αποτελεσματικά μέσα από επανειλημμένες ανακλάσεις και απορροφήσεις από τα διάφορα επίπεδα, που παρουσιάζουν τα φυτά και μόνο ένα μικρό μέρος χάνεται στην ατμόσφαιρα με ανάκλαση. Με τη μεγάλη απορρόφηση θερμότητας για τη διαπνοή και την εξάτμιση οι πράσινες επιφάνειες των φυτεμένων δωματίων κατά τη διάρκεια της ημέρας παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η ανακυκλωμένη από το φυτεμένο δώμα θερμότητα είναι πολύ μειωμένου μεγέθους και η θερμοκρασία της άνω επιφάνειας του δώματος δεν ξεπερνά τους 25⁰C και αυτό οφείλεται:

- στην τραχύτητα της άνω επιφάνειας του δώματος (φυλλώματα)
- στην μεγάλη θερμική κατανάλωση για την εξάτμιση νερού από τα φυτά
- στην ανακλαστική ισχύς της επιφάνειας του δώματος
- στην μονωτική επίδραση του υποστρώματος (χώμα)
- στην θερμοχωρητικότητα του υποστρώματος
- στην περίπου σταθερή θερμοκρασία του υποστρώματος.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα με την κατασκευή κήπου σε δώμα η θερμοκρασία της άνω επιφάνειας δώματος με κήπο δεν πέφτει σχεδόν ποτέ κάτω από τους 5⁰C. Συνέπεια του γεγονότος ότι η θερμότητα που ανακλάται από τα φυτεμένα δώματα δεν παρουσιάζει εντάσεις, είναι η ρύθμιση των θερμοκρασιών στο περιβάλλον τους με αυξημένη θερμοκρασία το χειμώνα και με περισσότερη δροσιά το καλοκαίρι. Υποκαθιστώντας την απύουσα επίγεια βλάστηση με βλάστηση στα δώματα των κτιρίων η σχετική υγρασία στις πόλεις μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Ειδικότερα:

- Με την αναπνοή των φυτών εξατμίζεται σημαντική ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα την αύξηση της σχετικής υγρασίας.
- Με τη διαπνοή, όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοιχτά, αποδίδεται στην ατμόσφαιρα το 50-70% των υδρατμών, που θα έδινε με εξάτμιση η ίδια επιφάνεια ελεύθερου νερού στις ίδιες κλιματικές συνθήκες. Τα φύλλα μπορούν να αποδώσουν ημερησίως νερό σε υδρατμούς που αντιστοιχεί στο πενταπλάσιο του βάρους τους.
- Η σχετική υγρασία του αέρα πάνω από επιφάνεια με γρασίδι φθάνει το 90%. Τα φυτά με τη δημιουργία του δρόσου μειώνουν τη σχετική υγρασία, αφού η δρόσος με τη μορφή σταγόνων διοχετεύεται από αυτά στο έδαφος.
- Η βλάστηση επιδρά θετικά στην ποιότητα του αέρα είτε άμεσα, λόγω των διαφόρων λειτουργιών των φυτών, είτε έμμεσα, εξαιτίας της επίδρασης της στο κλίμα. Με τη φωτοσύνθεση εμπλουτίζει τον αέρα με οξυγόνο και μειώνει το διοξείδιο του άνθρακα. Συγκρατώντας τη σκόνη και τα άλλα επιβλαβή αιωρήματα καθαρίζει τον αέρα.

Με την εγκατάσταση κήπων στα δώματα των κτιρίων αντικαθίσταται η συνεχώς λιγότερη επίγεια βλάστηση των πόλεων και όλες οι θετικές επιδράσεις των φυτών μεταφέρονται σ' αυτούς. Ένα δώμα φυτεμένο με γρασίδι δεσμεύει $0,2\text{kg}/\text{m}^2$ / έτος σκόνης και ρύπων και ανά $6-10\text{m}^2$ παράγει το οξυγόνο, που χρειάζεται ένας άνθρωπος στη διάρκεια του χρόνου. Η σκόνη και οι άλλοι ρύποι στην ατμόσφαιρα των πόλεων, που προκαλούνται τόσο από τα ανόργανα υλικά, με τα οποία δομούνται, όσο και από τα αέρια που εκπέμπονται από τις βιομηχανίες, τις κεντρικές θερμάνσεις και τα αυτοκίνητα πέφτουν εν μέρει στο έδαφος.

Ένα άλλο όμως μέρος ανεβαίνει στα ψηλότερα στρώματα του αέρα και δημιουργεί το νέφος. Η ανοδική αυτή κίνηση θερμού αέρα στα δώματα με κήπους ελαχιστοποιείται ή και μηδενίζεται, αφού η θερμοκρασία στην επιφάνεια των φυτών είναι μικρότερη από αυτήν του αέρα. Τα φυτά του δώματος, όπως και όλα τα άλλα, φιλτράρουν τον αέρα και κατακρατούν τη σκόνη κυρίως με τους παρακάτω τρόπους:

- με την ελαττωμένη θερμότητα του αέρα στην περιοχή των φυτών, ελαττώνεται κατακόρυφη κίνηση του έτσι μειώνεται η δυνατότητα ανύψωσης της σκόνης.
- με την αυξανόμενη υγρασία στην περιοχή των φυτών τα μόρια της σκόνης βαραίνουν και πέφτουν κατευθείαν στο χώμα.
- με το φίλτρο που δημιουργεί το φύλλωμα, η σκόνη κατακάθεται σ' αυτό και παρασύρεται στη συνέχεια κατά κανόνα με τη βροχή στο έδαφος.

Η ποσότητα σκόνης που αιωρείται στον αέρα των πόλεων, ελαττώνεται κατά 75% περίπου στις περιοχές των πάρκων. Ακόμη και κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που στα περισσότερα δένδρα δεν υπάρχουν φύλλα, η ελάττωση είναι της τάξης του 60%. Εκτός όμως από τη σκόνη, τα φυτά απορροφούν ρύπους που βρίσκονται σε αέρια μορφή. Το ποσοστό βελτίωσης της ποιότητας του αέρα από τους κήπους σε δώματα αυξάνεται σημαντικά, όταν συνδυάζεται με φυτά στις όψεις των κτιρίων και στους άλλους ακάλυπτους χώρους των οικοπέδων τους.

Η βελτίωση του αέρα από τους κήπους σε δώματα είναι άμεση στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων, όταν αυτοί βρίσκονται πάνω από τους κήπους, όπως κήποι στις εσοχές των κτιρίων, κήποι πάνω από υπόγειους και επίγειους χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων. Στα φυτεμένα δώματα μόνο το 30% των ομβρίων οδηγείται στην αποχέτευση. Το 70% αποθηκεύεται στο χώμα και στην αποστραγγιστική στρώση, προσφέροντας, εκτός από τροφή για τα φυτά, όλες τις θετικές επιδόσεις της βραδείας εξάτμισης στον κύκλο νερού, στο κλίμα και στο μικροκλίμα του κτιρίου.

Στα δώματα με κήπους τα φυτά και η στρώση φύτευσης λειτουργούν σαν σφουγγάρι κι έτσι αποτελούν καλή αποθήκη νερού. Η βλάστηση επιβραδύνει και ελαττώνει την απορροή των ομβρίων.

Όσο περισσότερη και ποικίλη είναι, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα της να κατακρατεί το νερό. Κατά τη διάρκεια μιας δυνατής βροχής ένα σημαντικό μέρος των ομβρίων διοχετεύεται στο έδαφος. Με την επερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, το χώμα στεγνώνει αργά και αποδίδει ένα μέρος του αποθηκευμένου νερού με τη μορφή υδρατμών στον αέρα.

Τα δένδρα, οι θάμνοι και το γρασίδι με τα φυλλώματα τους αποδίδουν στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες νερού. Με τις ρίζες τους λειτουργούν σαν ενεργές αποθήκες σε μεγάλα βάθη. Καθώς το 63% περίπου των βροχοπτώσεων προέρχεται από εξάτμιση από την ξηρά (37% μόνο από τη θάλασσα), η ικανότητα διαπνοής των φυτών και η δυνατότητα τους να δεσμεύουν νερό είναι αποφασιστικοί παράγοντες για την εξίσωση και τη σταθερότητα της υδατικής οικονομίας και του κλίματος.

2.6. Ανάλυση συμβατικού δώματος

Ένα σημαντικό μέγεθος ηλιακής ακτινοβολίας (το 43% περίπου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού) απορροφάται από την εξωτερική επιφάνεια των κτιρίων και μετατρέπεται σε θερμικό φορτίο, που το μέγεθός του ποικίλει ανάλογα με τη θέση της επιφάνειας, κατακόρυφης ή οριζόντιας. Τα θερμικά αυτό φορτίο επαναποδίδεται στην ατμόσφαιρα, κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα συμβατικά δώματα δέχονται λόγω ηλιακής ακτινοβολίας, κατά την διάρκεια της ημέρας και του έτους θερμικά φορτία, που παρουσιάζουν έντονες διαφοροποιήσεις σε σχέση με αυτά, που δέχονται οι τοίχοι στους διάφορους προσανατολισμούς.

Η οριζόντια επιφάνεια το δώματος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού απορροφά διπλάσιο θερμικό φορτίο σε σύγκριση με τους νότιους τοίχους. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα δέχεται μικρά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Με τη μεγάλη απορρόφηση θερμότητας για τη διαπνοή και την εξάτμιση το συμβατικό δώμα παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες. Τα μεγάλα θερμικά μεγέθη που δέχονται τα συμβατικά δώματα κατά τις θερινές μέρες με σημαντική ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνουν τη θερμοκρασία της άνω επιφάνειας τους σε επίπεδο πολύ υψηλότερο από αυτό της θερμοκρασίας του αέρα.

Ανάλογα με το είδος της κατασκευής, το χρώμα, τη μορφή και τα υλικά η θερμοκρασία αυτή μπορεί να ξεπεράσει τους 90⁰C. Τις ξάστερες χειμερινές νύχτες με μεγάλη απώλεια θερμότητας προς τα έξω, η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του συμβατικού δώματος κατέρχεται κάτω από τη θερμοκρασία του αέρα και μπορεί να φθάσει στους -5 ⁰C. Η απουσία βλάστησης, αλλά και η ταχεία μέσσω του δικτύου αποχέτευσης υπόγεια απορροή των ομβρίων υδάτων, σε συνδυασμό με τις υψηλές

θερμοκρασίες επηρεάζουν σημαντικά τη σχετική υγρασία στις πόλεις, καθιστώντας τες κατ' αυτόν τον τρόπο ξηρότερες. Η σχετική υγρασία του αέρα σε δρόμους και στις δομημένες περιοχές όπως είναι τα συμβατικά δώματα βρίσκεται κάτω από το 55%. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην άνω επιφάνεια των συμβατικών δωματίων είναι πολύ μεγαλύτερες όχι μόνο από τη θερμοκρασία του αέρα, αλλά και από αυτές των δρόμων και των πεζοδρόμων ή πλατειών.

Οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες προκαλούν μια ανοδική κίνηση του αέρα με ταχύτητα 0,5m/sec σε επιφάνεια 100m². Τα μόρια της σκόνης και των ρύπων από τα ίδια τα δώματα αλλά και από τους δρόμους και τις πλατείες παρασυρμένα από την κίνηση αυτή του αέρα ανέρχονται στην ατμόσφαιρα, προστίθενται στους υπόλοιπους ρύπους της πόλης και αυξάνουν το νέφος. Στα συμβατικά δώματα ρέει προς την αποχέτευση το 80-100% των ομβρίων. Με τη διοχέτευση των ομβρίων από τα δώματα στα δίκτυα, οι ποσότητες αυτές αφαιρούνται από τον φυσικό κύκλο νερού. Με την επερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία δεν υπάρχει αρκετό νερό για εξάτμιση και έτσι επηρεάζεται το κλίμα των πόλεων.

2.7. Σύγκριση συμβατικού και φυτεμένου δώματος

Από τα συμπεράσματα του συμβατικού και του φυτεμένου δώματος προκύπτει ότι το συμβατικό δώμα κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους δέχεται θερμικά φορτία λόγω ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ το φυτεμένο δώμα προσφέρει ιδανική λύση για την εξουδετέρωση των θερμικών εντάσεων στην διάρκεια της ημέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού από το 100% της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το συμβατικό δώμα, ένα σημαντικό ποσοστό έως και 90% καταναλώνεται από τα φυτά για τις βασικές βιολογικές τους λειτουργίες, ενώ το συμβατικό δώμα απορροφά μεγάλο θερμικό φορτίο.

Με τη μεγάλη απορρόφηση θερμότητας για τη διαπνοή και την εξάτμιση οι πράσινες επιφάνειες των φυτεμένων δωματίων κατά τη διάρκεια της ημέρας παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές των συμβατικών. Κατά τις θερινές μέρες το συμβατικό δώμα δέχεται μεγάλα θερμικά μεγέθη με σημαντική ηλιακή ακτινοβολία και αυξάνουν τη θερμοκρασία της άνω επιφανείας του, σε επίπεδο πολύ υψηλότερο από αυτό της θερμοκρασίας του αέρα. Η θερμοκρασία αυτή μπορεί να ξεπεράσει τους 90⁰C, ενώ στο φυτεμένο δώμα η θερμοκρασία της άνω επιφανείας του δεν ξεπερνά τους 25⁰C.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφανείας του συμβατικού δώματος κατέρχεται κάτω από τη θερμοκρασία του αέρα και μπορεί να φτάσει στους -5⁰C, ενώ στο φυτεμένο

δώμα η θερμοκρασία της άνω επιφάνειας του δεν πέφτει κάτω από τους 5⁰C. Με αποτέλεσμα ότι η θερμότητα που ανακλάται από τα φυτεμένα δώματα, ρυθμίζει τις θερμοκρασίες στο περιβάλλον τους με περισσότερη δροσιά το καλοκαίρι και αυξημένη θερμοκρασία το χειμώνα. Η σχετική υγρασία του αέρα πάνω από την επιφάνεια του φυτεμένου δώματος φθάνει το 90%, ενώ στις δομημένες περιοχές χωρίς βλάστηση όπως είναι το συμβατικό δώμα βρίσκεται κάτω από το 55%.

Στο συμβατικό δώμα οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται από τις βιομηχανίες, τις κεντρικές θερμάνσεις και τα αυτοκίνητα, είναι πολύ μεγαλύτερες από τη θερμοκρασία του αέρα, ενώ στο φυτεμένο δώμα η θερμοκρασία στην επιφάνεια του είναι μικρότερη από αυτήν του αέρα. Στο φυτεμένο δώμα μόνο το 30% των ομβρίων οδηγείται στην αποχέτευση, ενώ στο συμβατικό δώμα ρέει προς την αποχέτευση το 80-100% με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αρκετό νερό για εξάτμιση με την επερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και έτσι επηρεάζεται το κλίμα των πόλεων. [Ευμορφοπούλου Αικ.,1994]

2.8. Ταξινόμηση παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ταξινομούνται ανάλογα με τον τρόπο θερμικής λειτουργίας τους.

A. Σε συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν τα ανοίγματα, τα προσανατολισμένα στο νότο

B. Σε συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι, και οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης.

2.8.1. Συστήματα Άμεσου ηλιακού κέρδους

Το γυάλινο άνοιγμα αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο του κελύφους, γιατί προσφέρει η «διαφάνεια», αναγκαίο στοιχείο για την επικοινωνία του εσωτερικού με τον έξω χώρο. Η εξέλιξη στην τεχνολογία του γυαλιού προσφέρει άπειρες δυνατότητες στη χρήση του, είτε υπό μορφή διάφανων κελυφών, είτε υπό μορφή επιλεκτικής διαφάνειας, ανάλογα με τις προθέσεις επικοινωνίας. Το γυάλινο άνοιγμα αποτελεί το απλούστερο σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας, αρκεί να είναι προσανατολισμένο προς το νότο (με αποκλίσεις $\pm 30^0$ ανατολικά ή δυτικά του νότου).

Τα νότια ανοίγματα συμμετέχουν πάντα θετικά στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου, ανεξάρτητα εάν ο σχεδιασμός τους ανταποκρίνεται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η διαφορά βρίσκεται στο γεγονός ότι ένα συμβατικό κτίριο δεν μπορεί να αποθηκεύσει τη συλλεγείσα θερμότητα,

συνεπώς η δυνατότητα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι περιορισμένη. Οι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων με άμεσο κέρδος είναι:

- Οι γυάλινες επιφάνειες να έχουν νότιο προσανατολισμό,
- Η θερμική μάζα του κτιρίου να είναι επαρκής, έτσι ώστε να απορροφάται και να αποθηκεύεται η συλλεγείσα θερμότητα,
- Το κέλυφος του κτιρίου να είναι θερμικά προστατευμένο στην εξωτερική πλευρά,
- Ο εξοπλισμός των ανοιγμάτων με νυχτερινή μόνωση, δηλαδή κινητά εξώφυλλα μονωμένα ή έστω με εσωτερική θερμική προστασία.

· Απόδοση του συστήματος

Η καλύτερη απόδοση του συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους, ως προς τη θερμική του συμπεριφορά, εξαρτάται από τις εξής προϋποθέσεις:

α. Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων να είναι νότιος, με αποκλίσεις $\pm 30^\circ$ ανατολικότερα ή δυτικότερα, γιατί έτσι δεσμεύεται το 90% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Παράλληλα, το καλοκαίρι η ηλιοπροστασία αυτών των ανοιγμάτων είναι σχετικά πιο εύκολη με οριζόντια προστεγάσματα, σταθερά ή κινητά.

β. Η κλίση του ανοίγματος ως προς τον ορίζοντα. Η κατακόρυφη θέση είναι προτιμότερη, γιατί δέχεται τον περισσότερο ήλιο το χειμώνα, ενώ προστατεύεται εύκολα το καλοκαίρι.

γ. Το μέγεθος και η θέση του ανοίγματος. Το μέγεθος σχετίζεται άμεσα με το κλίμα της περιοχής και διαφοροποιείται ανάλογα με τον βαθμό θερμομόνωσης του κελύφους. Η θέση του ανοίγματος σχετίζεται με το βάθος του χώρου, έτσι ώστε η διανομή της θερμότητας να είναι πιο ομοιόμορφη. Γενικά το βάθος του χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει την διάσταση που ισούται με $2 \frac{1}{2}$ φορές το ύψος του ανοίγματος, μετρούμενο από το δάπεδο.

δ. Την άμεση πρόσπτωση του ήλιου στα συμπαγή δομικά στοιχεία του κτιρίου δάπεδο, τοίχους ή οροφή γιατί έτσι αποθηκεύεται άμεσα η θερμότητα που συλλέγεται και επομένως το σύστημα λειτουργεί πιο αποδοτικά.

Στην περίπτωση που η αποθήκευση της θερμότητας γίνεται έμμεσα, με την κίνηση του θερμού αέρα, απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια θερμικής μάζας.

ε. Τον τύπο του γυαλιού απλό διάφανο γυαλί ή γυαλί που διαχέει το φως προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου και το οποίο συντελεί στην αποφυγή της θάμβωσης που προκαλείται από την άμεση

πρόσπτωση των ακτίνων του ήλιου στο επίπεδο εργασίας. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου γυαλιού συναρτάται με τη χρήση του χώρου.

- Άμεσα ηλιακά κέρδη - Θερμική άνεση

Το σύστημα του άμεσου ηλιακού κέρδους συνδέεται με τον προσδιορισμό των επιφανειών θερμικής αποθήκευσης, γιατί η ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύεται στην διάρκεια της ημέρας, αποδίδεται σταδιακά τη νύχτα, καθορίζοντας έτσι αφενός την απόδοση του συστήματος και αφετέρου τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας, άρα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Με άλλα λόγια, αυτό που επιδιώκεται είναι, αφενός η επάρκεια θερμικής μάζας έτσι ώστε η αποθήκευση θερμότητας να καλύπτει τις ανάγκες του κτιρίου περισσότερες ώρες, επομένως η εφεδρική θέρμανση να λειτουργεί όσο το δυνατόν λιγότερες ώρες, αφετέρου η θερμοκρασία στο χώρο να μην παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις πολύ υψηλή το μεσημέρι ή πολύ χαμηλή το βράδυ. Τα κτίρια που ρυθμίζουν την αποθηκευτική ικανότητα των δομικών στοιχείων της κατασκευής είναι τα εξής:

- η θέση της μάζας αποθήκευσης,
- το μέγεθος της,
- η κατανομή της στον εσωτερικό χώρο.

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί προέκυψε ότι η επιφάνεια της θερμικής αποθήκευσης πρέπει να είναι πολλαπλάσια σε σχέση με την γυάλινη επιφάνεια συλλογής της ηλιακής θερμότητας μέχρι και 9 φορές μεγαλύτερη. Τα υλικά αυτής της μάζας πρέπει να έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα. Θεωρείται ότι ένας τοίχος πάχους 10 εκ. αποθηκεύει επαρκή θερμότητα, ενώ το μεγαλύτερο από 20 εκ. πάχος του τοίχου δεν προσφέρει καλύτερη απόδοση στο σύστημα. Επίσης, εφόσον πρόκειται για δάπεδο, το πάχος της πλάκας αποτελεί επαρκή μάζα για θερμική αποθήκευση, αρκεί η επίστρωση να γίνεται από υλικά βαριά, κεραμικά πλακάκια, μάρμαρο, ή πλάκες.

Συμπεραίνοντας μπορεί να ειπωθεί ότι, το γυάλινο άνοιγμα αποτελεί τον πιο απλό και αποτελεσματικό συλλέκτη ηλιακής ενέργειας, υπό την προϋπόθεση ότι συνδυάζεται με σημαντική ποσότητα θερμικής μάζας και νυχτερινή θερμική προστασία των ανοιγμάτων με εξώφυλλα, ρολλά ή πατζούρια, τα οποία είναι προτιμότερο να φέρουν περσίδες θερμομονωμένες. Το μειονέκτημα του συστήματος του άμεσου ηλιακού κέρδους είναι ο κίνδυνος να παρουσιαστούν μέσα στο χώρο μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίες, μέγιστες και ελάχιστες, πράγμα που οφείλεται στην ποσότητα της διαθέσιμης μάζας αποθήκευσης της θερμότητας.

2.8.2. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικής λειτουργίας: ήλιος-συλλογή(γυάλινη επιφάνεια-αποθήκευση(θερμική μάζα)-θέρμανση (εσωτερικός χώρος). Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους διακρίνονται σε ηλιακούς τοίχους μάζας και ηλιακούς τοίχους ή τοίχους “Trombe”.

· Ηλιακοί τοίχοι μάζας

Οι τοίχοι αυτοί συνδέονται άμεσα με γυάλινα ανοίγματα προσανατολισμένα στο νότο, γιατί αυτά εξασφαλίζουν τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο αέρας που βρίσκεται ανάμεσα στο γυαλί και στον τοίχο θερμαίνεται, οπότε αρχίζει και η απορρόφηση της θερμότητας, καταρχήν από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου και κατόπιν από την υπόλοιπη μάζα του. Η αποθήκευση της ηλιακής θερμότητας στη μάζα του τοίχου γίνεται μέσω αγωγιμότητας. Χαρακτηριστική ιδιότητα του τοίχου είναι η θερμοχωρητικότητα, η οποία εξασφαλίζει την αποθήκευση μεγάλης ποσότητας θερμότητας (αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρείται στους θερμοσυσσωρευτές), πράγμα που συμβάλλει και στην χρονική υστέρηση ή διαφορά φάσης, έτσι ώστε η θερμότητα του τοίχου να αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο αργά το βράδυ, παρατείνοντας, κατά κάποιο τρόπο, τη «χρήσιμη ηλιοφάνεια» για τη θέρμανση του χώρου χωρίς συμπληρωματικής πηγής. Η επιλογή των υλικών και του πάχους των ηλιακών τοίχων μάζας πρέπει να γίνεται κατά κάποιο τρόπο που να εξασφαλίζεται στην πράξη μια χρονική υστέρηση της τάξης των 6-8 ωρών, έτσι ώστε όταν ο αέρας στον εσωτερικό χώρο αρχίζει να ψύχεται, τότε να αποδίδεται θερμότητα από τον τοίχο μέσω ακτινοβολίας.

· Ηλιακοί τοίχοι TROMBE

Το σύστημα του τοίχου Trombe αποτελείται επίσης από ένα τοίχο μάζας, ο οποίος συνδυάζεται με γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση περίπου 4 εκ. και με θυρίδες στο επάνω και κάτω μέρος του, που διευκολύνουν την είσοδο του ψυχρού αέρα από κάτω και την έξοδο του ζεστού αέρα από πάνω. Η ονομασία του τοίχου Trombe βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας που προκύπτει. Η λειτουργία του έχει ως εξής:

· Την ημέρα, όταν ο ήλιος προσπίπτει στο γυαλί, ο αέρας που βρίσκεται στο χώρο ανάμεσα στο τζάμι και τον τοίχο θερμαίνεται. Ο θερμός αυτός αέρας, λόγω ελαφρότητας, κινείται προς τα επάνω και φεύγει από την επάνω θυρίδα προς τον εσωτερικό χώρο. Ταυτόχρονα το κενό που δημιουργείται καλύπτει ψυχρότερος αέρας που μπαίνει από την κάτω θυρίδα, ο οποίος ακολουθεί την ίδια διαδικασία. Έτσι, ζεστός αέρας, όχι υψηλής θερμοκρασίας, μπαίνει και ζεσταίνει τον εσωτερικό χώρο, ενώ παράλληλα ένα τμήμα της θερμότητας αποθηκεύεται και στη μάζα του τοίχου.

· Τη νύχτα, η λειτουργία αυτή προφανώς αντιστρέφεται, γι' αυτό οι δυο θυρίδες κλείνουν με καπάκια, οπότε η θέρμανση του χώρου συνεχίζεται μέσω της ακτινοβολούμενης θερμότητας από τον ζεστό τοίχο.

Το σύστημα του ηλιακού τοίχου Trombe παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, λόγω του απλού τρόπου κατασκευής του και της σχετικά σημαντικής απόδοσης του. Το γεγονός ότι μπορεί να θερμαίνει το χώρο άμεσα μέσω των θυρίδων τις πρωινές ώρες που παρατηρούνται και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ παράλληλα διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης θερμότητας, άρα και της χρονικής υστέρησης, τον καθιστά πολύ αποτελεσματικό. Το μειονέκτημα του είναι ότι μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης όταν η επιφάνεια του είναι πολύ όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη, γιατί η είσοδος του ζεστού αέρα μέσω της θυρίδας δημιουργεί διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο χώρο, δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή.

Επίσης, παρά το γεγονός ότι εξωτερικά εμφανίζεται ως γυάλινη επιφάνεια, δεν επιτρέπει την διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον έξω χώρο. Το καλοκαίρι η λειτουργία του τοίχου Trombe πρέπει να αντιστρέφεται. Δηλαδή, η επάνω θυρίδα πρέπει να κλείνει για να μην μπαίνει ζεστός αέρας στο χώρο και ταυτόχρονα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος, τουλάχιστον, πρέπει να ανοίγει, έτσι ώστε να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω. Επίσης, η ηλιοπροστασία του είναι απαραίτητη για την αποφυγή της υπερθέρμανσης του. Αυτή μπορεί να γίνει στην εξωτερική πλευρά, έξω από το τζάμι με οριζόντια σκίαστρα ή με κατακόρυφη τέντα ή στην περίπτωση που αυτή η λύση δεν είναι εφικτή, τότε τοποθετείται εσωτερικά στο κενό ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο κατακόρυφα σκίαστρο προφανώς κινητό, για να απομακρύνεται το χειμώνα.

· Ηλιακοί τοίχοι και θερμική άνεση

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης και ο τοίχος Trombe εγγυώνται σε μεγάλο βαθμό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης. Η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής τους επιφάνειας, στην αρχή της νύχτας φτάνει περίπου τους 25⁰C ενώ η αντίστοιχη ελάχιστη θερμοκρασία, η οποία παρατηρείται τις

πρωϊνές ώρες, μπορεί να φτάσει ακόμη και στους 15⁰C. Στην πράξη έχει διαπιστωθεί ότι, συνήθως η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου κυμαίνεται από 18-22⁰C, θερμοκρασίες οι οποίες βρίσκονται στα όρια της θερμικής άνεσης.

Ο μόνος κίνδυνος που επισημαίνεται είναι η διακύμανση της θερμοκρασίας του τοίχου γύρω από μια χαμηλή μέση τιμή, κυρίως για περιοχές με κλίμα ψυχρό, όπου ενδεχομένως απαιτούνται πρόσθετα μέτρα θερμικής μόνωσης του τοίχου στην διάρκεια της νύχτας. Η καμπύλη της θερμοκρασίας την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου αυξάνεται, συγκρινόμενη με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του χώρου αλλά και σε σχέση με την εξωτερική. Το φαινόμενο οφείλεται στη λειτουργία του κενού χώρου ως θερμοκηπίου.

· Απόδοση του συστήματος

Η απόδοση του συστήματος ηλιακός τοίχος εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- α) το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου,
- β) το πάχος του τοίχου και τα υλικά της κατασκευής του,
- γ) το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του.

· Μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου

Το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου καθορίζεται από τα εξής:

- το κλίμα της περιοχής, και κυρίως τις θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα. Όσο η διαφορά αυτή μεγαλώνει τόσο πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, δηλαδή η δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης.
- το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το οποίο καθορίζει την ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο το γεωγραφικό πλάτος μεγαλώνει τόσο μειώνεται η ένταση της ακτινοβολίας και συνεπώς πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου συλλογής.
- τον βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου, γιατί ένας χώρος καλά θερμομονωμένος έχει μικρότερες θερμικές απώλειες, άρα και λιγότερες απαιτήσεις για να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα, επομένως μικρότερη επιφάνεια συλλογής θερμότητας.

Πάχος του τοίχου και υλικά κατασκευής

Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας εξαρτάται και από το πάχος και τα υλικά κατασκευής του ηλιακού τοίχου. Όσο μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας έχει το υλικό κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται, για το λόγο ότι η θερμότητα διαπερνά ταχύτερα τη συλλεκτικά επιφάνεια και συνεπώς η χρονική υστέρηση μειώνεται. Από την πρακτική των εφαρμογών έχει προκύψει ότι:

- για τοίχους κατασκευασμένους από μπετόν το βέλτιστο πάχος κυμαίνεται από 25-40 κ. με χρονική υστέρηση 7-12 ώρες,
- για τοίχους νερού το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται ανάμεσα στα 20-50 ε. , γιατί το νερό έχει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και θερμαίνεται ομοιόμορφα, ενώ παράλληλα αποβάλλει θερμότητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Συνεπώς η απόδοση του συστήματος ελάχιστα αυξάνεται σε σχέση με το πάχος του τοίχου,
- για τοίχους από τούβλο το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται γύρω στα 30 εκ. με διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας γύρω τους 6°C και χρονική υστέρηση 8 ωρών περίπου.

- Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας

Η ικανότητα της θερμότητα από τον τοίχο-συλλέκτη επηρεάζεται και από το χρώμα της εξωτερικής του επιφάνειας. Τα σκούρα χρώματα απορροφούν γενικά περισσότερη θερμότητα. Το μαύρο χρώμα έχει τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα, γι' αυτό και στις πρώτες εφαρμογές οι ηλιακοί τοίχοι ήταν βαμμένοι μαύροι. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκαν και άλλα χρώματα: γκρι σκούρο, τούβλο κόκκινο, ακόμη και πέτρα. [Ελένη Ανδρεαδάκη, 1996]

2.9. Παθητικά συστήματα ψύξης

Η ανεπιθύμητη θερμική ενέργεια μπορεί να συσσωρευτεί στα κτίρια και τις κατοικίες από ποικίλες πηγές όπως : η θερμότητα από τις εσωτερικές συσκευές, τον εξοπλισμό και τους κατόχους: ηλιακή ακτινοβολία και μεταφορά. Η ανεπιθύμητη θερμική ενεργειακή αποθήκευση είναι ένα κρίσιμο θέμα στην τροπική ζώνη όπου τα υλικά με βάση το τσιμέντο χρησιμοποιούνται συνήθως στην οικοδόμηση των κτιρίων. Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι το σκυρόδεμα και άλλα υλικά βασισμένα στο τσιμέντο μπορούν να απορροφήσουν τη θερμική ενέργεια για τις μεγάλες περιόδους του χρόνου

ειδικά όταν υπόκεινται στις υψηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 31⁰ C το χειμώνα και 34⁰ C το καλοκαίρι στην τροπική ζώνη.

Επιπλέον τα κτίρια που είναι χτισμένα με βάση το τσιμέντο διατηρούν την θερμική ενέργεια για τις χρονικές περιόδους που υπερβαίνουν τον κανονικό ημερήσιο κύκλο και δεν επιτρέπουν αρκετό χρόνο να απελευθερωθεί η απορροφημένη θερμική ενέργεια τη νύχτα όταν η αντίστροφη ψύξη ακτινοβολίας είναι σημαντική. Κατά συνέπεια, τα μηχανικά συστήματα κλιματισμού απαιτούν ιδιαίτερη ενέργεια για να διατηρήσουν τους άνετους εσωτερικούς χώρους με συνέπεια τα αυξημένα ενεργειακά κόστη. Ένα αποδοτικό και ανέξοδο παθητικό σύστημα ψύξης μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα χρησιμοποιώντας τα εμπορικά υλικά για να βοηθήσει στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και το κόστος.

Η παθητική ψύξη περιλαμβάνει το σχεδιασμό και την επιλογή των δομικών υλικών με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνουν την απορρόφηση και την οικοδόμηση θερμότητας μέσω της στέγης και των τοίχων. Ο στόχος αυτών των συστημάτων είναι να ελαχιστοποιηθεί ή να αποβάλει εάν είναι δυνατόν την χρήση των μηχανικών συστημάτων κλιματισμού για να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας. Κάθε παθητικό σύστημα ψύξης αποτελείται από ένα μονωτή και ένα ανακλαστήρα. Για την υλική επιλογή πρέπει να εξεταστούν πολλαπλοί στόχοι συμπεριλαμβανομένου του γενικού κόστους, της θερμικής απόδοσης του βάρους και της διάρκειας.

Το πρώτο μέρος του παθητικού συστήματος ψύξης είναι ο ανακλαστήρας και ο στόχος του είναι να ελαχιστοποιήσει την απορρόφηση θερμότητας. Τα υλικά με υψηλό θερμικό συντελεστή διάχυσης και υψηλή ανακλαστικότητα επιφάνειας θα ήταν ευεργετικά για αυτούς τους λόγους. Άλλες υλικές εκτιμήσεις επιλογής για τα συστατικά του παθητικού συστήματος ψύξης περιλαμβάνουν τον χρόνο επεξεργασίας, το κόστος, την ευκολία μόνωσης και την αντίσταση ύδατος.

Για το τμήμα ανακλαστήρων ένα υλικό με κάποιο επίπεδο φυσικής ανακλαστικότητας θα ήταν ευεργετικό. Μια περιεκτική ενεργειακή μελέτη είναι απαραίτητη για να καθορίσει ποιο παθητικό σύστημα ψύξης προσφέρει τα καλύτερα μακροπρόθεσμα οφέλη από την άποψη του κόστους και της διάρκειας σε ένα σύστημα πραγματικής-κλίμακας υπό τις περιβαλλοντικές συνθήκες. [Alvarado Jorge L., Terrell Wilson Jr, Johnson Michael D., 23/12/08]

2.10. Τα θερμομονωτικά υλικά

Η γνώση των ιδιοτήτων κάθε θερμομονωτικού υλικού είναι πολύτιμη για την επιλογή του κατάλληλου προϊόντος, που θα μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα στις απαιτήσεις κάθε εφαρμογής. Αυτό που είναι σχεδόν κοινό σε όλα τα κάνει να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα υλικά και τα επιτρέπει

να φέρουν το χαρακτηρισμό θερμομονωτικά είναι η δομή της μάζας τους. Πρόκειται για υλικά τα οποία αποτελούνται από πλήθος ινών, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται αέρας ή από πλέγμα κλειστών ή ανοιχτών κυψελίδων εντός των οποίων περιέχεται αέρας που θεωρείται ακίνητος. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα, δηλαδή επιτρέπει πολύ δύσκολα την μετάδοση της θερμότητας μέσω αυτού. Σήμερα στην αγορά κυκλοφορεί πλήθος θερμομονωτικών υλικών που καλύπτει ικανοποιητικά τις απαιτήσεις των κατασκευών.

· Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών

Για την ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών θα μπορούσε κανείς να επιλέξει πολλά κριτήρια, όπως την προέλευση τους (οργανικά ή ανόργανα), τη δομή τους (ινώδη, κυψελώδη ή κοκκώδη), την παρασκευή τους (φυσικά ή τεχνητά), τις ιδιότητες τους (προσβαλλόμενα και μη προσβαλλόμενα από την υγρασία, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κτλ.). Η ταξινόμηση αυτή δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για το μηχανικό ή τον κατασκευαστή, αλλά μόνο για μια συστηματικότερη γνώση των ιδιοτήτων τους. Έτσι θα μπορούσε κανείς να τα κατατάξει σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα ελαφρά και στα βαριά θερμομονωτικά υλικά. 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 με την σύστασή τους σε:

- ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας),
- οργανικά ινώδη (ξυλόμαλλο, μοριοσανίδες υλικά φυτικών ή ζωικών ινών)
- κυψελώδη (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη,
- ουρική, φορμαλδεΐδη, φελλός),
- κοκκώδη (ελαφρόπετρα, περλίτης, βερμικουλίτης).

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

2.10.1. Ιδιότητες και συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών

- Η επίδραση της θερμοκρασίας

Χαρακτηριστικό μέγεθος αποτελεί ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) για κάθε υλικό που

δίνεται από πίνακα στον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων. Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ενός υλικού στο εργαστήριο έχει υπολογιστεί σε θερμοκρασία 10⁰C σε ξηρή κατάσταση και έχει προσαυξηθεί κατά ένα ποσοστό υγρασίας που λέγεται “πρακτική υγρασία”. Ουσιαστικά η πρακτική υγρασία είναι η υγρασία που προσλαμβάνει το υλικό από το περιβάλλον του υπό κανονικές συνθήκες.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μειώνεται η θερμομονωτική του ικανότητα. Η επί μακρόν έκθεση ορισμένων θερμομονωτικών υλικών σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες άνω των 70⁰C, όπως αυτές που αναπτύσσονται σε λέβητες, σε δίκτυα θέρμανσης προκαλούν αλλοίωση της υφής τους και συρρίκνωση της μάζας τους. Γι’ αυτό συνιστάται να χρησιμοποιούνται ανόργανα ινώδη θερμομονωτικά υλικά.

· Η επίδραση της υγρασίας

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) επηρεάζεται άμεσα και από την υγρασία. Υλικά που έχουν εμποτιστεί με υγρασία μειώνουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και αυξάνουν αντίστοιχα τη θερμική τους αγωγιμότητα. Ο παγετός είναι ακόμη πιο καταστροφικός. Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του μηδενός (0⁰C) το νερό μετατρέπεται σε πάγο, αυξάνοντας τον όγκο του κατά 1/10 του αρχικού με αποτέλεσμα στα υλικά εμποτισμένα με νερό να επέρχεται διαρραγή του ιστού τους και σταδιακή αποσάθρωση τους.

· Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα αφρώδη οργανικά θερμομονωτικά υλικά και κυρίως τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά κινδυνεύουν από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας όταν παραμείνουν επί μακρόν εκτεθειμένα σ’ αυτήν. Οι ακτίνες του ήλιου αλλοιώνουν σταδιακά το υλικό μειώνοντας την αντοχή του και καθιστώντας το πιο εύθραυστο. Με αποτέλεσμα να χάνει τις θερμομονωτικές του ιδιότητες και σταδιακά καταστρέφεται. Γι’ αυτό το λόγο όλα τα υλικά αυτών των κατηγοριών μέχρι τη χρήση τους πρέπει να παραμένουν προφυλαγμένα σε σκιασμένους χώρους και μέσα σε κατάλληλη θερμοκρασία. Αφού τοποθετηθούν πρέπει σύντομα να επικαλύπτονται (π.χ. επίχριση εξωτερικά θερμομονωμένης δοκού ή υποστυλώματος).

- Η μεταβολή των διαστάσεων

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

Στα θερμομονωτικά υλικά που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες, παρατηρείται μετά την ψύξη τους 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 την διαδικασία της παραγωγής τους. Με τεχνητή γήρανση του υλικού μπορεί να αποφευχθεί κατά το στάδιο παραγωγής, ώστε αυτό να αποκτήσει σταθερές διαστάσεις.

- Η χημική συμπεριφορά

Ορισμένα οργανικά θερμομονωτικά υλικά προσβάλλονται από ποικιλία χημικών διαλυτών, όπως η βενζίνη, το ασετόν, το βενζόλιο κ.α. Επίσης τα περισσότερα αφρώδη οργανικά υλικά επηρεάζονται από την πίσσα και τη ρευστή άσφαλτο. Οι ασφαλικές μεμβράνες κατά τις κατασκευές των δωματίων δεν πρέπει να επικολλώνται επάνω σε πολυστερινικής προέλευσης υλικά, γιατί υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους. Επίσης 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

Σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά. Τα περισσότερα από αυτά δεν συντηρούν τη φωτιά και δεν αναφλέγονται. Τα οποία είναι ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, το αφρώδες γυαλί, ο περλίτης κ.α. Τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης φυσικά ή τεχνητά, αντιθέτως έχουν κακή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά και κατατάσσονται στην κατηγορία των μη άκαυστων υλικών. Σε αυτή τη κατηγορία υπάγονται τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη,

αφρώδης εξηλεασμένη πολυστυρόλη, πολυουρεθάνη κ.α.) και τα παράγωγα από ξύλα και φυτά (ξύλομαλλο, φελλός, καλάμια, γιούτα).

- Η μηχανική αντοχή

Είναι πολύ σημαντικό το θέμα της αντοχής των υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία, αν η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το θερμομονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα). Η μηχανική αντοχή των θερμομονωτικών υλικών αξιολογείται κατά ανάλογο τρόπο, 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 σε μεγάλα ανοίγματα. Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού πρέπει να συνεκτιμηθεί και σειρά άλλων ιδιοτήτων, όπως η φθορά με τον χρόνο, η προσβολή του από τα έντομα και τρωκτικά, η συνεργασιμότητά του με άλλα υλικά κτλ. Σημαντικό ρόλο παίζει και το κόστος του υλικού, η διακίνηση του στην αγορά, η δυνατότητα μεταφοράς και τοποθέτησης του και άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την ιδιαιτερότητα της κάθε κατασκευής. [Αραβαντινός Δημήτρης, 2005]

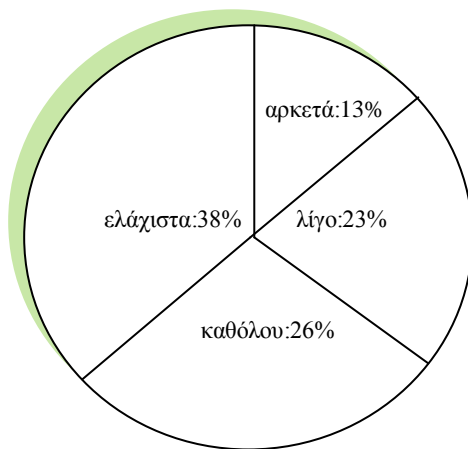
Κεφάλαιο 3

3.1. Ερωτηματολόγιο

Σχετικά με την έρευνα της εργασίας συμπληρώθηκε το παρακάτω ερωτηματολόγιο:

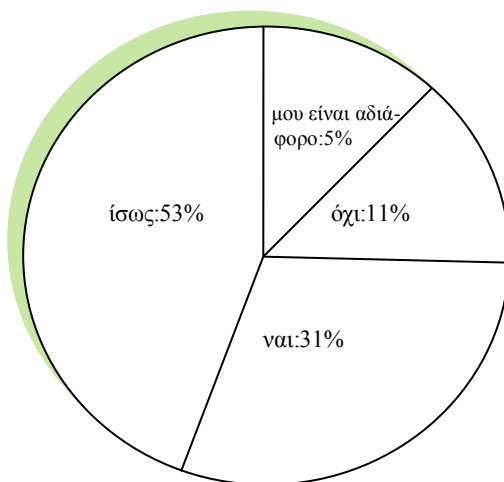
Ερώτηση 1.

Γνωρίζετε για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό;



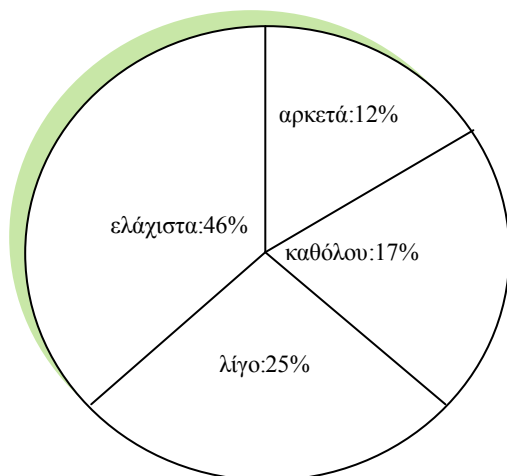
Ερώτηση 2.

Θα επιλέγατε ένα σπίτι που έχει βιοκλιματικά στοιχεία;



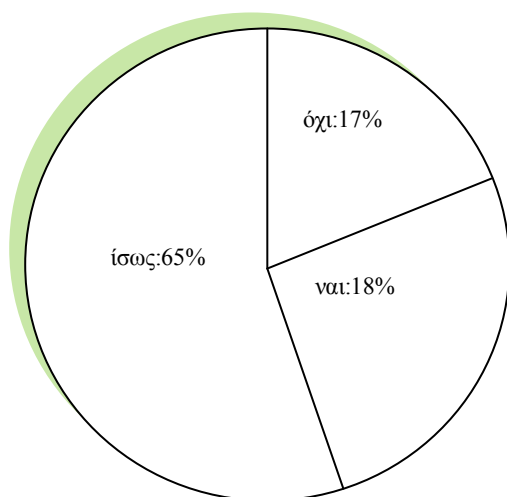
Ερώτηση 3.

Γνωρίζετε για τα φυτεμένα δώματα (πράσινες στέγες);



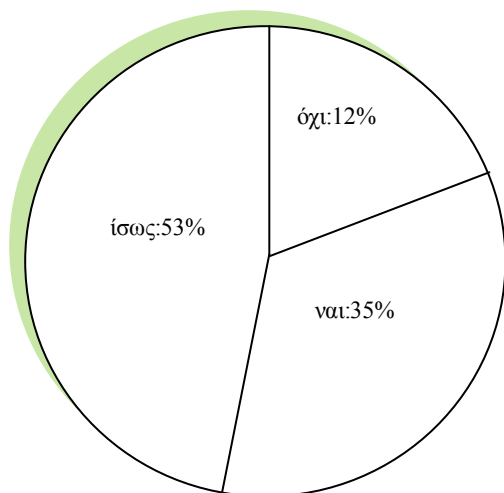
Ερώτηση 4.

Θα διαθέτατε 2,000 ευρώ επιπλέον για να έχει το σπίτι σας πράσινη στέγη;



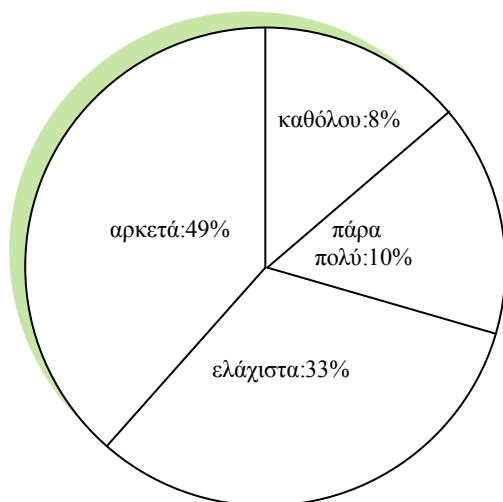
Ερώτηση 5.

Θα κατασκευάζατε στο δικό σας σπίτι πράσινη στέγη;



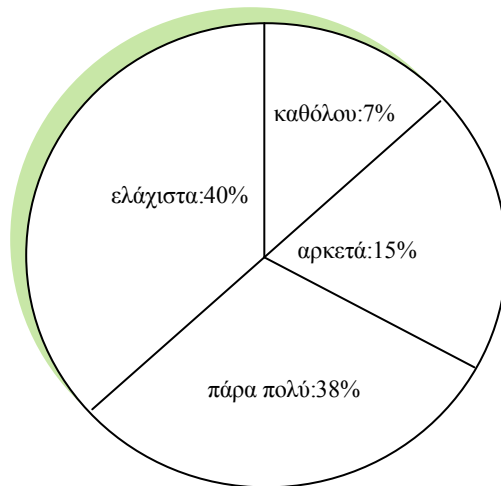
Ερώτηση 6.

Πιστεύετε ότι θα ωφελειθείται από μία τέτοια κατασκευή;



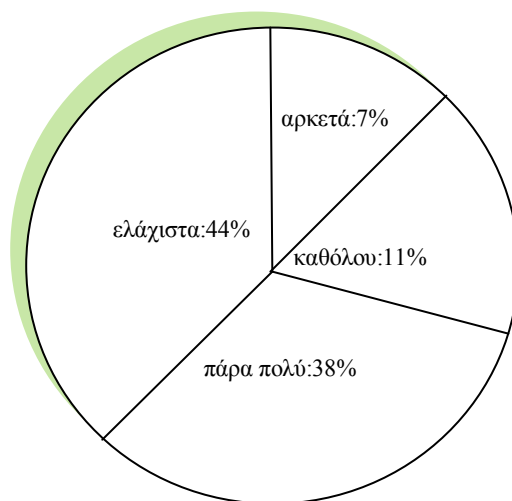
Ερώτηση 7.

Μια κατοικία σχεδιασμένη βάσει των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών της περιοχής αποτελεί παράγοντα για να την αγοράσετε;



Ερώτηση 8.

Μια κατοικία με εξαιρετα διαμορφωμένο πλήρη περιβάλλοντα χώρο θα αποτελούσε κίνητρο ώστε να την αγοράζατε;



Κεφάλαιο 4

4.1. Συμπεράσματα

Τα κτίρια που είναι φτιαγμένα από υλικά με βάση το τσιμέντο εκθέτουν συχνά δυσμενή θερμικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβανομένης της υψηλής εσωτερικής θερμοκρασίας ειδικά ελλείψει ενός μηχανικού συστήματος ενεργητικού δροσισμού. Όπως αναφέρουν οι Jorge L. Alvarado, Wilson Terrell, Jr., Michael D Johnson στο περιοδικό *Building and Environment* (Passive cooling systems for cement-based roofs): Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η μορφή ανακλαστήρων ακτινοβολίας καθώς επίσης και η υλική επιλογή κάθε παθητικού συστήματος ψύξης οδήγησαν στις μειώσεις της διεξαγωγής θερμότητας μεταξύ 65 και 88%. Με τον συνδυασμό των υλικών που επιλέχθηκαν: άργιλος 1100 ως επίπεδο ανακλαστήρα και πολυουρεθάνιο ως μονωτής υπήρξε ως αποτέλεσμα υψηλότερη μείωση ροής θερμότητας των δοκιμασμένων συστημάτων. Άλλα υλικά και συνδυασμοί διαμόρφωσης παρέχουν επίσης την επαρκή θερμική απόδοση. Τα αποτελέσματα ωστόσο δείχνουν ότι η θερμοκρασία των στεγών από τσιμέντο μπορεί να διαμορφωθεί ακριβώς χρησιμοποιώντας ένα εμπειρικό πρότυπο με ή χωρίς τη χρήση ενός παθητικού συστήματος ψύξης.

Αυτή η εργασία αποδεικνύει ότι το φυτεμένο δώμα ως παθητικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης ενός κτιρίου μπορεί να μειώσει την διεξαγωγή απορρόφησης θερμότητας και τη θερμοκρασία των στεγών που είναι φτιαγμένες από τσιμέντο. Κάθε παθητικό σύστημα ψύξης αποτελείται από ένα συνδυασμό υλικών που μπορεί να μειώσει το καθαρό φορτίο θερμότητας στα κτίρια. Η προσεκτική υλική επιλογή και η διαμόρφωση ανακλαστήρων είναι δυο σημαντικές πτυχές που καθιστούν τα παθητικά συστήματα ψύξης αποδοτικότερα. Στόχος τους είναι να ελαχιστοποιηθεί η χρήση των μηχανικών συστημάτων κλιματισμού με αποτέλεσμα την μείωση ενέργειας.

4.2. Περαιτέρω έρευνα

Οι μελλοντικές έρευνες πρέπει να επικεντρωθούν στη δοκιμή του φυτεμένου δώματος ως παθητικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης ενός κτιρίου για να καθορίσουν το ποσό της αποταμιευμένης ενέργειας, καθώς τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Επίσης πως μπορεί να υπάρξει βελτίωση του ευρύτερου αστικού ιστού με την συμβολή φυτεμένων δωματίων.

Βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ελένη “Δυνατότητες ένταξης ηλιακών τεχνικών σε κτίρια παραδοσιακών και ιστορικών οικισμών”, 1996.

Αραβαντινός Δημήτρης “Θερμομόνωση & Στεγανοποίηση”, 2005.

Σελλούντος Β. Η., Πέρδιος ΣΤ. Δ., “Θερμομόνωση Ηχομόνωση”, 1990.

Επιστημονικές δημοσιεύσεις

Alvarado Jorge L., Terrell Wilson, Jr., Johnson Michael D., “Passive cooling systems for cement-based roofs”, 23 Dec. 2008.

Βραχόπουλος Γρ., “Εβδομο εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας”, 6-8 Νοεμβρίου 2002.

Ευμορφοπούλου Αικ., “ Έκτο εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας - Βελτιστοποίηση ενεργειακών διεργασιών”, 3-5 Νοεμβρίου 1999.

Ευμορφοπούλου Αικ. “Τεχνικά Χρονικά Επιστημονική Έκδοση Τ.Ε.Ε. - Οικολογική Παρέμβαση στο Δομημένο Περιβάλλον με Διαμόρφωση Κήπων στα Δώματα των Κτιρίων», Ιούλιος-Σεπτέμβριος 1994 Τόμος 14, τεύχος 3.

Διαδικτυακές Τοποθεσίες

www.anakainizo.com/faq/66-thermomonosh.html, 2/1/09

www.athensvoice.gr/articles/av,4822,O_%CE%9A%CE%97%CE%AO%CE%9F, 6/6/09

www.ecocity.gr/main.php?cat=66art=860, 6/6/09

www.green.roofs.gr/node/145, 30/12/08

www.imageshack.gr/files/p8q7j9wxllbggbjddw6.jpg, 2/1/09

www.library.tee.gr/digital/books_notee/book...60757-mihalaki.pdf, 3/3/09

www.monumenta.gr/article.php?IssueID=2&lang=gr&CategoryID=3&ArticleID=89, 3/3/09

www.tselcon.gr/images/products/.../171-19-Ecofibre-Cataloue.pdf, 3/3/09