

Φυτεμένο Δώμα Εκτατικού τύπου στο Νέο Κτίριο της Τράπεζας της Ελλάδος στην Θεσσαλονίκη. Ένα παράδειγμα ολιστικής εφαρμογής Φυτεμένου Δώματος στις Μεσογειακές Κλιματικές Συνθήκες

Γρηγόρης Κοτοπούλης, Γεωπόνος, Γ.Π.Α.

egreen-ZinCo, Σίνα 32. 10672, Αθήνα, www.egreen.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εφαρμογή φυτεμένων δωματίων συμβάλει στην βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος με πολλαπλά ενεργειακά, οικονομικά οφέλη και αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο αρχιτεκτονικού και περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Η φυσική βλάστηση που αναπτύσσεται στις οροφές των κτιρίων με ολοκληρωμένες τεχνολογικές μεθόδους και σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές συντελεί στην προστασία των κτιρίων, στην βελτίωση της ενεργειακής τους συμπεριφοράς, στην αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας στις πόλεις και στην δημιουργία νέων αστικών υπαίθριων χώρων.

Το φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου στο Νέο κτίριο της Τράπεζας της Ελλάδας στην Θεσσαλονίκη, κατασκευάστηκε το 2009, και καλύπτει συνολική επιφάνεια 2.000 τ.μ. Η κατασκευή ακολούθησε τις πρότυπες, κατευθυντήριες οδηγίες FLL για την κατασκευή και τη συντήρηση των φυτεμένων δωματίων που ισχύουν στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες.

Το φυτεμένο δώμα ανεστραμμένου τύπου δημιουργεί ένα βιώσιμο οικοσύστημα και βελτιώνει την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Η πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών σε συνδυασμό με την φυσική βλάστηση δημιουργούν μια ασπίδα προστασίας της μεμβράνης στεγανοποίησης από την υπεριώδη ακτινοβολία και τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, ενισχύουν την θερμομόνωση του κτιρίου ενώ ταυτόχρονα διαχειρίζονται το μεγαλύτερο μέρος των όμβριων υδάτων συγκρατώντας έως και 500κμ. ετησίως.

Η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα ωότευσης στενών και δωματίων οδηγεί στην βέλτιστη ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση των εφαρμοσμένων συστημάτων υποδομής. Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να συμβάλλουν στην δημιουργία ενός νέου δικτύου αστικών υπαίθριων χώρων, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων των πόλεων.

Λέξεις Κλειδιά: Μεσογειακό Φυτεμένο Δώμα, Ενεργειακή Συμπεριφορά φυτεμένου δώματος, Τεχνολογία Φυτεμένων Δωματίων, κατευθυντήριες οδηγίες FLL, Πράσινες Διαδρομές

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν ένα βασικό εργαλείο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και της οικολογικής δόμησης, συμβάλουν στην αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος, στην προστασία και ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και στην δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών διαβίωσης στις πόλεις. Εάν η εφαρμογή τους αποτελέσει τμήμα ολοκληρωμένου αειφόρου σχεδιασμού σε ευρεία κλίμακα τότε μπορούν να έχουν ουσιαστικό ρόλο στον σχεδιασμό και την βιοκλιματική ανάπλαση του αστικού τοπίου.

1.1 Φυτεμένα δώματα. Μια βιώσιμη παράμετρος για την Αλλαγή του Κλιματικών συνθηκών

Η παγκόσμια μέση τιμή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης αυξήθηκε κατά 0,4 °C τις τελευταίες πέντε δεκαετίες. Η κύρια αιτία, είναι η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου, και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα, που απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Δεδομένου ότι οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών γίνονται όλο και πιο εμφανείς, και η ενεργειακή συμπεριφορά αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο του σχεδιασμού των κτιρίων, οι μελετητές καλούνται να σχεδιάσουν κτίρια που ανταποκρίνονται σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Κατά τον σχεδιασμό των κτιρίων, είναι απαραίτητη η εφαρμογή ολοκληρωμένων τεχνικών για τη βελτίωση της θερμομόνωσης, της θερμοχωρητικότητας καθώς και την μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Η εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων υποδομής φυτεμένων δωματίων που πληρούν τις διεθνείς προδιαγραφές, συνδυάζουν την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και την περιβαλλοντική τους αναβάθμιση. Τα φυτεμένα δώματα αυξάνουν την θερμοχωρητικότητα, βελτιώνουν την θερμομόνωση του κτιρίου ενώ παράλληλα δημιουργούν ευνοϊκό μικροκλίμα μέσω της διεργασίας της εξατμισοδιαπνοής. Ο συνδυασμός των φυσικών διεργασιών που λαμβάνει χώρα στο φυτεμένο δώμα, μειώνει σημαντικά την διακύμανση των θερμοκρασιών στο επίπεδο μεταξύ της δομής του φυτεμένου δώματος και του κελύφους του κτιρίου, συμβάλλοντας σε σημαντικό βαθμό στην προστασία του. (Newton et al. 2007)

1.2 Φυτεμένα δώματα και ενίσχυση της θερμομόνωσης

Η εφαρμογή σύγχρονων λειτουργικών φυτεμένων δωματίων είναι ένας φυσικός και απόλυτα οικολογικός τρόπος ενίσχυσης της υφιστάμενης ή νέας θερμομονωτικής στρώσης και όχι αντικατάστασης αυτής. Κατά την ανακατασκευή των οροφών υφιστάμενων κτιρίων που διαθέτουν την απαραίτητη στατική επάρκεια, τα συστήματα υποδομής φυτεμένου δώματος εφαρμόζονται πάνω από την θερμομονωτική στρώση είτε πρόκειται για συμβατική μορφή διάστρωσης θερμού δώματος είτε για ανεστραμμένο δώμα.

Σύμφωνα με μια θεωρητική και πειραματική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από την ομάδα Φυσικής Κτιριακού Περιβάλλοντος του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών για τη θερμική συμπεριφορά του συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος σε δύο διαφορετικά κτίρια στο Περιστερί και το Ψυχικό, βρέθηκε ότι τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν ιδιαίτερα στη μείωση των απαιτούμενων φορτίων για ψύξη των κτιρίων. Η μείωση των φορτίων δροσισμού υπολογίστηκε σε ποσοστό 11%. (Sfakianaki et al. 2007)

1.3 Μείωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας

Κατά την διάρκεια ενός ανοιξιιάτικου ή θερινού εικοσιτετραώρου, η οροφή των κτιρίων θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας απορροφώντας θερμότητα και ψύχεται κατά την διάρκεια της νύχτας. Το ημερήσιο εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της μεμβράνης στεγανοποίησης μιας συμβατικής στέγης είναι πολύ μεγάλο. Η επιφάνεια μιας τυπικής ασφαλικής μεμβράνης στεγανοποίησης μπορεί να υπερβεί τους 40°C κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης ανοιξιιάτικης ημέρας και να μειωθεί σε επίπεδα μόλις πάνω από τους 0°C κατά την διάρκεια της νύχτας. Οι στέγες με χαμηλό επίπεδο θερμομόνωσης κάτω από την μεμβράνη στεγανοποίησης θα επιτρέψουν στον υποκείμενο χώρο να θερμανθεί γρήγορα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του υποκείμενου ορόφου θα δημιουργήσει συνθήκες δυσφορίας και χαμηλά επίπεδα θερμικής άνεσης για τους παρευρισκόμενους.

Τα αυξημένα επίπεδα θερμοκρασιών, συντελούν σε αυξημένη χρήση των κλιματιστικών και κατανάλωση ενέργειας. Τα αντίθετα ακριβώς αποτελέσματα λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών και απωλειών θερμότητας από το εσωτερικό των κτιρίων. Η ζήτηση για πρόσθετη θέρμανση, οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Σε αντίθεση με μια συμβατική οροφή, ένα φυτεμένο δώμα, είναι ένα φυσικός οργανισμός που αλληλεπιδρά με το περιβάλλον με διάφορες φυσικές διεργασίες:

- (i) Η διεργασία της εξατμισοδιαπνοής από τα φυτά και το υπόστρωμα ανάπτυξης χρησιμοποιεί ένα σημαντικό μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε σύγκριση με μία συμβατική στέγη,
- (ii) Το φυτεμένο δώμα αυξάνει την συνολική θερμοχωρητικότητα του δώματος με αποτέλεσμα την αποθήκευση μεγάλου ποσοστού ενέργειας και την καθυστέρηση της ροής θερμότητας προς ή από το κέλυφος του κτιρίου,
- (iii) Η φυσική βλάστηση που αναπτύσσεται στις οροφές απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία για τη φωτοσύνθεση και
- (iv) Τα φυτά ανάλογα με δομή τους, την πυκνότητα ανάπτυξής τους και το χρώμα του φυλλώματός τους δημιουργούν καλύτερες συνθήκες ανάκλασης σε σύγκριση με τις περισσότερες συμβατικές οροφές.

Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στο επίπεδο της στεγανοποιητικής μεμβράνης ενός φυτεμένου δώματος είναι πολύ μικρότερη συγκρινόμενη με αυτή μιας συμβατικής στέγης. Είναι συνήθως κάτω από 10°C κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για μια πράσινη οροφή εκτατικού τύπου. Η πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών και φυτών προστατεύουν την στεγανοποίηση, από τις απότομες εναλλαγές της θερμοκρασίας και την υπερϊώδη ακτινοβολία που διαταράσσει τους χημικούς δεσμούς ειδικά στις ασφαλικές μεμβράνες στεγανοποίησης. (Newton et al. 2007)

1.4 Αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας

Οι αστικές περιοχές έχουν υψηλότερη μέση θερμοκρασία από τα προάστια. Το φαινόμενο γνωστό ως 'αστική θερμική νησίδα' οφείλεται στην θερμότητα που απορροφούν και επανεκπέμπουν οι σκληρές δομημένες επιφάνειες. Για την μείωση των θερμοκρασιών στα αστικά κέντρα και την αντιμετώπιση του φαινομένου, υπάρχουν δύο ευρέως αναγνωρισμένες και τεκμηριωμένες μέθοδοι. Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, η εισαγωγή φυσικής βλάστησης στο αστικό περιβάλλον μέσω της σκίασης αλλά και του φυσικού δροσισμού (εξατμισοδιαπνοή) θα συμβάλλει στην μείωση των θερμοκρασιών. Η δεύτερη μέθοδος προτείνει την χρήση εξειδικευμένων υλικών που θα αυξήσουν την ανακλαστικότητα μεγάλου μέρους του συνόλου των επιφανειών ώστε να μειωθεί τοπικά η θερμοκρασία.

Τα φυτεμένα δώματα συνδυάζουν τις δύο μεθόδους και προτείνονται για την μείωση του φαινομένου των θερμικών νησίδων. Ωστόσο αναγνωρίζεται ότι προκειμένου να υπάρξει ουσιαστικό αποτέλεσμα για τις πόλεις, η εφαρμογή φυτεμένων δωματίων πρέπει να ενταχθεί σε έναν

ολοκληρωμένο αειφόρο σχεδιασμό που θα ενοποιεί υπαίθριους χώρους πρασίνου και θα εφαρμοστεί σε αρκετά μεγάλο ποσοστό δομημένων επιφανειών.

Τα φυτεμένα δώματα έχουν υψηλό βαθμό ανακλαστικότητας που κυμαίνεται μεταξύ 0,7 και 0,85 ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του νερού στο σύστημα υποδομής για εξατμισοδιαπνοή (Gaffin 2005). Κατά την εφαρμογή φυτεμένων δωματίων που αποσκοπούν κυρίως σε περιβαλλοντικούς στόχους και προτείνονται ως λύση για την κλιματική αλλαγή, θα πρέπει η υγρασία του υποστρώματος ανάπτυξης να διατηρείται σε επίπεδο που να επιτρέπει την εξατμισοδιαπνοή (Newton et al. 2007). Συνεπώς, η εποχική άρδευση κυρίως στις Μεσογειακές Κλιματικές Συνθήκες, είναι απαραίτητη κατά τις περιόδους ξηρασίας όπου το υδατικό ισοζύγιο είναι αρνητικό, για την διατήρηση της υγρασίας υποστρώματος σε επίπεδο που επιτρέπει την ανάπτυξη των φυτών. Ένας φυσικός τρόπος να αυξηθεί η συνολική διαθέσιμη υγρασία είναι να αυξηθεί το συνολικό βάθος του υποστρώματος ανάπτυξης ή να αυξηθεί το ποσοστό συμμετοχής των υλικών στα υποστρώματα που συντελούν στην αύξηση της υδατοϊκανότητας.

1.5 Φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου στις μεσογειακές κλιματικές συνθήκες

Η οροφή του Νέου Κτιρίου της Τράπεζας της Ελλάδας είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και σύμφωνα με την στατική επίλυση υπήρχε η δυνατότητα εφαρμογής φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου.

Για την δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης μεσογειακών φυτών χρησιμοποιήθηκε σύστημα υποδομής φυτεμένου δώματος αποτελούμενο από εξειδικευμένα αποστραγγιστικά συστήματα με αμφίπλευρες διάτρητες κωνικές προεξοχές και υποστρώματα ανάπτυξης με μικρό ειδικό φορτίο και συνολικό βάθος που δεν ξεπερνά τα 12εκ. (ZinCo- Planning guide Extensive Green Roofs with System).

Το φυτεμένο δώμα του Νέου Κτιρίου της Τράπεζας της Ελλάδος στην Θεσσαλονίκη, είναι το πρώτο φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου στην Ελλάδα, που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις τα διεθνή πρότυπα και τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές FLL, προσαρμοσμένες στις Μεσογειακές Κλιματικές συνθήκες.

2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ

2.1 Σχεδιαστική παράμετρος

Κατά την επιλογή του κατάλληλου συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος και τον σχεδιασμό φυτεύσεων στο Νέο Κτίριο της Τράπεζας της Ελλάδος ελήφθησαν υπόψη παράγοντες όπως , η χρήση της στέγης, η στατική επάρκεια της οροφής, η θέση του κτιρίου, οι τοπικές κλιματικές συνθήκες, η έκθεση στον άνεμο και στην ηλιακή ακτινοβολία, η μέση ετήσια βροχόπτωση, οι υδατικές ανάγκες των φυτών καθώς επίσης και οι ειδικές κατασκευαστικές απαιτήσεις της στέγης.

2.2 Τοπικές κλιματικές συνθήκες

Το Νέο Κτίριο της Τράπεζας της Ελλάδα βρίσκεται στην πόλη της Θεσσαλονίκης, στη Βόρεια Ελλάδα. Η Θεσσαλονίκη βρίσκεται σε μια μεταβατική κλιματική ζώνη και επηρεάζεται τόσο από το μεσογειακό όσο και από το ηπειρωτικό κλίμα. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται περίπου στα 410 χιλιοστά. Οι χειμώνες είναι σχετικά ξηροί, με παγετό το πρωί, ενώ οι χιονοπτώσεις είναι συχνές αλλά με μικρή διάρκεια. Η θερινή περίοδος χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες αλλά και αρκετή υγρασία. Η βροχή είναι σπάνια το καλοκαίρι κυρίως με την μορφή έντονων καταιγίδων.

2.3 Προσομοίωση του φυσικού εδαφικού περιβάλλοντος στο δώμα

Το ολοκληρωμένο σύστημα υποδομής φυτεμένου δώματος στο Νέο Κτίριο της Τράπεζας της Ελλάδος, είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει συνθήκες ανάπτυξης που προσεγγίζουν το φυσικό περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών. Η υδατοϊκανότητα του συστήματος υποδομής είναι υψηλή ενώ παράλληλα διασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες αποστράγγισης του νερού. Η πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση λειτουργεί ως μια σταθερή δομή για την ανάπτυξη των φυτών και προστατεύει το κέλυφος του κτιρίου από μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις.

Η επιλογή ξηρανθεκτικών, ενδημικών φυτικών ειδών συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην βιωσιμότητα του φυτεμένου δώματος στις Μεσογειακές Κλιματικές Συνθήκες.

Η ενίσχυση της διαθέσιμης υγρασίας στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών κατά την θερινή περίοδο, όπου το υδατικό ισοζύγιο είναι αρνητικό είναι απαραίτητη για την υγιή ανάπτυξη των φυτών, την λειτουργία του φυτεμένου δώματος ως ένα μέσο διατήρησης της ατμοσφαιρικής υγρασίας και του υδρολογικού κύκλου του νερού αλλά και της αυξημένης ανακλαστικότητας της στέγης.

2.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά του ανεστραμμένου Φυτεμένου Δώματος

Το φυτεμένο δώμα ανεστραμμένου τύπου του Νέου Κτιρίου της Τράπεζας της Ελλάδος, επιλέχθηκε για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, την διαχείριση των όμβριων υδάτων καθώς και την βέλτιστη ανάπτυξη και προστασία της φυσικής βλάστησης. Το σύστημα στεγανοποίησης και υποδομής του φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου αποτελείται από:

2.4.1 Ασφαλτική Μεμβράνη Στεγανοποίησης

Για την στεγανοποίηση της στέγης εφαρμόστηκε άσφαλτική πολυμερική μεμβράνη με επικόληση της απευθείας στο υπόστρωμα ρύσεων. Η ασφαλτική μεμβράνη λειτούργησε ως φράγμα υδρατμών αλλά δεν διασφάλισε την αντιρριζική προστασία, καθώς περιείχε οργανικά συστατικά και δεν πληρούσε τις προδιαγραφές FLL.

2.4.2 Αντιρριζική Μεμβράνη Εύκαμπτης Πολυολεφίνης FPO

Για την διασφάλιση της αντιρριζικής προστασίας του δώματος, εφαρμόστηκε συνθετική μεμβράνη εύκαμπτης πολυολεφίνης FPO. Η μεμβράνη πολυολεφίνης είναι ανθεκτική στα οξέα που εκρίνουν οι ρίζες των φυτών, έχει μεγάλη αντοχή σε ακράιες θερμοκρασιακές διαφορές και είναι ανθεκτική στην έκθεσή της στην υπεριώδη ακτινοβολία.

2.4.3. Θερμομόνωση με Εξηλασμένη Πολυστερίνη

Για την προστασία της οροφής από μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις και την θερμομόνωση του κτιρίου, εφαρμόστηκαν πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης απ' ευθείας πάνω στην αντιρριζική στεγανωτική μεμβράνη.

Η ανεστραμμένου τύπου εφαρμογή φυτεμένου δώματος απαιτεί τη χρήση υδροφοβικής θερμομονωτικής στρώσης καθώς στο σύστημα της πράσινης στέγης βρίσκεται σε συνθήκες διαρκούς κυκλοφορίας υδατικού διαλύματος. Οι θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS) διαθέτουν κλειστή κυψελοειδή δομή, και δεν απορροφούν υγρασία παρά μόνο με την μορφή υδρατμών σε συνθήκες διαρκούς διαβροχής.

2.4.4. Υδροφοβική Μεμβράνη Διαχωρισμού

Το σύστημα υποδομής του φυτεμένου δώματος διαχωρίζεται από τις πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS), με εξειδικευμένη υδροφοβική μεμβράνη πολυπροπυλενίου. Η υδροφοβική μεμβράνη διαχωρισμού ZinCo TGV 21 επιτρέπει στην παγιδευμένη υγρασία στο επίπεδο της θερμομόνωσης να εξατμιστεί, ενώ παράλληλα λειτουργεί ως επίπεδο απορροής της περίσσειας

νερού προς τις υδρορροές της στέγης (Walker, 2009). Η επιλογή της κατάλληλης μεμβράνης διαχωρισμού αποτελεί σημαντική παράμετρο της αποτελεσματικότητας του συστήματος θερμομόνωσης.

2.4.5 Κυψελοειδές Σύστημα Αποστράγγισης

Η εφαρμογή του συστήματος αποστράγγισης Zinco Floradrain FD 25, έχει ως πρωταρχικό στόχο την απομάκρυνση της περίσσειας νερού. Τα φύλλα αποστράγγισης έχουν κυψελοειδή δομή με αμφίπλευρες διάτρητες εγκοπώσεις και αποσκοπούν (i) στην διατήρηση των κατάλληλων συνθηκών αποστράγγισης που επιτρέπουν την ανάπτυξη των φυτών, (ii) στην συγκράτηση των όμβριων υδάτων και του νερού άρδευσης και σταδιακή απορρόφηση του από τα φυτά, (iii) την διαχείριση της απορρέουσας ποσότητας όμβριων υδάτων, και (iv) την διασφάλιση της κυκλοφορίας του αποθηκεμένου αέρα που επιτρέπει τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών.

2.4.6 Διηθητικό φίλτρο

Πάνω στο αποστραγγιστικό σύστημα τοποθετήθηκε διηθητικό φίλτρο από ενισχυμένο πολυπροπυλένιο. Το φίλτρο εμποδίζει την ροή μικροσωματιδίων από το υπόστρωμα ανάπτυξης προς τις υποκείμενες στρώσεις.

2.4.7. Υπόστρωμα Ανάπτυξης Φυτών

Ακολούθησε η διάστρωση σε βάθος δώδεκα εκατοστών, υποστρώματος ανάπτυξης φυτών με μικρό ειδικό βάρος. Το εξειδικευμένο υπόστρωμα ανάπτυξης αποτελείται από μεγάλο ποσοστό αδρανών υλικών διαβαθμισμένης κοκκομετρίας και φυτικής κομπόστας, και αποσκοπεί στην δημιουργία συνεκτικής δομής για την στήριξη των φυτών, στην δημιουργία μεγάλου πορώδους για τον αερισμό των ριζών, στην συγκράτηση νερού καθώς και στην δημιουργία των απαραίτητων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων για την θρέψη τους.

2.4.8. Φύτευση Δώματος

Με στόχο την πλήρη κάλυψη της επιφάνειας του δώματος εντός περιόδου δύο ετών ακολούθησε η φύτευση φυτών σπορείου με πυκνότητα 6φυτά/τμ. Η φύτευση έγινε απευθείας στο υπόστρωμα, επιτρέποντας την εύκολη ανάμειξη των διαφορετικών ειδών. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορα είδη παχύφυτων αλλά και ξηρανθεκτικών ειδών, όπως τα *Sedum album*, *Sedum spurium*, *Sedum floriferum*, *Thymus sephyllum*, τα οποία χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση και νερό για την ανάπτυξή τους και συνθέτουν έναν οικολογικό βιότοπο.

2.4.9. Αυτοματοποιημένο Σύστημα Άρδευσης

Η εφαρμογή περιοδικής άρδευσης είναι αναγκαία για τη βιωσιμότητα του φυτεμένου δώματος στις Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες κατά την θερινή περίοδο όπου επικρατεί μακρά περίοδος ξηρασίας και το υδατικό ισοζύγιο είναι αρνητικό. Για την παροχή του νερού με αργό ρυθμό και την εξασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης της άρδευσης χρησιμοποιήθηκε πορώδης σωλήνας όπου ενσωματώθηκε στο υπόστρωμα ανάπτυξης.

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ

Περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως, χρησιμοποιείται για την θέρμανση και ψύξη των κτιρίων. Κατά την τελευταία δεκαετία, ενώ η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων έχει μειωθεί σημαντικά εξαιτίας των βελτιωμένων συστημάτων θερμομόνωσης, οι ανάγκες για ψύξη έχουν αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών και της αύξησης της μέσης τιμής της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Για την επίτευξη κατασκευής κτιρίων

μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας όλες οι δυνατές επιλογές θερμομόνωσης και εξοικονόμηση ενέργειας, σε συνδυασμό με άλλες πράσινες εφαρμογές, πρέπει να εφαρμοστούν.

Η απόδοση των φυτεμένων δωματίων ως συστημάτων θερμομόνωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από μεταβλητές, όπως η υγρασία και η θερμοκρασία που επηρεάζουν την ροή θερμότητας από και προς τα κτίρια. Στην πραγματικότητα, οι φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν την απόδοση της θερμομόνωσης του φυτεμένου δώματος είναι πολλές και μεταβάλλονται δυσανάλογα (Kohler, 2009).

3.1 Θερμική συμπεριφορά της Μεσογειακού φυτεμένου δώματος

Το φυτεμένο δώμα του Νέου Κτίριου της Τράπεζας της Ελλάδος ενισχύει την βιοκλιματική αρχιτεκτονική του κτιρίου. Η εφαρμογή του μειώνει την σκληρή επιφάνεια του κτιρίου, και βοηθά σημαντικά στην μείωση της απώλειας θερμότητας από το κτίριο το χειμώνα, καθώς και εισροής θερμικών φορτίων το καλοκαίρι. Το Μεσογειακό φυτεμένο δώμα λειτουργεί ως "πράσινη νησίδα" στον αστικό ιστό και μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα δίκτυο πράσινων διαδρομών που θα δημιουργήσουν νέους χώρους πρασίνου και θα μειώσουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

3.1.2 Ο ρόλος της βλάστησης

Οι μονωτικές, οι ανακλαστικές αλλά και οι ιδιότητες σκίασης διαφόρων φυτών, όπως τα είδη *sedum* και άλλων μεσογειακών ειδών παρέχουν προστασία στις επιφάνειες κτιρίου από την έκθεση τους στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις ανεμοπιέσεις. Η ανάπτυξη φυτοκοινωνιών στο δώμα δημιουργεί ένα στρώμα αέρα με χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή του περιβαλλοντος που λειτουργεί προστατευτικά στην μεταφορά θερμών αέριων μαζών.

3.1.3 Η ενεργειακή συμπεριφορά του φυτεμένου δώματος

Όταν το σύστημα υποδομής (αποστραγγιστική στρώση, υπόστρωμα ανάπτυξης) είναι ξηρό, το φυτεμένο δώμα λειτουργεί ως μια απλή θερμομονωτική στρώση. Η θερμική αντίσταση R του συστήματος υποδομής δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από την συνολική αποθηκευμένη υγρασία. Τα εξειδικευμένα μείγματα ανάπτυξης φυτών, διαθέτουν μεγάλο ποσοστό αέρα (25-45%), ακόμη και κάτω από συνθήκες πλήρους κορεσμού, εξακολουθώντας να λειτουργούν ως θερμομονωτικά στρώματα. (ZinCo-Planning guide Extensive Green Roofs with System). Η υγρασία στο σύστημα υποδομής φυτεμένου δώματος αυξάνει την θερμοχωρητικότητα του απορροφώντας και αποθηκεύοντας μεγάλα ποσοστά θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία μια ζώνης ανάσχεσης στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας ελαχιστοποιώντας τις ακραίες θερμοκρασίες. Συμπερασματικά, τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ενίσχυσης της θερμομόνωσης και της αύξησης της θερμοχωρητικότητας ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα της υγρασίας στο φυτεμένο δώμα. Το μικρό ποσοστό υγρασίας στη δομή του φυτεμένου δώματος συμβάλει στην καλύτερη θερμομόνωση ενώ η μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό στην αύξηση της θερμοχωρητικότητας.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η διεργασία της εξατμισοδιαπνοής, κυρίως κατά την διάρκεια των θερινών μηνών. Ο φυσικός δροσισμός που δημιουργείται μέσω της εξατμισοδιαπνοής στην επιφάνεια της στέγης, συμβάλει στην αύξηση της ανακλαστικότητας των φυτεμένων δωματίων.

3.1.4 Ενίσχυση της υφιστάμενης θερμομόνωσης

Η τεχνολογική εξέλιξη και η έρευνα στα υλικά θερμομόνωσης έχουν βελτιώσει σημαντικά την θερμική τους αντίσταση. Τα συστήματα θερμομόνωσης που εφαρμόζονται στις οροφές των κτιρίων ενώ ενισχύουν σημαντικά την θερμομόνωση δεν μπορούν να λειτουργήσουν ως αποθηκευτική δεξαμενή ενέργειας, αυξάνοντας την θερμοχωρητικότητα της στέγης. Το Μεσογειακό φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου λειτουργεί συνδυαστικά με το θερμομονωτικό σύστημα ενισχύοντας την θερμομόνωση και την θερμοχωρητικότητα του δώματος. Το ανάπτυγμα του φυτεμένου δώματος σε μια στέγη ανεστραμμένου τύπου, έχει καλύτερη απόδοση συγκριτικά με οποιοδήποτε άλλο συμβατικό ανάπτυγμα όπως χαλίκια ή πλάκες. Η δημιουργία θερμογεφυρών είναι λιγότερο πιθανή στις ενώσεις των θερμομονωτικών πλακών εξαιτίας της μικρότερης διακύμανσης θερμοκρασιών στην δομή του φυτεμένου δώματος.

3.2 Η συμβολή του μεσογειακού φυτεμένου δώματος στην διαχείριση νερού

Το οικολογικό μεσογειακό φυτεμένο δώμα συμβάλει ουσιαστικά στην διαχείριση των όμβριων υδάτων καθώς αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες νερού. Το φυτεμένο δώμα αποθηκεύει νερό για την ανάπτυξη των φυτών, συμβάλει στην μείωση του ποσοστού των όμβριων υδάτων που απορρέουν από την στέγη και καθυστερεί σημαντικά την ταχύτητα απορροής του. Το φυτεμένο δώμα του νέου κτιρίου της Τράπεζας μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων τοπικά, καθώς περίπου το 55% της συνολικής βροχόπτωσης διατηρείται στο υπόστρωμα ανάπτυξης και εξατμίζεται σταδιακά. Μεταφραζόμενο σε αριθμούς, αυτό σημαίνει ότι τα 2.000 τ.μ. της οικολογικής οροφής συγκρατούν έως και 450,000 λίτρα / έτος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές κλιματικές συνθήκες.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δημιουργία νέων υπαίθριων χώρων με την μορφή φυτεμένων δωμάτων σε υφιστάμενα ή νέα κτίρια των πόλεων αποτελεί μια σύγχρονη αναγκαιότητα. Το Μεσογειακό φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου στο Νέο Κτίριο της Τράπεζας της Ελλάδας στη Θεσσαλονίκη συμβάλει στην δημιουργία ενός αειφόρου οικοσυστήματος που βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, διαχειρίζεται το νερό, προστατεύει το κτίριο από ακραία καιρικά φαινόμενα. Έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τις διεθνείς ευρωπαϊκές οδηγίες FLL, με υλικά υποδομής που ανταποκρίνονται στις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις.

Η ολοκληρωμένη τεχνολογία φυτεμένων δωμάτων οδηγεί στη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση του εφαρμοσμένου συστήματος. Τα εξειδικευμένα υλικά αποστράγγισης και τα μηχανικά υποστρώματα ανάπτυξης, αποθηκεύουν νερό και αέρα σε διαφορετικές αναλογίες σύμφωνα με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και συμβάλουν ενεργειακά μέσω των φαινομένων της θερμομόνωσης, της θερμοχωρητικότητας, της εξατμισοδιαπνοής, της σκίασης και της ανακλαστικότητας.

Η δημιουργία του φυτεμένου δώματος, του νέου φυσικού οικοσυστήματος στο δώμα του Νέου Κτιρίου της Τράπεζας της Ελλάδος συμβάλλει ουσιαστικά στην ποιοτική αναβάθμιση της ζωής των εργαζόμενων και των κατοίκων. Συντελεί στην εξοικονόμηση ενέργειας αφού μειώνει τις ανάγκες για ψύξη και θέρμανση, βελτιώνει τις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλει στην αντιπλημμυρική προστασία των αστικών κέντρων καθώς και στην ανακύκλωση και ορθολογιστική διαχείριση του νερού. Η εφαρμογή φυτεμένων δωμάτων σε δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, δημιουργεί νέους χώρους πρασίνου, βελτιώνει το αστικό τοπίο, και συμβάλλει ουσιαστικά στην διαμόρφωση σύγχρονων βιώσιμων πόλεων.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alumasc, ZinCo Green Roof Systems.
- Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2004). *Planting Green Roofs and Living roofs*. Portland: Timber Press, Inc.
- Gaffin, S. (2005). Energy Balance Applied to a Comparison of White and Green Roof Cooling Efficiency, Proceedings, 2nd International of Greening roof tops for sustainable communities, Washington DC, May 4-6.
- Kohler, M. (2009). Energetics aspects of green roofs, Proceedings, International Green Roof Congress, Nürtingen, May 25-27, pp. 79-86.
- Newton, J., Gedge, D., Early, P. & Wilson S. (2007). *Building Greener. Guidance on the use of green roofs, green walls and complementary features on buildings*. London: CIRIA.
- Osmundson, T. (1999). *Roof Gardens History, Design and Construction*. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Roth-Kleyer, S. (2009). Green Roofs as a Module of Urban Water Management, International Green Roof Congress, Nürtingen, May 25-27, pp. 63-71.
- Pangalou, H. (2009). The Implementation of Green Roof Technology in Landscape Roofs. Examples from Greece, Proceedings, 4th International Workshop Landscape Architecture.
- Pledge, E. (2005). *Green roofs Ecological Design and Construction*. Atglen: Schiffer Books.
- Sfakianaki, K., Pagalou, H., Pavlou, K., Santamouris, M. & Assimakopoulos, M.N. (2007). Investigating and analyzing the thermal behavior of the “green roof system” installed in two buildings in Athens, Greece, Proceedings, 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference, Crete, September 27-29.
- Walker, R. (2009). Technical solutions for Intensive Greenery-Life on Roofs, Proceedings, International Green Roof Congress, Nürtingen, May 25-27, pp. 33-40.
- ZinCo, Planning guide Extensive Green Roofs with System.