

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΕΛΛΑΔΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ
ΔΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΗΛΙΔΑΣ

ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ

ΔΡΙΒΗΛΑ ΣΩΤΗΡΙΟΥ και ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΤΣΙΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΡΑΣΙΝΑ ΔΩΜΑΤΑ	5
1.1. Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον	5
1.2. Βλάστηση και αστικό περιβάλλον	8
1.3. Ορισμός των φυτεμένων δωμαίων.....	9
1.4. Γενικότερα οφέλη από τα φυτεμένα δώματα	10
1.4.1. Περιβαλλοντικά	11
1.4.1.1. Βελτίωση μικροκλίματος περιοχής και μετριασμός του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.....	11
1.4.1.2. Μείωση της φόρτισης αστικού δικτύου απορροής υδάτων	12
1.4.1.3. Φυσικό ενδιαίτημα για την τοπική πανίδα και χλωρίδα	13
1.4.1.4. Μείωση ηχορύπανσης	14
1.4.1.5. Δέσμευση σκόνης και ρύπων	14
1.4.1.6. Χρήση ανακυκλωμένων υλικών.....	15
1.4.1.7. Ρύθμιση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτιρίων	15
1.4.2. Οικονομικά.....	15
1.4.2.1. Ενίσχυση τοπικών αγορών και ανάπτυξη ενός νέου κλάδου.....	15
1.4.2.2. Οικονομικές εκτιμήσεις	16
1.4.2.3. Μείωση κατανάλωσης για τη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου	16
1.4.2.4. Προστασία κατασκευαστικών στρώσεων και υλικών του δώματος του κτιρίου και εξοικονόμηση από τη διαστασιολόγηση ηχομόνωσης κτιρίου.....	17
1.4.2.5. Οικονομικό όφελος από άμεσες και έμμεσες επιδράσεις	17
1.4.3 Κοινωνικά	18
1.4.3.1. Αισθητική βελτίωση των πόλεων και ανάκτηση χώρων αναψυχής.....	18
1.5. Ιστορική αναδρομή στην τεχνολογία των φυτοδωμάτων	19
1.6. Κατασκευαστικές αρχές φυτοδωμάτων	21
1.7. Εγκατάσταση φυτοδώματος.....	23
1.7.1. Φράγμα υδρατμών.....	23
1.7.2. Διαχωριστικό - εξισωτικό επίπεδο (προαιρετικό).....	24
1.7.3. Θερμομονωτικό επίπεδο (προαιρετικό)	24
1.7.4. Κλίσεις δώματος	24
1.7.5. Στεγανωτική στρώση - αδιάβροχες μεμβράνες.....	25
1.7.6. Αντιριζική διάστρωση.....	28

1.7.7. Επίπεδο προστασίας	28
1.7.8. Αποστραγγιστική στρώση	28
1.7.9. Διαχωριστική στρώση	30
1.7.10. Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων ανάπτυξης φυτών	31
1.8. Προβληματισμοί σε σχέση με την κατασκευή φυτικών δωματίων	31
1.9. Φυτεμένα δώματα και ελληνική πραγματικότητα	33
1.10. Ο Τύπος των Υποστρωμάτων των Φυτοδωματίων	34
1.10.1. Διαθέσιμα υλικά για τη σύνθεση υποστρωμάτων	35
1.11. Το βάθος των υποστρωμάτων	42
1.12. Επιλογή φυτικού υλικού	42
1.13. Έλλειψη ελληνικού προτύπου και εξειδικευμένων κατευθυντήριων οδηγιών - Προσαρμόσιμο μοντέλο φυτεμένων δωματίων	48
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	52
2.1. Η θέση και η χρήση του κτιρίου	52
2.2. Περιγραφή των υφιστάμενων διαμορφώσεων του δώματος	53
2.3. Αναλυτική περιγραφή των φορτίων του δώματος και στατικής επάρκειας	54
2.4. Σκοπιμότητα εγκατάστασης πράσινου δώματος στο συγκεκριμένο κτίριο	54
3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ	55
3.1. Στόχοι εφαρμογής πράσινου δώματος	55
3.2. Ο προσαρμόσιμος τύπος πράσινου δώματος	56
3.3. Αιτιολόγηση της επιλογής του είδους του πράσινου δώματος	56
3.3.1. Υπολογισμός φορτίου του προτεινόμενου συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος και του αντίστοιχου υποστρώματος	59
3.4. Αιτιολογημένη έκθεση επιλογής φυτών	59
3.4.1. Πίνακας φυτικού υλικού	60
3.4.2 Περιγραφή εργασιών εγκατάστασης των φυτών στους χώρους φύτευσης	61
3.4.3. Αρδευτικό σύστημα	62
3.5. Τεχνικές λεπτομέρειες τοποθέτησης υλικών διαστρωμάτωσης φυτεμένου δώματος	64
3.6. Αναλυτική περιγραφή των υλικών που προτείνονται:	66
3.6.1. Στεγανωτική ασφαλική μεμβράνη	66
3.6.2. Υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας	68
3.6.3. Θερμομονωτικό αποστραγγιστικό σύστημα	68
3.6.4. Διηθητικό φύλλο	69
3.6.5. Στοιχείο εγκιβωτισμού από αλουμίνιο	70
3.6.6. Φρεάτιο ελέγχου υδρορροής	70

4. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ.....	71
5. ΠΛΑΝΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	73
5.1. Συντήρηση υποδομής φυτεμένου δώματος και προϊόντων υδροτεχνολογίας	73
5.1.1. Μεμβράνη στεγανοποίησης και αντιριζική μεμβράνη.....	73
5.1.2. Αποστραγγιστικό δίκτυο	73
5.1.3. Φρεάτια ελέγχου.....	74
5.1.4. Στοιχεία εγκιβωτισμού	74
5.1.5. Υπόστρωμα ανάπτυξης	74
5.1.6. Ζώνη διακοπής της φύτευσης	74
5.2. Συντήρηση φυτικού υλικού.....	74
5.3. Συντήρηση αρδευτικού συστήματος	76
6. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΔΥΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗ (Π.Χ. ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΚΙΝΗΣΗΣ)	77
Βιβλιογραφία	78

1. Πράσινα Δώματα

1.1. Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον

Η συνεχής και απρογραμματίστη ένταση της αστικοποίησης, που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, έχει οδηγήσει στη δημιουργία αφιλόξενων πόλεων με υποβαθμισμένη ποιότητα ζωής για τους κατοίκους τους. Είναι η πολυδιάστατη λειτουργική δομή των πόλεων, η ευκολότερη και αμεσότερη κάλυψη των αναγκών των κατοίκων, όσον αφορά την περίθαλψη, τη μόρφωση, τη μεταφορά και τη διασκέδαση και η συσσώρευση εργασιακών ευκαιριών, που οδήγησαν τις τελευταίες δεκαετίες στην αύξηση του πληθυσμού τους, με δυσμενή αποτελέσματα στο περιβάλλον και στην ποιότητα ζωής (Χριστούλας κ.α., 1999).

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των σημερινών μεγαλουπόλεων αποτελεί η εκτεταμένη έως καθολική έλλειψη βλάστησης, που απομονώνει τους κατοίκους από το φυσικό περιβάλλον. Η μείωση των επιφανειών με φυτική κάλυψη οδηγεί στην υποβάθμιση του αστικού μικροκλίματος, στη δημιουργία περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη διατάραξη της φυσικής, αλλά και της ψυχικής υγείας των κατοίκων της πόλης (Duhl, 2002).

Το αστικό μικροκλίμα περιλαμβάνει περισσότερους ρύπους, είναι λιγότερο υγρό και πιο θερμό σε σύγκριση με γειτνιάζουσες, μη δομημένες περιοχές. Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι συνήθως χαμηλότερη, λόγω των έντονων διακυμάνσεων του ανάγλυφου που δημιουργούν τα κτίρια και η ροή του είναι περισσότερο τυρβώδης, γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη επιφανειακή τραχύτητα, στην επίδραση ενός δαιδαλώδους πολεοδομικού δικτύου και την απουσία αστικών «φαραγγιών» κατά τη διεύθυνση των κρατούντων ανέμων (Καρτάλης, 1999). Χαρακτηριστικά φαινόμενα του αστικού μικροκλίματος αποτελούν το «φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας» και η ένταση του «φαινομένου του θερμοκηπίου». Τα κέντρα των πόλεων παρουσιάζουν μέχρι και 12 °C αυξημένη θερμοκρασία (Santamouris, 2001) σε σύγκριση με τα

προάστια και τη γειτονική ύπαιθρο, λόγω του «φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας», το οποίο εντείνεται ανάλογα με το μέγεθός τους.

Στη σημερινή Ευρώπη πολλά ουσιαστικά προβλήματα –κοινωνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά- εμφανίζονται κυρίως στα αστικά κέντρα. Το 80% περίπου των Ευρωπαίων ζουν σε πόλεις. Αυτό καθιστά την Ευρωπαϊκή Ένωση από τις πλέον αστικοποιημένες περιοχές του κόσμου (Εμμανουήλ, 1999).

Η πόλη αντίθετα θα μπορούσε να παρέχει στους κατοίκους της ένα περιβάλλον αποδεκτής ποιότητας, στο οποίο θα μπορούσε να ζει κανείς με ασφάλεια, ευεξία και αποδοτικότητα. Αυτή η απαίτηση σχετίζεται άμεσα με τη διαχείριση των φυσικών πόρων της πόλης (αέρας, νερό, έδαφος, ηχητικό περιβάλλον, πράσινο, ζωτικός χώρος κ.ά.), έτσι ώστε οι οικονομικές και αναπτυξιακές απαιτήσεις να εντάσσονται στη λογική της αειφόρου ανάπτυξης. Την ίδια ώρα, η συντήρηση και η βελτίωση του περιβάλλοντος είναι ένας τομέας που παρέχει νέες μορφές απασχόλησης.

Στη σημερινή πραγματικότητα, που χαρακτηρίζεται από την παγκοσμιοποίηση της οικονομίας και το συνακόλουθο διεθνή ανταγωνισμό, οι πόλεις, κυρίως οι μεγάλες, ανταγωνίζονται στο ίδιο πεδίο: της παροχής υπηρεσιών στις επιχειρήσεις, της προσφοράς προσωπικού με υψηλά προσόντα, των αποτελεσματικών υποδομών επικοινωνιών και χώρων εργασίας (Εμμανουήλ, 1999). Κτίρια και υποδομές σε μια διαλεκτική σχέση ανταγωνίζονται τους ανοικτούς χώρους και το πράσινο και ταυτόχρονα αναβαθμίζονται αισθητικά, λειτουργικά και οικονομικά (αξία γης) από την παρουσία τους. Απαιτείται γι'αυτό περιβαλλοντικός σχεδιασμός που θα καθιστά τις πόλεις περισσότερο βιώσιμες από περιβαλλοντική άποψη και θα αποτρέπει επιβολή του αναπτυξιακού του κόστους στο άμεσο περιβάλλον τους.

Η ραγδαία ανοικοδόμηση πόλεων σαν την Αθήνα, στέρησε τη δυνατότητα δημιουργίας κοινόχρηστων χώρων πρασίνου, με σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεις στον αερισμό και το φυσικό

κλιματισμό τους και συνακόλουθα στην αύξηση των επιπέδων ρύπων και σκόνης. Στερήθηκαν έτσι και οι κάτοικοι των αναγκαίων χώρων αναψυχής, ποιότητας αέρα και μικροκλίματος με τα συνεπαγόμενα κοινωνικά προβλήματα.

Η ραγδαία εξάπλωση της χρήσης κλιματιστικών για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης σε κατοικίες και υπηρεσίες, επιβαρύνει το περιβάλλον με απόρριψη θερμότητας σε ένα αλληλοτροφοδοτούμενο κύκλο με συνέπεια την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής δαπάνης, για την επίτευξη θερμικά άνετου περιβάλλοντος και το διαρκή κίνδυνο για συσκότιση (black out) στο ηλεκτρικό δίκτυο. Το 36% των ενεργειακών πόρων της Ελλάδας καταναλώνεται στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα (δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες) και οι τομείς αυτοί ευθύνονται για το 40% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της χώρας (Ευθυμιόπουλος, 2005). Η ευρεία χρήση κλιματιστικών στα κτίρια αφενός αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και για θέρμανση, αφετέρου εκπέμπει στο περιβάλλον μεγάλα ποσά θερμότητας, πολλές φορές ισοδύναμα με αυτά των άμεσων ηλιακών προσόδων (Watkins, 2000).

Παράλληλα το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, συνδυαζόμενο με τη θερμοκρασιακή αναστροφή και το φωτοχημικό νέφος, απειλούν σοβαρά την υγεία των κατοίκων, αυξάνοντας για παράδειγμα τα περιστατικά άσθματος, ιδιαίτερα στα παιδιά και αυξάνουν συνολικά τη θνησιμότητα (Touloumi et al., 2010). Το 1987 εξαιτίας του θερμικού κύματος που έπληξε την Αθήνα, 926 θάνατοι αποδόθηκαν αποκλειστικά στο θερμικό φαινόμενο (Korpe et al., 2004). Έχει εκτιμηθεί ότι μια μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά 0,5-1,0 οC, μπορεί σε ανάλογες περιπτώσεις να μειώσει την θνησιμότητα κατά 10-20% (Kalkstein, 2005)

1.2. Βλάστηση και αστικό περιβάλλον

Βασική στρατηγική για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που περιγράφηκαν ανωτέρω είναι η δραματική αύξηση των χώρων πρασίνου (Ευθυμιόπουλος, 2005; Alexandri and Jones, 2006). Τα δέντρα επηρεάζουν το μικροκλίμα και την ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη των κτιρίων με δύο τρόπους. Τα άμεσα οφέλη προκύπτουν από τη σκίαση που τα δέντρα παρέχουν στα κτίρια και τις ελεύθερες επιφάνειες. Εμποδίζουν έτσι την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και προστατεύουν τα κτιριακά κελύφη από την αύξηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Papadakis et al., 2001). Τα έμμεσα οφέλη σχετίζονται με τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα λόγω της εξατμισοδιαπνοής, ως λανθάνουσα θερμότητα. Όπως υποστηρίζει ο Ευθυμιόπουλος (2005) τα δέντρα προσφέρουν καλύτερη ηλιοπροστασία και συμβάλουν περισσότερο στη μείωση των ψυκτικών φορτίων απ' ό,τι άλλα εξωτερικά σκίαστρα, όπως για παράδειγμα, τα στόρια, οι περσίδες των παραθύρων, οι τέντες και οι ανακλαστικές επιφάνειες στα τζάμια. Από μετρήσεις που έχουν γίνει, προκύπτει ότι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα και γενικότερα τα φυτά σε κατάλληλα σημεία, μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση των συστημάτων κλιματισμού τη θερινή περίοδο από 15 έως και 30% και σε μερικές περιπτώσεις έως και 50% κάτω από ειδικές συνθήκες.

Οι χώροι πρασίνου και γενικότερα η βλάστηση είναι όροι άμεσα συνδεδεμένοι με τη διαμόρφωση του αστικού μικροκλίματος και την ποιότητα ζωής στα αστικά κέντρα. Τα φυτά συντελούν στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας, στην προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία και τους ανέμους και συμβάλλουν στην βελτιστοποίηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Μέσω των βασικών φυσιολογικών λειτουργιών τους (αναπνοή, εξάτμιση, διαπνοή, φωτοσυνθετική ικανότητα) τα φυτά απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνουν τη θερμοκρασία του αστικού κλίματος και συμβάλλουν στην εξισορρόπηση της, περιορίζοντας τις έντονες ημερήσιες και ετήσιες μεταβολές της, ενώ παράλληλα έχουν και τη δυνατότητα να συμβάλουν στη ρύθμιση της

ατμοσφαιρικής υγρασίας. Ακόμα επιδρούν θετικά στην ποιότητα του αέρα, κατακρατώντας τη σκόνη και τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια, ελαττώνοντας την ταχύτητα των ανέμων και παρέχοντας ηχοπροστασία μέσω της απορρόφησης, της ανάκλασης και διάχυσης του ήχου (Parafotiou et al., 2004). Τέλος, η ύπαρξη βλάστησης είναι αρκετά σημαντική από αισθητικής άποψης αλλά και λόγω της συνεισφοράς της στην εξασφάλιση της ψυχικής υγείας και ευεξίας των κατοίκων των μεγάλων αστικών κέντρων (Duhl, 2002), που βιώνουν έντονους ρυθμούς ζωής σε ένα απρόσωπο και άχρωμο περιβάλλον. Συμπερασματικά, η ύπαρξη βλάστησης συντελεί στην αποφυγή ακραίων κλιματολογικών συνθηκών και συντελεί στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής στα αστικά κέντρα.

Κατανοώντας την προσφορά της βλάστησης στο αστικό περιβάλλον, γίνεται σαφές πως η εγκατάσταση πρασίνου τόσο μέσα στον ευρύτερο αστικό ιστό, όσο και στη δομή των ίδιων των κτιρίων αποτελεί βασική προϋπόθεση της βιωσιμότητας των πόλεων και της άμβλυνσης, αν όχι εξάλειψης, των περιβαλλοντικών προβλημάτων που υφίστανται ή δύναται να εμφανιστούν στο μέλλον.

1.3. Ορισμός των Φυτεμένων Δωματίων

Η αύξηση των χώρων πρασίνου ωστόσο, δεν είναι εύκολο να είναι εκτατική σε μεγάλες πόλεις, όπου το κόστος της γης είναι υψηλό και σχεδόν κάθε χώρος έχει δομηθεί. Η ενεργός πολεοδομία είναι μια λύση, με μεγάλο όμως χρηματικό κόστος. Έτσι, ως μια εφικτή και ρεαλιστική λύση προτείνεται η φύτευση των δωματίων. Με τον όρο Ενεργό Πολεοδομία εννοούμε την «επέμβαση για ανάπτυξη, κυρίως με οργανωμένη δόμηση, μιας περιοχής νέας ή ανάλογη δυναμική επέμβαση για την ανάπλαση μιας παλιάς» (Αραβαντινός, 1997). Απέκτησε δε το ουσιαστικό περιεχόμενο της με ν. 1337/83: "Επέκταση των πολεοδομικών σχεδίων, οικιστική ανάπτυξη και σχετικές ρυθμίσεις".

Χαρακτηριστικό φαινόμενο των σημερινών μεγαλουπόλεων είναι η μείωση της επιφάνειας της αστικής γης σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο αριθμό των κτιρίων και συνεπώς την αυξανόμενη επιφάνεια των δωμαίων, γεγονός που οδηγεί στην αναγκαιότητα της δημιουργικής χρήσης τους ως αντικατάσταση της «χαμένης γης».

Με τον όρο φυτεμένα δώματα εννοούμε την εγκατάσταση πρασίνου, το υπόστρωμα του οποίου εδράζεται σε κάποια κτιριακή κατασκευή. Η απόσταση από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους μπορεί να ποικίλει από υπόγεια κτίσματα (π.χ. υπόγειοι χώροι στάθμευσης χωρίς άνω δόμηση) έως στην κορυφή ουρανοξυστών, που αποκαλούνται Sky gardens (Townshend and Duggie, 2007). Διάφορες ορολογίες έχουν επικρατήσει για τα φυτεμένα δώματα. Ο όρος ‘πράσινα δώματα’ (green roofs) χρησιμοποιείται για να περιγράψει κάθε τύπο φυτεμένου δώματος που προωθεί τις ιδέες της αειφορίας, σε αντιδιαστολή με τον όρο roof garden του οποίου τα χαρακτηριστικά περιορίζονται στην αισθητική (Wheeler and Osborne, 2010). Υπάρχει και ο όρος «οικολογικά δώματα» (eco roof) ο οποίος χρησιμοποιείται, συνήθως για να περιγράψει την εγκατάσταση μιας απλής υποδομής, που ενθαρρύνει την φυσική εγκατάσταση φυτών (Kirby, 2003).

Η τοποθέτηση του φυτικού υλικού σε δώματα κτιρίων δεν αποτελεί μια απλή κατασκευαστική τεχνική. Το αποτέλεσμα της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος πρέπει να είναι η δημιουργία ενός χώρου ενοποιημένου με το κτίριο, ο οποίος θα βρίσκεται σε αρμονία αισθητική και οικολογική με τον περιβάλλοντα χώρο, αποτελώντας ταυτόχρονα και ένα ξεχωριστό αυτόνομο οικοσύστημα που δεν θα δημιουργεί προβλήματα στο κτίριο.

1.4. Γενικότερα οφέλη από τα φυτεμένα δώματα

Τα οφέλη από την κατασκευή των φυτεμένων δωμαίων είναι α) περιβαλλοντικά, β) κοινωνικά και γ) οικονομικά.

1.4.1. Περιβαλλοντικά

1.4.1.1. Βελτίωση μικροκλίματος περιοχής και μετριασμός του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας

Τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν στη βελτίωση των συνθηκών του μικροκλίματος μέσω της εξατμισοδιαπνοής και της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας (Skinner, 2006). Πρόσθετα συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών προσόδων των κτιρίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μέσω της σκίασης των επιφανειών των δωματίων (Papadakis et al., 2001) και της ψύξης του κελύφους των κτιρίων με αγωγή (Theodosiou, 2003).

Η ύπαρξη ενός εκτεταμένου δικτύου φυτεμένων δωματίων στο αστικό περιβάλλον έχει εκτιμηθεί πως συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας, λόγω της μείωσης των ηλιακών προσόδων από τις δομικές επιφάνειες και της παρεπόμενης θερμικής εκπομπής, θερμικής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Επιπλέον η αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας του περιβάλλοντος λόγω της εξάτμισης, συντελεί στην ομαλότερη διακύμανση της θερμοκρασίας (Eumorfoulou and Aravantinos, 1998). Η επιφανειακή θερμοκρασία των φυτεμένων δωματίων ποικίλλει ανάλογα με το είδος της κάλυψης και ανάλογα με τα φυτικά είδη που έχουν επιλεγεί. Τα σημεία που καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, σκούρου χρώματος εμφανίζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα αντίστοιχα με την αραιή και ανοιχτού χρώματος βλάστηση (Niachou et al., 2001), ενώ σε σημεία του δώματος που υπάρχει κάλυψη με χαλίκι έχει παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι και 21 °C σε σύγκριση με φυτοκαλυμμένα σημεία (Kirby, 2003). Έρευνα (Liu and Baskaran, 2003), έδειξε ότι σε μία μέρα καύσωνα (35°C) το καλοκαίρι του 2001, η επιφάνεια του δώματος χωρίς πράσινο, έφτασε τους 70°C, ενώ στην επιφάνεια του φυτεμένου δώματος η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 25-30°C. Επίσης βρέθηκε ότι το καθημερινό εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας, μειώθηκε σημαντικά από τους 46°C στο μη φυτεμένο δώμα, στους 6°C στο φυτεμένο δώμα.

Γενικά, μέσω της εξατμισοδιαπνοής και της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας επιτυγχάνεται ρύθμιση του μικροκλίματος που μπορεί να μετριάσει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας σε πυκνοδομημένες πόλεις, εάν εφαρμοστούν σε ικανοποιητικά μεγάλη έκταση (Akbari et al., 2001; Getter and Rowe, 2006; Alexandri and Jones, 2006). Τα οφέλη από τη φυτοκάλυψη των δωματίων μπορούν να ποσοτικοποιηθούν, τόσο όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας ενός κτιρίου, όσον και στον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Έχει εκτιμηθεί πως μια συστηματική φυτοκάλυψη δωματίων και τοίχων στην Αθήνα θα μείωνε τα ψυκτικά φορτία, μια μέρα του Ιουλίου κατά 84% (Alexandri and Jones, 2006).

1.4.1.2. Μείωση της φόρτισης αστικού δικτύου απορροής υδάτων

Τα φυτεμένα δώματα επιβραδύνουν την απορροή νερού από τις οροφές των κτιρίων, παγιδεύοντας και συγκρατώντας το νερό των βροχοπτώσεων (Dunnett and Kingsbury, 2004; VanWoert et al., 2005; Carter and Jackson, 2007). Η συγκράτηση του νερού που μπορεί να πραγματοποιηθεί είναι της τάξεως 15-90%, και εξαρτάται από το είδος της βλάστησης, από το ύψος και την ένταση της βροχόπτωσης (Ward and Robinson, 2000) και κυρίως τον τύπο και το βάθος του υποστρώματος (Maidment, 1993; Ward and Robinson, 2000). Η παρουσία των φυτών στα φυτεμένα δώματα συμβάλλει στη μείωση της κινητικής ενέργειας των σταγονιδίων της βροχής και το υπόστρωμα στην περαιτέρω μείωση της ταχύτητας έκπλυσης, μέσω της προσρόφησης, της συγκράτησης τριχοειδούς και βαρυτικού νερού και της ταχύτητας διήθησης η οποία στη φάση του κορεσμού εξαρτάται από την υδραυλική αγωγιμότητα του μέσου. Έτσι η διήθηση των υδάτων γίνεται πιο ομαλή, το νερό φιλτράρεται, το φορτίο ομβρίων στο αποχετευτικό δίκτυο κλιμακώνεται στο χρόνο και επιτρέπει τη μείωση της διαστασιολόγησης του. Μέρος τέλος του νερού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής και με αυτό τον τρόπο μειώνεται η συνολική επιβάρυνση των αποχετευτικών δικτύων των πόλεων.

Σε έρευνα των Mentensa et al. (2006), διαπιστώθηκε πως με την εγκατάσταση εκτατικών φυτοδωμάτων σε ποσοστό 10% των κτιρίων της πόλης των Βρυξελλών θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απορροής ομβρίων της τάξης του 2,7% στο σύνολο της πόλης και 54% στο κτίριο ξεχωριστά. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν διαπιστωθεί και από άλλους ερευνητές. Οι VanWoert et al. (2005) στο Michigan State University εργαζόμενοι σε δώμα με κάλυψη σε τρεις παραλλαγές: 1) μόνο 2 cm χαλίκι έρματος, 2) επιπλέον υπόστρωμα 4 cm για εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα χωρίς φυτοκάλυψη και 3) με φυτοκάλυψη από είδη Sedum, υπολόγισαν τη συγκράτηση του νερού από τις βροχοπτώσεις για μια περίοδο 14 μηνών σε 27,2%, 50,4% και 60,6% αντίστοιχα.

1.4.1.3. Φυσικό ενδιαίτημα για την τοπική πανίδα και χλωρίδα

Η δημιουργία φυτεμένων δωμάτων αποτελεί μια καλή ευκαιρία για διατήρηση και ανάπτυξη νέων, μικρών, τοπικών οικοσυστημάτων, τα οποία ενοποιημένα μεταξύ τους αλλά και με τα περιστατικά οικοσυστήματα μπορούν να αποτελέσουν ένα ενιαίο δυναμικό οικοσύστημα διατήρησης και διάδοσης της τοπικής χλωρίδας και πανίδας, ακόμα και στο δομημένο περιβάλλον των πόλεων. Σε μελέτη βιοποικιλότητας του Brenneisen (2003) σε 17 φυτεμένα δώματα της Βασιλείας στην Ελβετία εντοπίστηκαν μέσα στα πρώτα 3 χρόνια 78 διαφορετικά είδη αράχνης και 254 είδη σκαθαριών. Από τα είδη αράχνης και τα είδη σκαθαριών το 19% και 11%, αντίστοιχα ήταν σπάνια είδη ή υπό εξαφάνιση. Σε μελέτη του ίδιου ερευνητή το 2004 στην βορειανατολική Ελβετία εντοπίστηκαν σε ένα φυτεμένο δώμα 90 χρονών 9 είδη ορχιδέας καθώς και άλλα σπάνια και υπό εξαφάνιση φυτικά είδη. Επιπροσθέτως, πολλά είδη πουλιών έχουν καταγραφεί να χρησιμοποιούν ως ενδιαίτημα τα φυτεμένα δώματα στη Γερμανία, Ελβετία και Αγγλία (Brenneisen, 2003; Gedge, 2003).

1.4.1.4. Μείωση ηχορύπανσης

Τα ενοχλητικά ηχητικά κύματα που παράγονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην πόλη μπορούν να απορροφηθούν, ή να ανακλαστούν από την εγκατάσταση βλάστησης στο δώμα των κτιρίων. Το μέγεθος του ελέγχου της διάδοσης του ήχου εξαρτάται από την επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών και την κατάλληλη τοποθέτηση και πυκνότητα φύτευσης τους. Οι Parafotiou et al. (2004), συνέκριναν την επίδραση στη μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου, εκτάσεων αφενός καλυμμένες με χλοοτάπητα και χαμηλή βλάστηση αφετέρου με θάμνους και δένδρα, δείχνοντας ότι στη δεύτερη περίπτωση επιτυγχάνονταν μείωση του θορύβου μεγαλύτερη κατά 2 dB(A) με 4 dB(A). Ωστόσο και τα φυτά εδαφοκάλυψης και οι χλοοτάπητες μειώνουν αποτελεσματικά το θόρυβο, λόγω υψηλού συντελεστή απορρόφησης, ενώ τα σκληρά υλικά τον ανακλούν (Τσαλικίδης, 2008). Τα φυτά απορροφούν κυρίως υψηλής συχνότητας ηχητικά κύματα, που έχουν και μεγαλύτερη ακουστικότητα από τα χαμηλής (Bullen and Fricke, 1982). Το ποσοστό μείωσης του θορύβου εξαρτάται επίσης και από το βάθος του εδαφικού υποστρώματος καθώς και από τα κατασκευαστικά επίπεδα του φυτεμένου δώματος. Συγκεκριμένα το εδαφικό υπόστρωμα έχει την ικανότητα να απορροφά τις χαμηλές συχνότητες διάδοσης των ηχητικών κυμάτων (Peck and Kuhn, 2003). Οι Dunnett and Kingsbury (2004) αναφέρουν μείωση των επιπέδων θορύβου κατά 5 dB σε φυτεμένο δώμα με βάθος υποστρώματος 10 cm, στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης στη Γερμανία.

1.4.1.5. Δέσμευση σκόνης και ρύπων

Ο αερισμός των πόλεων παρεμποδίζεται από το έντονο ανάγλυφο των αστικών χαραδρώσεων, ο οποίος ελαττώνει την ένταση του ανέμου και εγκλωβίζει τη θερμότητα σε θύλακες αέρα, με αποτέλεσμα οι ρυπαντές και η ατμοσφαιρική σκόνη να παραμένουν στο αστικό περιβάλλον μέχρι να απομακρυνθούν από τις βροχοπτώσεις. Το CO₂ και άλλες, μεταφερόμενες με τον αέρα ρυπογόνες ουσίες, επικάθονται και ενίοτε απορροφούνται από τη φυλλική επιφάνεια της βλάστησης στα φυτεμένα δώματα, καθαρίζοντας την

ατμόσφαιρα μέσω των φυσιολογικών τους διεργασιών. Οι Clark et al. (2005) υπολόγισαν πως αν στο 20% των εμπορικών και βιομηχανικών κτιρίων του Detroit των ΗΠΑ εγκαθίστανται φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου, θα απομακρύνονταν περισσότερο από 800.000 kg ανά έτος NO₂ το οποίο αντιστοιχεί στο 0,5% των εκπομπών την περιοχής

1.4.1.6. Χρήση ανακυκλωμένων υλικών

Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την εγκατάσταση φυτοδώματος, όπως μεμβράνες και καλύμματα αποστράγγισης, κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμο πλαστικό. Το μέσο υποστήριξης, συχνά περιλαμβάνει ανακυκλωμένα δομικά υλικά, όπως θραυστό κεραμίδι, ενώ τα υποστρώματα ανάπτυξης μπορούν να αποτελούνται ως κάποιο ποσοστό από κομποστοποιημένα οικιακά, γεωργικά και κηπευτικά υπολείμματα (Kirby, 2003).

1.4.1.7. Ρύθμιση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτιρίων

Η εγκατάσταση φυτεμένου δώματος σε ένα κτίριο συμβάλλει στη μείωση των θερμικών προσόδων του κτιρίου κατά την διάρκεια ηλιόλουστων ημερών επιτυγχάνοντας την εξουδετέρωση των θερμικών εντάσεων τόσο στον περιβάλλοντα χώρο όσο και στο εσωτερικό των κτιρίων (Ευμορφοπούλου, 1994; Niachou et. al., 2001). Έχει επίσης διαπιστωθεί πως η ημερήσια διακύμανση είναι μικρότερη και πιο ομαλή σε κτίρια όπου υπάρχουν φυτεμένα δώματα γεγονός που οδηγεί σε ένα σταθερό θερμικά περιβάλλον που είναι προϋπόθεση για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης των χρηστών (Κοτσίρης, 2007).

1.4.2. Οικονομικά

1.4.2.1. Ενίσχυση τοπικών αγορών και ανάπτυξη ενός νέου κλάδου

Η εγκατάσταση και διαχείριση των φυτεμένων δωματών, δημιουργεί και συντηρεί ένα δίκτυο διάθεσης δομικών, φυτοκομικών και κατασκευαστικών προϊόντων, με εξέχουσα

θέση σε αυτό το δίκτυο γηγενών αδρανών υλικών ορυκτής προέλευσης που απαιτούνται για την κατασκευή και τη διαχείριση των φυτεμένων δωματών. Χαρακτηριστικά τέτοια υλικά είναι η κίσηρη και ο περλίτης που εξορύσσονται στα νησιά Μήλος, Κίμωλος και Νίσυρος και οι ζεόλιθοι που εξορύσσονται σε ορυχεία της Ροδόπης. Το δίκτυο αυτό μπορεί να συντηρεί και να δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

1.4.2.2. Οικονομικές εκτιμήσεις

Η παρουσία φυτεμένου δώματος σε ένα κτίριο, θεωρείται ότι προσθέτει στην αξία χρήσης του για ψυχαγωγία και ενσωματώνει προστιθέμενη αξία στα πλαίσια ανάπτυξης της ιδιοκτησίας.

1.4.2.3. Μείωση κατανάλωσης για τη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου

Τα κτίρια όπου έχουν εγκατασταθεί φυτεμένα δώματα δεν υπόκεινται στις ίδιες επιδράσεις διακύμανσης θερμοκρασιών, επειδή το πολυεπίπεδο σύστημα στρώσεων αποτελούμενο από μεμβράνες, υπόστρωμα και φυτά, καλύπτει την επιφάνειά του δώματος και λειτουργεί ως μονωτικό στοιχείο, το οποίο σταθεροποιεί τις θερμοκρασίες στο εσωτερικό των κτιρίων, και κατά συνέπεια το αίσθημα θερμικής άνεσης των χρηστών, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη (Niachou et al., 2001). Τα φυτά απορροφούν την ηλιακή ενέργεια, εκτός των άλλων, και ως λανθάνουσα θερμότητα κατά την εξατμισοδιαπνοή του υδατικού περιεχομένου των φύλλων σε υδρατμούς προς την ατμόσφαιρα και μαζί με την απευθείας εξάτμιση του νερού από το υπόστρωμα, ψύχουν το κέλυφος του κτιρίου κατά τους θερμούς μήνες, μειώνοντας την απαιτούμενη χρήση των κλιματιστικών. Η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη αλλά και για θέρμανση που οφείλεται στα φυτεμένα δώματα, εξαρτάται από το πάχος, τη σύσταση και το ποσοστό συγκράτησης υγρασίας του υποστρώματος των φυτών, το είδος και την ανάπτυξη των φυτών, την τοποθεσία, τους κατασκευαστικούς παράγοντες και το μέγεθος του δώματος (Beattie and Berghage, 2001).

1.4.2.4. Προστασία κατασκευαστικών στρώσεων και υλικών του δώματος του κτιρίου και εξοικονόμηση από τη διαστασιολόγηση ηχομόνωσης κτιρίου

Η παρουσία του εδαφικού υποστρώματος και του φυτικού υλικού λειτουργεί ως προστατευτικό κάλυμμα για τα δομικά, κατασκευαστικά υλικά του κτιρίου. Η προστασία που παρέχεται από τις φθορές που μπορεί να προκληθούν λόγω της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, τον αέρα, τις βροχοπτώσεις καθώς και από τις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας συντελούν στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των δομικών και των κατασκευαστικών υλικών (Peck and Kuhn, 2003). Επίσης, περιορίζεται ο κίνδυνος θραύσης των δομικών υλικών και η εμφάνιση διαφόρων μηχανικών καταστροφών που μπορεί να προκληθούν από τον πάγο ή το χιόνι. Η αύξηση της διάρκειας ζωής των δομικών υλικών και η μείωση των αναγκών για συντήρηση και αντικατάσταση τους αποτελεί ένα σημαντικό οικονομικό όφελος (Oberlander et al., 2002).

Στην προδιαγραφόμενη μελέτη ηχομόνωσης του κτιρίου, μπορεί να προβλεφθεί η ανάλογη μείωση των υλικών ή η προσαρμογή προς τα κάτω της διαστασιολόγησης τους από τη συμβολή του φυτεμένου δώματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο προβλέπεται ένα ακόμα πεδίο εξοικονόμησης, με μείωση της κατασκευαστικής δαπάνης του κτιρίου (CIBSE, 2007).

1.4.2.5. Οικονομικό όφελος από άμεσες και έμμεσες επιδράσεις

Η κατασκευή φυτοκαλυμμένων δωμαίων σχετίζεται με δείκτες εκροών που μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και να αποτιμηθούν περαιτέρω οικονομικά, δίνοντας μια καλή εικόνα της αποδοτικότητας της κατασκευής. Τέτοιοι δείκτες εκροών είναι:

-Η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο δώματος . Οι Alcazar and Bass (2005) υπολόγισαν σε μια πολυκατοικία της Μαδρίτης, μείωση του φορτίου για ψύξη 6,2-6,4 % και για θέρμανση 0,12-0,2 %

- Η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh ανά πόλη. Ενδεικτικά 10-30% για ψύξη και θέρμανση (Alexandri and Jones, 2006)
- Μείωση κόστους συντήρησης ηλεκτρικού δικτύου πόλης σε εργατοώρες, από την μείωση της διάρκειας και της έντασης του χρόνου αιχμής
- Μείωση κόστους συντήρησης δικτύου αποχέτευσης ομβρίων της πόλης σε εργατοώρες, από τη μείωση της έντασης απορροής
- Μείωση έκτακτων περιστατικών στα νοσοκομεία, σε μέρες νοσηλείας, από το μετριασμό της έντασης και της διάρκειας των θερμικών κυμάτων των καυσώνων
- Αύξηση επιφάνειας πρασίνου, σε τετραγωνικά μέτρα ανά κάτοικο
- Αύξηση έργων πρασίνου σε τετραγωνικά μέτρα ανά έτος
- Αύξηση παραγωγής φυτωρίων σε αριθμό φυτών σε φυτοδοχεία
- Αύξηση απασχόλησης στον κλάδο σε απόλυτους αριθμούς
- Αύξηση εισροών εγχώριων υλικών στον κύκλο της κηποτεχνίας και μείωση των εισροών εισαγόμενων υλικών, σε m³ ή kg.

1.4.3 Κοινωνικά

1.4.3.1. Αισθητική βελτίωση των πόλεων και ανάκτηση χώρων αναψυχής

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν έναν από τους λιγιστούς εναπομείναντες τρόπους επαναφοράς της βλάστησης στον αστικό χώρο. Οι συνδυασμοί φυτικού υλικού, τύπου φύτευσης και σχεδιαστικών προτάσεων προσφέρουν ποικίλες δυνατότητες στον Αρχιτέκτονα Τοπίου να δημιουργήσει, από εκτεταμένα σύνολα ποώδους χαμηλής φύτευσης, έως προσβάσιμους κήπους με καθιστικά, χώρους εστίασης, λίμνες, χώρους περιπάτου και άλλα. Η αισθητική αναβάθμιση των φυτεμένων δωματίων βελτιώνει, όπως ήδη αναφέρθηκε, τη ψυχική υγεία των κατοίκων των πόλεων. Περαιτέρω τα φυτεμένα

δώματα δίνουν λύση για δημιουργία πρόσθετου ανοικτού χώρου για αναψυχή (Skinner, 2006).

Μετατρέποντας το δώμα ενός κτιρίου σε προσβάσιμο κήπο, πέραν της οικονομικής και αισθητικής, έχει και μια διάσταση κοινωνική. Δημιουργείται ένας χρηστικός χώρος, δίνοντας τη δυνατότητα στους ενοίκους του να πραγματοποιήσουν πληθώρα δραστηριοτήτων σε αυτόν, παιχνιδιού ή αναψυχής ή αναπτύσσοντας διαπροσωπικές σχέσεις και την κοινωνικότητά τους.

1.5. Ιστορική αναδρομή στην τεχνολογία των φυτοδωμάτων

Η ιδέα της κατασκευής φυτοκαλυμμένων δωμάτων δεν θα πρέπει να θεωρείται μια πρωτοποριακή αντίληψη. Αντίθετα αποτελούσαν κατασκευαστικές πρακτικές που εφάρμοζαν πολλοί λαοί εδώ και χιλιάδες χρόνια ως προσαρμογή στο περιβάλλον το οποίο διαβιούσαν. Κάνοντας μια σε βάθος χρόνου αναδρομή, οι πρώτες κατασκευές φυτεμένων δωμάτων εντοπίζονται κατά την πρώιμη ιστορική εποχή. Φαίνεται ότι αποτελούσαν τη λύση στο πρόβλημα της ετήσιας πλημμύρας στην κοιλάδα μεταξύ των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη λόγω των επακόλουθων προβλημάτων που αντιμετώπιζαν οι κάτοικοι. Από το 4.000 π.χ. στη Μεσοποταμία, μεγάλοι ναοί κτίζονταν επάνω σε τεράστιες βάσεις φτιαγμένες από πλίθρες, δημιουργώντας τα Ζιγκουράτ. Η ύπαρξή τους πιστεύεται ότι ήταν μάλλον η βάση για το μύθο του Πύργου της Βαβέλ και το θρύλο των κρεμαστών κήπων της Βαβυλώνας, των πρώτων φυτεμένων δωμάτων.

Φαίνεται ότι τα Ζιγκουράτ κατασκευάστηκαν από την ανάγκη ώστε κάποια σπουδαία κτίρια να ανυψωθούν πάνω από την πλημμυρισμένη πεδιάδα της Μεσοποταμίας. Πολύ πιθανό μαζί με την ανέγερση ναών ή αποθηκών να εγκαταστάθηκαν και δέντρα και θάμνοι.

Η προσαρμογή στην πλημμυρισμένη πεδιάδα είναι μια λογική υπόθεση που υποστηρίζεται από την πραγματικότητα των Ζιγκουράτ. Οι κατασκευές αυτές λέγεται ότι ως το 500 π.χ. εξελίχθηκαν στους περίφημους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας, σύμφωνα με μια αναφορά του ιερέα Βορόσσους το 290 π.χ. που αναπαράχθηκε από ιστορικούς της αρχαιότητας μεταξύ των οποίων και ο Διόδωρος ο Σικελός. Σύμφωνα με τις περιγραφές αυτές αξιοσημείωτη είναι η χρήση πίσσας για την υδατοστεγάνωση της οροφής και φύλλων μόλυβδου για την παρεμπόδιση των ριζών να διαπεράσουν τις υποκείμενες στρώσεις.

Περαιτέρω από την αρχαιότητα και τον Μεσαίωνα, είχε διαπιστωθεί ότι τα φυτά μαζί με το έδαφος αποτελούσαν ένα ικανό θερμομονωτικό στρώμα (Boyer, 1982). Αρχαίοι λαοί, όπως οι Ινδιάνοι στην Οκλαχόμα (Boyer, 1982) και οι Βέρβεροι στη Βόρεια Αφρική από την Ρωμαϊκή εποχή, κατασκεύαζαν υπόσκαφες κατοικίες, αξιοποιώντας τη στρώση εδάφους ως θερμομόνωση απέναντι στις ακραίες ερημικές συνθήκες (Golany, 1988).

Οι Βίκινγκς κάλυπταν τους τοίχους και τις στέγες των σπιτιών τους με γρασίδι προκειμένου να προφυλαχθούν από το ψύχος και τη βροχή, ενώ κάποιες φορές χρησιμοποιούσαν και ξηρά φύκια ως μονωτικό υλικό οροφής (Donnelley, 1992).

Στον Καναδά υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός παραδειγμάτων για κατασκευή πράσινων στεγών με χρήση γλοοτάπητα που αποδίδονται στους Βίκινγκς αλλά και τους Γάλλους (Donnelley, 1992). Η πρακτική αυτή ήταν διαδεδομένη μέχρι τον 19ο αιώνα στην Ισλανδία και είναι σε χρήση μέχρι και σήμερα στις νήσους Φερόες.

Τα φυτεμένα δώματα λοιπόν, φαίνεται να αποτελούν την εξέλιξη των υπόσκαφων κατοικιών, όπως τα σπίτια των τρωγλοδυτών στα θερμά κλίματα και των πράσινων στεγών με γρασίδι σε ψυχρά κλίματα. Ο Osmundson (1999), αναφέρει πληθώρα κατασκευών φυτεμένων δωμαίων με τη σημερινή έννοια του όρου, από την αρχαιότητα (79 μ.Χ.) μέχρι

σήμερα. Από την σκοπιά της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε, παρατίθενται οι παρακάτω περιπτώσεις:

-Ο πύργος του Κρεμλίνου στη Μόσχα όπου το 1773 είχαν εγκατασταθεί κρεμαστοί κήποι σε δύο επίπεδα, συνολικής έκτασης 6,4 εκταρίων, για την υδατοστεγάνωση των οποίων είχαν χρησιμοποιηθεί 10 t μόλυβδου.

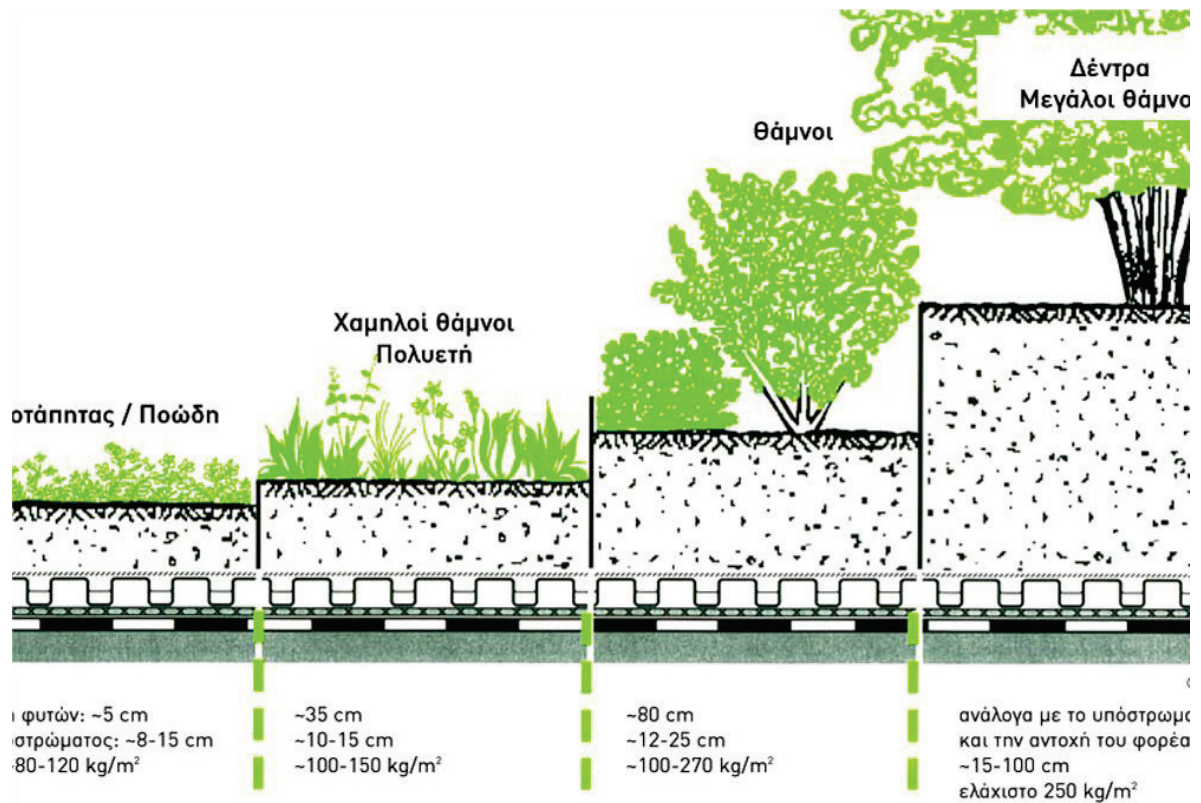
- Η επιλογή του κατασκευαστή Carl Rabitz, στο Βερολίνο στο τέλος του 19ου αιώνα να χρησιμοποιήσει για την υδατοστεγάνωση ένα τροποποιημένο τσιμέντο με βουλκανισμένο καουτσούκ.

- Ο υαλόφρακτος βοτανικός κήπος στο Μόναχο της Γερμανίας που κατασκευάστηκε στην οροφή κτιρίου, η οποία μονώθηκε με φύλλα χαλκού, ωστόσο η υδατοστεγάνωση απέτυχε και κατεδαφίστηκε το 1897.

1.6. Κατασκευαστικές αρχές φυτοδωμάτων

Για την ορθή τεχνικά κατασκευή φυτεμένου δώματος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ή να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη στατική μελέτη. Ο τύπος που θα επιλεγθεί, αποφασίζεται ανάλογα τις κλιματολογικές συνθήκες, τη χρήση για την οποία προορίζεται και την στατική επάρκεια ή το κόστος συμπληρωματικών κατασκευών για τη στήριξη του επιπλέον φορτίου.

Οι διαφορετικές στρώσεις ενός φυτεμένου δώματος στοχεύουν στην αειφορική λειτουργικότητα του, με την εξασφάλιση της επιθυμητής ροής αέρα και νερού, την αποφυγή έκπλυσης του υποστρώματος και διείσδυσης των ριζών σε βλάβη της υδατοστεγάνωσης. Όλα τα παραπάνω αποσκοπούν στην αύξηση της διάρκειας της λειτουργικότητας του φυτοδώματος και στη μείωση των τυχόν προβλημάτων. Οι διάφορες διαστρώσεις διαφέρουν ανάμεσα στους τύπους του φυτεμένου δώματος (Εικ. 1.).



Εικόνα 1. Οι βασικοί τύποι φυτεμένων δωματίων κατά FLL (2008)

Έτσι, ανάλογα με τον τύπο της πράσινης στέγης που πρόκειται να κατασκευαστεί, επιλέγεται ο συνδυασμός και ο τύπος των διαστρώσεων του. Ως παράδειγμα δίνεται μια άποψη για τη διαφορετική διάταξη των διαστρώσεων μεταξύ ενός επίπεδου και ενός επικλινούς εκτατικού φυτεμένου δώματος.

Στην προκειμένη περίπτωση, στο εκτατικό σύστημα με κλίση, προβλέπεται υπόγειο σύστημα άρδευσης για την αποφυγή επιφανειακής απορροής του νερού και ειδικό κυβελωτό πλαίσιο συγκράτησης του υποστρώματος. Επίσης, ενώ στο επίπεδο φυτεμένο δώμα προβλέπεται διάστρωση αποστράγγισης, στο υπό κλίση όχι, προφανώς γιατί η μεγάλη κλίση ευνοεί την αποστράγγιση. Η τοποθέτηση επιπλέον φράγματος υδρατμών και στεγανωτικής διάστρωσης, είναι απαραίτητη στην περίπτωση που εφαρμοστεί θερμομονωτική στρώση.

Η επιλογή του φυτικού υλικού που θα εγκατασταθεί σε ένα φυτεμένο δώμα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες καθώς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες της ευρύτερης περιοχής (κλίμα και μικροκλίμα), οι ακραίες κλιματολογικές συνθήκες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια του δώματος, αλλά και ο τύπος φυτεμένου δώματος που έχει επιλεγθεί. Γενικά τα φυτά που επιλέγονται για να χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος, παρουσιάζουν ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά. Τα βασικότερα από αυτά είναι το σχετικά επιφανειακό ριζικό τους σύστημα και η ανθεκτικότητα που παρουσιάζουν στην άμεση έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία, τους ισχυρούς ανέμους, την ξηρασία και τις ακραίες θερμοκρασίες. Η κατάλληλη επιλογή του φυτικού υλικού για τις εκάστοτε συνθήκες, εξασφαλίζει το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα μειώνοντας ταυτόχρονα σημαντικά τις δαπάνες διαχείρισης. Ο συνδυασμός των διαφόρων φυτικών ειδών και η επιλογή τους ανάλογα με τα εποχικά χαρακτηριστικά τους, δημιουργούν οπτικό ενδιαφέρον και συντελούν στην επίτευξη όλων εκείνων των θετικών επιπτώσεων που έχει ένα λειτουργικό και καλά διαμορφωμένο φυτεμένο δώμα (Oberlander et al., 2002).

1.7. Εγκατάσταση φυτοδώματος

Από τη στιγμή όπου θα ολοκληρωθεί ο έλεγχος της στατικής επάρκειας του κτιρίου, μπορεί να προχωρήσει η εγκατάσταση του φυτεμένου δώματος. Μια πλήρης εγκατάσταση, που καλύπτει τις ανάγκες ενός εντατικού τύπου φυτεμένου δώματος περιλαμβάνει τις παρακάτω στρώσεις.

1.7.1. Φράγμα υδρατμών

Η χρησιμότητα του φράγματος αυτού έγκειται στην αναχαίτιση της διόδου των υδρατμών από την πλάκα του δώματος και αποτελείται από ασφαλικά φύλλα ή φύλλα πολυαιθυλενίου ή συνθετικό καουτσούκ ή πολυισοβουτιλένιο. Ωστόσο, η στρώση έχει

νόημα όταν προστίθεται στρώση θερμομόνωσης, διαφορετικά αυτή ταυτίζεται με τη στρώση υδατοστεγανότητας (Townshend and Duggie, 2007).

1.7.2. Διαχωριστικό - εξισωτικό επίπεδο (προαιρετικό)

Η διάστρωση αυτή, έχει την ιδιότητα να διαχωρίζει τον υποκείμενο φέροντα οργανισμό από τα ακόλουθα επίπεδα επικάλυψης της οροφής και αποτελείται από διάτρητες ασφαλικές μεμβράνες οπλισμένες με υαλοϋφασμα ή συνθετικές μεμβράνες. Η παρουσία του προαναφερόμενου επιπέδου μετριάζει την επίδραση του δομικού τμήματος του κτιρίου, όπως για παράδειγμα την επίδραση συστολών ή διαστολών, στα υπερκείμενα υλικά του.

1.7.3. Θερμομονωτικό επίπεδο (προαιρετικό)

Ως θερμομονωτική στρώση αξιοποιούνται υλικά όπως: αφρώδης πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη, αφρός πολυουρεθάνης, φαινολικός αφρός ρητινών, εμποτισμένος φελλός, αφρώδες γυαλί (Ευμορφοπούλου, 1994), αλλά και επιπλέον ξυλόμαλλο και πετροβάμβακας και συνδυασμός των δύο τελευταίων υλικών. Ωστόσο ορισμένες φορές, η θερμομόνωση του κτιρίου τοποθετείται κάτω από το επίπεδο της οροφής, με τη χρήση διαφορετικών υλικών (Osmudson, 1999). Είναι μια προαιρετική διάστρωση και εξαρτάται από τη θερμική απόδοση του υποστρώματος του φυτεμένου δώματος αν είναι αναγκαία

1.7.4. Κλίσεις δώματος

Αν κριθεί απαραίτητο για την ομαλή αποστράγγιση του φυτεμένου δώματος, στην πλάκα διαμορφώνονται κλίσεις με προσθήκη ελαφριάς τσιμεντοκονίας, πορομπετόν ή κατά προτίμηση περλιτομπετόν, ως ελαφρύτερου από την τσιμεντοκονία και σταθερότερου στη συμπίεση από το πορομπετόν. Οι κλίσεις διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο φυτεμένου δώματος που έχει επιλεγεί. Προκειμένου για φυτεμένα δώματα εκτατικού και

ημιεντατικού τύπου, μια κλίση 2% θεωρείται επαρκής. Σε εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, όταν η κλίση είναι μικρότερη του 2%, κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση αποστραγγιστικής στρώσης. Στις περιπτώσεις όπου έχουμε συνδυασμό υδατοϊκανότητας του υποστρώματος και συνολικά φτωχής στράγγισης από την υποδομή του φυτεμένου δώματος, ή περιορισμένες ανάγκες σε νερό από την εγκατεστημένη φυτεία, τότε είναι αναγκαία μια κλίση 5% τουλάχιστον (FLL, 2008). Στην περίπτωση θερμομονωτικής στρώσης, η επικάλυψη με μια στρώση ελαφριάς τσιμεντοκονίας ή περλιτομπετόν είναι απαραίτητη, αν η στεγανωτική στρώση είναι ασφαλική ή άλλη μεμβράνη η οποία εφαρμόζεται με θερμοκόλληση.

1.7.5. Στεγανωτική στρώση - αδιάβροχες μεμβράνες

Η στεγανωτική στρώση χρησιμεύει στην εξασφάλιση προστασίας του κτιρίου από τα νερά της βροχής ή της άρδευσης των φυτών του φυτεμένου δώματος. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται ώστε να δημιουργηθεί η εν λόγω διάστρωση διακρίνονται σε ασφαλικά (ασφαλτικά φύλλα, πολυμερισμένες ασφαλικές μεμβράνες), συνθετικά θερμοπλαστικά (ECB, EVA, PEC, PIB, PVC) συνθετικά (CSM, EPDM, ΠΑ) (Ευμορφοπούλου, 1994; Townshend and Duggie, 2007).

Όπως αναφέρει ο Osmudson (1999), οι τεχνικές και τα υλικά που χρησιμοποιούνται με σκοπό την επίτευξη προστασίας του κτιρίου από την διαβροχή, κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- *Ενισχυμένες οροφές*

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό, καθώς είναι πολύ διαδεδομένη σε οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια. Σε αυτήν χρησιμοποιούνται αλληλοεπικαλυπτόμενα στρώματα, με ασφαλικές ενισχύσεις μεμβρανών μεταξύ δύο επιπέδων ασφαλικής πίσσας. Οι μεμβράνες ενσωματώνουν ίνες κυτταρίνης ή γυαλιού, αποκτώντας

μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά. Όσον αφορά τη συγκεκριμένη μέθοδο το κυρίως αδιάβροχο τμήμα αποτελεί η ασφαλική πίσσα, ενώ η μεμβράνη έχει το ρόλο του ενισχυτικού και σταθεροποιητικού παράγοντα.

- *Μονές μεμβράνες*

Οι μεμβράνες αυτές διαμορφωμένες σε φύλλα και τυλιγμένα σε ρολά, από πλαστικό ή συνθετικό καουτσούκ, ή ενισχυμένες ασφαλικές μεμβράνες, καλυπτόμενα και ενωμένα με θέρμανση ή με συγκολλητικές ουσίες. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι ένα από τα μειονεκτήματα που δύνανται να παρουσιάσουν επικεντρώνεται στα σημεία συνένωσης, στα οποία συμβαίνουν διαρροές.

Τα ελαστομερή αυτά φύλλα τα οποία κατασκευάζονται από διάφορα υλικά και με διάφορες μεθόδους ούτως ώστε να κρίνεται κατάλληλη η χρήση τους στα φυτεμένα δώματα, πρέπει να ικανοποιούν τις εξής προϋποθέσεις: Να είναι ανθεκτικά στη διείσδυση του ριζικού συστήματος των φυτών, στην έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, στις θερμοκρασιακές μεταβολές και στις περιβαλλοντικές επιδράσεις, να έχουν την κατάλληλη ελαστικότητα, ώστε να μπορούν να ακολουθούν τις μορφολογικές μεταβολές του δώματος, να αντέχουν στη φθορά κατά την εγκατάσταση, να μην επηρεάζονται από την παρουσία εντόμων, μικροοργανισμών και χημικών ουσιών και να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

- *Μεμβράνες ρευστής εφαρμογής*

Οι μεμβράνες αυτές είναι ελαστομερείς, θερμής ή ψυχρής υγρής μορφής, που ψεκάζονται ή βάζονται πάνω στην εκάστοτε επιφάνεια. Χάρη σε αυτήν την τεχνική αποφεύγεται η πρόκληση προβλημάτων διαρροών στις συνενώσεις των μεμβρανών, ενώ η εγκατάστασή τους αποτελεί μια εύκολη διεργασία, κυρίως όσον αφορά τις κάθετες επιφάνειες και τα γωνιακά σημεία.

Οποιοδήποτε είδος αδιάβροχης μεμβράνης και αν χρησιμοποιηθεί, από τη στιγμή που εγκατασταθεί, κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος της ικανότητας της υδατοστεγανότητάς της. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με την κατάκλιση της οροφής με νερό, αφού ασφαλιστούν όλα τα φρεάτια αποστράγγισης. Εάν δεν είναι πιστοποιημένη η αντίσταση στην διείσδυση των ριζών των υδατοστεγανωτικών μεμβρανών, τότε είναι επιβεβλημένη μια ειδική στρώση παρεμπόδισης των ριζών.

Αναλυτικότερα χρησιμοποιούνται:

- Ασφαλτικά πιλήματα και ασφαλτόπανα (αναγκαία πρόσθετη στρώση παρεμπόδισης ριζών) με περιορισμένη διάρκεια ζωής 15-20 έτη.

- Μονά φύλλα από πολυπροπυλένιο (EPDM), PVCs και θερμοπλαστικές πολυολεφίνες (TPOs) γενικά ανθεκτικές στις ρίζες, με τις τελευταίες να είναι και περιβαλλοντικά πιο αποδεκτές, ωστόσο η πιστότητά τους εξαρτάται από την άρτια εφαρμογή τους και καθαρές και ξηρές συνθήκες κατά την εφαρμογή τους.

- Φύλλα από επεξεργασμένη άσφαλτο, τροποποιημένη με θερμοπλαστικό πολυμερές και αναμιγμένη με χημικά για την παρεμπόδιση της διάτρησής τους από τις ρίζες. Επιπλέον έχουν ενσωματωμένες πολυεστερικές ίνες και οι οποίες είναι πιο διαδεδομένες στην Ευρώπη για φυτεμένα δώματα εντατικού τύπου (Townshend and Duggie, 2007).

- Σε νεόκτιστα κτίρια και σε βαρέος τύπου φυτοδώματα, το ιδανικότερο θα ήταν να χρησιμοποιηθεί ένα διπλό σύστημα υδατοστεγάνωσης, το οποίο εκτός από τις διάφορες μεμβράνες θα προβλέπει τη χρήση σκυροδέματος αναμειγμένου με υδρόφοβα υλικά (Hydrophobic Poreblocking Ingredients, HPI) ή υλικά που αναπτύσσουν κρυστάλλους και φράζουν τους πόρους του σκυροδέματος. Σε υφιστάμενα κτίρια, συνίστανται αυτά τα ίδια υλικά να προστίθενται στα κονιάματα που χρησιμοποιούνται για διαμόρφωση κλίσεων ή επιπεδοποίηση (Townshend and Duggie, 2007).

1.7.6. Αντιριζική διάστρωση

Η χρήση ενός ειδικού προστατευτικού επιπέδου είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της πλήρους προστασίας των υποκείμενων στρώσεων της οροφής και από πιθανή διάτρηση της υδατοστεγανωτικής στρώσης από το ριζικό σύστημα των φυτών. Αυτό μπορεί να αποτελείται από φύλλα PVC πάχους 1 mm, από πλαστικά φύλλα μεγάλου πάχους, ή απλά να είναι χημικά τροποποιημένες στεγανωτικές μεμβράνες. Στην περίπτωση φυτών με επιθετικό ριζικό σύστημα όπως δένδρα του γένους *Ficus* ή *Bambusa* και επίσης των γεννών *Populus*, *Salix*, *Robinia*, και ξυλοποιημένοι μακί θάμνοι, υιοθετείται ο συνδυασμός των μεμβρανών με φύλλα χαλκού (Osmundson, 1999; Townshend and Duggie, 2007).

1.7.7. Επίπεδο προστασίας

Η χρήση ενός ειδικού προστατευτικού επιπέδου είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της πλήρους προστασίας των υποκείμενων στρώσεων της οροφής, από μηχανικές καταστροφές κατά την εγκατάσταση του φυτεμένου δώματος. Αυτό μπορεί να αποτελείται από μία τσιμεντένια πλάκα χαμηλού φορτίου (πορομπετόν ή περλιτομπετόν), ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που πρέπει να προστατευθεί μια θερμομονωτική στρώση, ή από άκαμπτα μονωτικά φύλλα, από πλαστικά φύλλα μεγάλου πάχους, από φύλλα χαλκού ή από συνδυασμό τους, ή απλά να είναι χημικά τροποποιημένες στεγανωτικές μεμβράνες. Συνήθως, σε εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, πρόκειται για μη υφασμένο γεωϋφασμα πολυπροπυλενίου βάρους 150 g m⁻², που κλιμακώνεται σε 400-800 g m⁻² σε περιπτώσεις μεγαλύτερων φορτίων και τάσεων, ιδιαίτερα όταν η αποστραγγιστική στρώση συνίσταται από χονδρόκκοκα υλικά (Townshend and Duggie, 2007).

1.7.8. Αποστραγγιστική στρώση

Εάν συμβεί η κλίση του δώματος να είναι μεγαλύτερη των 5° και το ύψος του φυτικού υλικού που έχει εγκατασταθεί να είναι χαμηλότερο των 25cm, η εγκατάσταση

αποστραγγιστικού επιπέδου δύναται να παραληφθεί, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση είναι αναγκαία (FLL, 2008). Θα μπορούσε ωστόσο ο σχεδιασμός να προβλέπει την εγκατάσταση ειδικής αποστραγγιστικής μεμβράνης ή άλλης δομής με κατάλληλες κοιλότητες, ώστε να λειτουργεί κυρίως ως αποθήκη νερού, ακόμα και για κλίσεις >5°. Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο αποστραγγιστικό επίπεδο ενός φυτεμένου δώματος διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

α. Συναθροιστικού τύπου υλικά, όπως χαλίκι, λάβα και ελαφρόπετρα, σπασμένη διασταλτική άργιλος και σχιστόλιθος, μη σπασμένη διασταλτική άργιλος και σχιστόλιθος και ανακυκλώσιμα συναθροιστικού τύπου υλικά όπως τούβλα, κεραμίδια, μεταλλική σκωρία, αφρώδες γυαλί.

β. Αποστραγγιστικό φύλλο συνθετικό μη υφαντό, πλαστικό φύλλο με τρισδιάστατη δομή, ή φύλλο φυτικών ινών.

γ. Αποστραγγιστικά πλαίσια από αφρώδη τεμάχια, καουτσούκ, ή τροποποιημένο αφρό.

Οι ιδιότητες που πρέπει να ικανοποιεί η αποστραγγιστική στρώση (FLL, 2008) είναι:

- Η κατάλληλη κοκκομετρία

- Η αντοχή στο ψύχος

- Η σταθερότητα της δομής

- Η αντοχή της σε φορτία

- Η υδατοπερατότητα

- Η ικανότητα συγκράτησης νερού

- Το pH

- Η περιεκτικότητα του σε ανθρακικά και διάφορα άλλα άλατα

- Η έλλειψη φυτοτοξικότητας
- Να είναι περιβαλλοντικά φιλική

Παράλληλα με το αποστραγγιστικό επίπεδο εξασφαλίζονται και οι αποχετεύσεις, κανάλια και φρεάτια, οι οποίες συγκεντρώνουν και εν συνεχεία απομακρύνουν το πλεονάζον νερό από το δώμα. Τα υλικά από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα στοιχεία του αποστραγγιστικού δικτύου, είναι είτε από πλαστικό είτε από μέταλλο (ορείχαλκο ή σίδηρο) και συλλέγουν και οδηγούν το νερό στο κεντρικό αποστραγγιστικό σύστημα σωληνώσεων του κτιρίου.

1.7.9. Διαχωριστική στρώση

Η διαχωριστική στρώση ενεργεί σαν φίλτρο που επιτρέπει τη ροή του νερού, παρεμποδίζοντας την διήθηση των λεπτόκοκκων σωματιδίων του υποστρώματος και ως ένα βαθμό και για τη μερική προστασία από τη διείσδυση των ριζών προς την αποστραγγιστική διάστρωση.

Αποτελείται από ένα ή μπορεί και δύο επίπεδα μη υφαντού γεωυφάσματος. Το υλικό κατασκευής τους είναι ίνες, παράλληλα ή τυχαία πλεγμένες με μηχανικές, χημικές ή θερμικές διαδικασίες ή συνδυασμό τους. Τα άκρα της διαχωριστικής στρώσης πρέπει να αναδιπλώνονται ως την επιφάνεια του υποστρώματος.

Τα χαρακτηριστικά τους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή και τοποθέτηση τους είναι τα εξής (FLL,2008):

- Βάρος ανά μονάδα επιφάνειας
- Αποτελεσματικότητα μηχανικού φιλτραρίσματος

1.7.10. Χαρακτηριστικά υποστρώματων ανάπτυξης φυτών

Τα βασικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος ανάπτυξης του φυτικού υλικού είναι τα εξής: μειωμένο φορτίο, ικανή αποστράγγιση και συγκράτηση νερού, μεγάλη διάρκεια ζωής και δημιουργία κατάλληλων συνθηκών αερισμού του ριζικού συστήματος, διατήρηση των απαραίτητων για τα φυτά θρεπτικών συστατικών, παρεμπόδιση διείσδυσης σωματιδίων τα οποία δύναται να προξενήσουν προβλήματα στις υποκείμενες στρώσεις εγκατάστασης, σταθερότητα και μειωμένο κόστος. Τα παραπάνω εξειδικεύονται σε φυσικές και χημικές ιδιότητες που ποσοτικοποιούνται (FLL, 2008) και αφορούν:

- Κοκκομετρική κατανομή
- Οργανικό περιεχόμενο
- Αντοχή της σε φορτία
- Υδατοπερατότητα
- Υδατοϊκανότητα
- Πορώδες
- Τιμές pH
- Περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία
- Περιεκτικότητα σε άλατα και EC
- Περιβαλλοντική συμβατότητα
- Παρεμπόδιση φωτιάς

1.8. Προβληματισμοί σε σχέση με την κατασκευή φυτικών δωματίων

Η οικονομική επιβάρυνση: Αναμφίβολα, η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί κάποιο επιπλέον κόστος, το οποίο στις σημερινές ελληνικές κατασκευές δε

συμπεριλαμβάνεται. Το κόστος αυτό, αφορά τον αρχικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του κήπου, το κατασκευαστικό κομμάτι του φυτεμένου δώματος και τέλος τη διαχείρισή του.

Η στατική επιβάρυνση φυτεμένων δωμαίων: Η απόφαση της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος, στηρίζεται αρχικά και μόνο σε αυτόν τον παράγοντα. Σε περίπτωση που η υπάρχουσα φέρουσα κατασκευή δεν μπορεί να δεχτεί την πρόσθετη στατική επιβάρυνση, τότε η κατασκευή του κήπου στο δώμα είναι προβληματική έως απαγορευτική.

Ο κίνδυνος αποτυχίας στεγανωτικής διάστρωσης: Αναμφίβολα ένας από τους κυριότερους λόγους για τους οποίους πολλοί έχουν αμφιβολίες για την ασφαλή εγκατάσταση φυτεμένων δωμαίων, είναι ο κίνδυνος αστοχίας της στεγανωτικής διάστρωσης και τα προβλήματα υγρασίας που μπορούν να προκληθούν σε μια τέτοια περίπτωση. Αν και μπορεί να υπάρξει τοπική αποξήλωση των προβληματικών στρώσεων της κατασκευής και πάλι η διαδικασία δεν παύει να είναι ιδιαίτερα ανεπιθύμητη και αρκετά δαπανηρή.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Ένα πρόβλημα που μπορεί να προκύψει από την εγκατάσταση φυτοδωμαίων εντατικού τύπου είναι η έκπλυση, μαζί με τα όμβρια ύδατα, υπολειμμάτων αγροχημικών ουσιών, όπως λιπάσματα και φυτοφάρμακα, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση του φυτικού υλικού (Nektarios et al., 2008; Níkologianni et al., 2009). Η κατάληξη αυτών των επικίνδυνων, πολλές φορές για τη δημόσια υγεία, ουσιών είναι ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας και υδάτινοι αποδέκτες και κυρίως η θάλασσα, στους οποίους καταλήγουν και τα όμβρια ύδατα δημιουργώντας προβλήματα τοξικότητας και ευτροφισμού.

1.9. Φυτεμένα δώματα και ελληνική πραγματικότητα

Η Ελλάδα δεν είχε αναπτυχθεί σε θέματα κτιριακής θερμομόνωσης καθώς πάνω από τα 2/3 των κτιρίων στην Ελλάδα δεν διαθέτουν θερμομόνωση, ενώ μόνωση δαπέδου και διπλά τζάμια διαθέτει μόλις το 1 στα 10 σπίτια (Ευθυμίουπουλος, 2005). Ο οικιακός τομέας, που περιλαμβάνει το 75% του συνολικού κτιριακού αποθέματος της χώρας, αριθμεί πάνω από 2,8 εκ. κτίσματα, τα περισσότερα των οποίων κατασκευάστηκαν πριν από τη δεκαετία του '80 οπότε και άρχισε να ισχύει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Ένα μεγάλο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας (περίπου 60%) προορίζεται για τη θέρμανση των χώρων.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό πως τα οφέλη από τη δημιουργία φυτεμένων δωμάτων στα κτίρια των μεγάλων αστικών κέντρων, είναι πολυάριθμα και πολυδιάστατα. Η εκμετάλλευση των δωμάτων κατά αυτό τον τρόπο, αποτελεί μια οικολογικά αποδεκτή λύση, αφού μπορεί να θεωρηθεί ότι υποκαθιστούν κατά κάποιο τρόπο τη γη που χάνεται από την ανοικοδόμηση, με ταυτόχρονες θετικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες (Ευμορφοπούλου, 1994). Το μέγεθος του οφέλους έχει διαπιστωθεί σε ορισμένα Ευρωπαϊκά κράτη, τα οποία με πολιτική φοροαπαλλαγών και επιδοτήσεων, προωθούν την κατασκευή αυτής της μορφής αστικού πρασίνου. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Γερμανικό κράτος, στο οποίο στο 43% των πόλεων του προσφέρονται οικονομικά κίνητρα, στο 37% υιοθετούνται οικονομικά προγράμματα για την προώθηση της εγκατάστασης πρασίνου και στο 17%, η κατασκευή φυτοδωμάτων ανήκει στο πρόγραμμα της υδατικής διαχείρισης των πόλεων. Στα 29 από τα 193 μεγαλύτερα αστικά κέντρα της Γερμανίας οι οικονομικές επιδοτήσεις για την εγκατάσταση φυτοδωμάτων καλύπτουν το 25-100% του συνολικού κόστους εγκατάστασης, ενώ σε 13 από αυτές εφαρμόζονται και φοροαπαλλακτικές ρυθμίσεις (Osmudson, 1999).

Στην Ελλάδα η ανάπτυξη των φυτεμένων δωμαίων βρίσκεται σε πολύ αρχικό στάδιο. Τα φυτεμένα δώματα στην χώρα μας δεν είναι ακόμα αρκετά διαδεδομένες κατασκευές, με αποτέλεσμα να υπάρχουν χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα ταρατσών από σκυρόδεμα ανεκμετάλλευτα, εγκαταλελειμμένα, χωρίς ουσιαστική χρήση και οι οποίες θα μπορούσαν ύστερα από σωστή μελέτη, να μετατραπούν σε νησίδες πρασίνου και να αποτελέσουν σημαντικό ρόλο στην αναβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα αφορά τη δυσκολία που υφίσταται όσον αφορά τη δημιουργία των φυτοδωμαίων σε τμήματα των πόλεων τα οποία είναι ασφυκτικά δομημένα και έχουν παντελή έλλειψη ελευθέρων χώρων και χώρων πρασίνου (δυτικά Προάστια, Κέντρο της Αθήνας – Ομόνοια, κ.ά.) και τα οποία έχουν κατασκευαστεί στη βάση Γενικών Οικοδομικών Κανονισμών (ΓΟΚ), που δεν πρόβλεπαν ικανά φορτία επικαλύψεων στα δώματα των κτιρίων.

Το προφανές πρόβλημα έγκειται στην επικινδυνότητα που ενέχει μία κατασκευή φυτοδωμαίου πάνω σε φέροντα οργανισμό ο οποίος έχει κατασκευαστεί με προγενέστερους και απαρχαιωμένους ΓΟΚ. Η πρόκληση είναι οι περιορισμένες δυνατότητες εγκατάστασης φυτοδωμαίων στις περιοχές στις οποίες είναι κατ' εξοχήν απαραίτητα. μια πρόκληση που αναδεικνύει το χαμηλό ειδικό βάρος των υποστρωμάτων, σε πρωταρχικό κριτήριο.

1.10. Ο Τύπος των Υποστρωμάτων των Φυτοδωμαίων

Τα υποστρώματα των φυτεμένων δωμαίων έχουν εξεταστεί αρκετά στον εκτατικό τύπο (Monterusso et al., 2005; Getter and Rowe, 2006) και λιγότερο στον εντατικό τύπο (Nektarios et al., 2003). Γενικά, απαιτείται να είναι ελαφριά, χημικά αδρανή και φυσικώς σταθερά, να συγκρατούν ικανή ποσότητα νερού και ανόργανων στοιχείων απαραίτητων για την ανάπτυξη των φυτών. Παράλληλα επιβάλλεται να αποστραγγίζουν γρήγορα ώστε να

αποφεύγεται η παράταση της κατάστασης κορεσμού (Rowe et al., 2006). Έτσι στην πλειονότητα των υποστρωμάτων των φυτεμένων δωματίων τείνουν να επικρατήσουν τα μίγματα που βασίζονται στα ανόργανα συστατικά, στα συναθροιστικού τύπου αδρανή υλικά (Beattie and Berghage, 2004), με ένα μικρό μέρος οργανικής ουσίας που ποικίλλει σύμφωνα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος (FLL, 2008). Στην Ευρώπη τα ανόργανα υλικά περιλαμβάνουν θραυσμένο τούβλο και κεραμίδι, σκωρίες χαλυβουργίας και διογκωμένη αδρανή άργιλο (LECA: Light Expanded Clay Aggregate) (Dunnett and Kingsbury, 2004). Τα ίδια αυτά υλικά χρησιμοποιούνται σε ΗΠΑ και Καναδά και επιπλέον κίσηρη και θερμικά διογκωμένος σχιστόλιθος (Rowe et al., 2006). Στην Αυστραλία, λόγω έλλειψης προδιαγραφών και κατευθυντήριων γραμμών, στα εντατικού τύπου φυτοδώματα χρησιμοποιούνται μίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται στα φυτώρια για γλαστρικά φυτά και φυτά φυτοδοχείων (Williams et al., 2010). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η οργανική ουσία των υποστρωμάτων συνίσταται από τύρφη ενώ τα κόμποστ εισάγονται τα πρόσφατα χρόνια (Nektarios et al. 2011α, Περγαλιώτη και Παπαφωτίου, 2011α, 2011β) ως μια εναλλακτική λύση, σε μια προσπάθεια να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της τύρφης στην κηποτεχνία και γενικά την φυτοκομία (Gruda and Schnitzler, 2006; Lamanna et al., 1991).

1.10.1. Διαθέσιμα υλικά για τη σύνθεση υποστρωμάτων

Για τη σύνθεση των κατάλληλων για κάθε περιβάλλον υποστρωμάτων, διατίθενται μια σειρά υλικών η χρήση των οποίων έχει εδραιωθεί στα εδαφικά μίγματα ή στην υδροπονία, η απασχολούν την έρευνα τα τελευταία χρόνια, όπως ο ζεόλιθος, που χρησιμοποιήθηκε και ως τεχνητό υπόστρωμα σε πειράματα καλλιέργειας στο διαστημικό σταθμό MIR (Mumpton, 1999).

Υλικά ανόργανης προέλευσης

- Άμμος

Η άμμος αποτελεί ένα προϊόν το οποίο παρουσιάζει ποικίλη κοκκομετρική σύσταση. Κατασκευές όπου το φυτικό υπόστρωμα αποτελείται μόνο από άμμο δεν ενδείκνυται εξαιτίας του αυξημένου πορώδους της, που οδηγεί στη μειωμένη συγκράτηση νερού και θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών.

- Διογκωμένη άργιλος

Η διογκωμένη άργιλος αποτελείται από διογκωμένα και σφαιρικού σχήματος σώματα, που έχουν κατάλληλο πορώδες. Ωστόσο, εξαιτίας της μικρής συνοχής και της μικρής ικανότητας τους προς συσσωμάτωση, δεν κρίνονται κατάλληλα για μεμονωμένη χρήση και ιδιαίτερα σε εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα, εφόσον δεν μπορεί να δημιουργήσει ανθεκτικό υπόστρωμα στη στήριξη του μεγάλου μεγέθους φυτών (Osmudson, 1999).

Θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι στη γερμανική αγορά η χρήση του υλικού είναι πολύ διαδεδομένη καθώς η σύστασή του συμβάλλει στην συγκράτηση 35% του όγκου του σε νερό και διαθέτει το 28% απ' αυτό, με αργή αποδέσμευση του στο ριζικό περιβάλλον (Osmudson, 1999).

- Γη Διατόμων

Πρόκειται για τα υπολείμματα μονοκύτταρων θαλάσσιων οργανισμών τα οποία μετά από επεξεργασία αποτελούν ένα κοκκώδες σύστασης υλικό με πορώδες 81,5% και με επιφάνεια 27,8 m² g⁻³, ελαφρύ με φαινόμενο ειδικό βάρος 0,41 g cm⁻³, και ορυκτώδους υφής με pH 8,55, το οποίο παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού, 30% κατ' όγκο, δεν συμπίεζεται και ελαχιστοποιεί την έκπλυση των θρεπτικών ιόντων, έχοντας ΙΑΚ

ίση με 22,2 meq 100 g⁻¹ . Η σκληρότητά του είναι 5,0-6,0 της κλίμακας Mohs (Angini et al., 2011).

- Περλίτης

Είναι υλικό φυσικής προέλευσης από διόγκωση ακατέργαστου περλίτη στους 1000-1200 οC. Η ενέργεια που δαπανάται για την διόγκωσή του, ανέρχεται στα 90- 140 kWh m⁻³. Ο ακατέργαστος περλίτης είναι ένα ηφαιστειογενές υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα, κατά βάση χαλαζιακό, του οποίου η γενεσιουργός αιτία είναι η όξινη λάβα, που εγχύθηκε επιφανειακά ή υποθαλάσσια κατά τη διάρκεια ηφαιστειακών δραστηριοτήτων. Ο διογκωμένος περλίτης έχει ένα μοναδικό εύρος θερμοκρασίας σε δομικές και βιομηχανικές εφαρμογές, από -273 έως 750 °C (Παπαδόπουλος, 2004). Είναι ελαφρύς (90 kg m⁻³), χημικά αδρανής, δεν αλλοιώνεται και συγκρατεί 3-4 φορές το βάρος του σε νερό. Η χονδρόκοκη υφή του (0-5 mm τύπος για γεωργική χρήση) συνεπάγεται υψηλή διαπερατότητα για στράγγιση και αερισμό και θεωρείται ως εδαφοβελτιωτικό (Σάββας, 2003).

- Κίσηρη ή Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα (κίσηρη) είναι ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές, ελαφρύ αδρανές υλικό (ορυκτό) με εκτεταμένο πορώδες , 70-75%. Η ελληνική ελαφρόπετρα έχει φαινόμενο ειδικό βάρος (ΦΕΒ) 0,6-0,8 kg L⁻¹ (Σάββας, 2003). Είναι φυσική πρώτη ύλη, άκαυστη, ηχοαπορροφητική, φιλική προς το περιβάλλον, ενώ έχει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες .

- Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος είναι ένα πορώδες ορυκτό με μεγάλη ιοντοανταλλακτική ικανότητα και λόγω αυτής, μπορεί να φιλτράρει το νερό και εδαφικά διαλύματα, δεσμεύοντας κατιόντα Ca, Na, Mg, K, αμμωνιακό ιόν, βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις, ραδιενεργά στοιχεία όπως

Cs + και Sr + . Χρησιμοποιείται για απόσπηση εδαφικών, οργανικών μιγμάτων , απορρόπηση νερού, ρύθμισης του pH , και της αλατότητας (Διονυσίου, 2010). Το όνομά του το πήρε από τα αρχαία Ελληνικά, Ζέω = βράζω και Λίθος = πέτρα. Κι αυτό γιατί όταν θερμαίνεται χάνει άμεσα όλο το νερό του υπό μορφή φυσαλίδων, δίνοντας έτσι την εντύπωση ότι βράζει. Πλούσια σε κοιτάσματα ζεόλιθου είναι η Βουλγαρία και αρκετές περιοχές της Βόρειας Ελλάδας και των Κυκλάδων.

Ο ζεόλιθος έχει πολύ καλές ιδιότητες σαν υπόστρωμα. Με την ενσωμάτωσή του στο έδαφος, δεσμεύει το αμμώνιο και το κάλιο και τα διατηρεί κοντά στο ριζικό σύστημα των φυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Διονυσίου, 2010). Έτσι, το νερό -ακόμα και έπειτα από μεγάλες βροχοπτώσεις- δεν μπορεί να τα παρασύρει σε μεγαλύτερο βάθος. Παράλληλα, η αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών από τα φυτά πραγματοποιείται με φυσιολογικούς ρυθμούς. Επίσης βοηθάει στη συγκράτηση της υγρασίας ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποσότητες από 500 - 1.000 kg/στρέμμα στις υπαίθριες καλλιέργειες και σε ποσοστό 5%-10% στα μείγματα της χλοοταπήτων (Διονυσίου, 2010).

- Πετροβάμβακας (Rockwool)

Είναι υλικό χημικά αδρανές, ομογενοποιημένο και αποστειρωμένο. Παρασκευάζεται με τη θέρμανση στους 1500 °C ενός μίγματος τριών φυσικών ακατέργαστων υλικών: του διαβάση (60%), του ασβεστολίθου (20%) και διαφόρων άλλων πετρωμάτων και άνθρακα (20%). Το μίγμα στροβιλίζεται με υψηλή ταχύτητα για να παραχθούν πολύ λεπτές ίνες. Η ενέργεια που καταναλίσκεται για το λιώσιμο των πετρωμάτων, κυμαίνεται μεταξύ 150-300 kWh m⁻³. Ακολουθεί ψύξη των ινών ενώ ταυτόχρονα προστίθεται μια φαινολική ρητίνη που λειτουργεί σαν σύνδεσμος μεταξύ των ινών. Στη συνέχεια ακολουθεί συμπίεση για τη διαμόρφωση πλακών διαφόρων μεγεθών. Το τελικό προϊόν έχει φαινόμενο ειδικό βάρος

περίπου 70-150 kg m⁻³, 80 έως 95% ολικό πορώδες, 20% αέρα και 75% συγκράτηση νερού (Σάββας, 2003; Παπαδόπουλος, 2004). Η υδραυλική αγωγιμότητά του στον κορεσμό είναι πολύ μεγάλη, 0,77 mm s⁻¹, αλλά μειώνεται απότομα με τη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας (Da Silva et al., 1995).

Έχει λίγο υψηλό αρχικό pH (7,0-8,0), ενώ έχουν καταγραφεί και τιμές μέχρι και 9,5 κατά την ενυδάτωσή του. Από υγειονομική άποψη έχουν διατυπωθεί φόβοι για την απελευθέρωση ινών από τις πλάκες κατά τη μεταχείρισή τους. Η όποια παθογένεια δεν συσχετίζεται με την ορυκτική προέλευση του πετροβάμβακα αλλά από το μέγεθος των ινών, ενώ θεωρείται ότι ίνες πυριτικού ασβεστίου με διάμετρο >5 μm δεν δημιουργούν πρόβλημα τοξικότητας (Μπουλανίκη, 2010). Ας σημειωθεί ότι η διάμετρος των ινών του πετροβάμβακα είναι περί τα 4-15 μικρά (Παπαδόπουλος, 2004).

Υλικά οργανικής προέλευσης

- Κοκκοφοίνικας, Ίνες καρύδας (cocosoil, cocopeat)

Το υπόστρωμα αυτό προέρχεται κυρίως από τη Σρι Λάνκα, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία, τη νότια Ινδία και τη Λατινική Αμερική. Ανατομικά, οι ίνες της καρύδας προέρχονται από το μεσοκάρπιο ιστό (φλοιό) των καρύδων. Έχει αυξημένη υδατοϊκανότητα και κυρίως διατηρεί πάντα μια πολύ καλή σχέση νερού και αέρα.

Περιέχει ένα μεγάλο αριθμό μυκήτων του γένους *Trichoderma* οι οποίοι δρώντας ανταγωνιστικά, αποτρέπουν την ανάπτυξη των γνωστών μυκητολογικών ασθενειών του ριζικού συστήματος των φυτών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στο 0,5 mS cm⁻¹ ή και χαμηλότερα και το pH από 5,5-6. Παρόμοιο υλικό με τον κοκκοφοίνικα, παραλαμβάνεται με επεξεργασία ινών κλωστικής κάνναβης.

- Χούμος

Ο χούμος, δηλαδή η επαρκώς αποσυντεθειμένη οργανική ουσία, είναι εδαφοβελτιωτικό, μεταπλαστικό και λιπαντικό στοιχείο των εδαφικών μιγμάτων, βελτιώνοντας μεταξύ άλλων την υδατοϊκανότητα του υποστρώματος και την περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία.

- Τύρφη

Η τύρφη είναι αποτέλεσμα της μερικής αποσύνθεσης φυτικών ιστών (καλάμια, βρύα κ.ά.) υπό την επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών και αναερόβιων ή ημιαναερόβιων συνθηκών. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα σε κακώς αποστραγγιζόμενες περιοχές (έλη και τέλματα) με χαμηλό pH. Η περιεκτικότητά της σε οργανική ουσία είναι κατά μέσο όρο 85% επί του ξηρού βάρους. Αποτελεί ένα χαλαρό, οργανικό ίζημα, το οποίο σχηματίζεται από τη συσσώρευση αποσυντεθειμένων φυτικών υπολειμμάτων. Συνιστά το πρόδρομο ίζημα των γαιανθράκων. Η περιεκτικότητά σε οργανική ύλη ποικίλλει με ελάχιστο όριο το 30 % επί ξηρού βάρους .

Έχει εκτεταμένο πορώδες (90-95 % του όγκου της) με καλή αναλογία μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων και ως εκ τούτου διακρίνεται από μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού, αλλά και επαρκή αεροπερατότητα. Έχει ικανοποιητική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όμως στην φυσική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των κολλοειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου, με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5 - 4). Η τύρφη έχει μεγάλη υδατοϊκανότητα και συγκρατεί νερό 6-7 φορές το βάρος της. Είναι εδαφοβελτιωτικό και μεταπλαστικό (Σάββας, 2003).

Στην πραγματικότητα η τύρφη ανήκει στα απολιθωμένα καύσιμα και έχουν διατυπωθεί πολλές επιφυλάξεις για την χρήση της, τόσο για το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα (Defra,

2009; Papadopoulos, 2006; TIMSA, 2000; Dalgaard et al., 2006), όπως προκύπτει από την ανάλυση κύκλου ζωής της (LCA), όσο και από την περιβαλλοντική υποβάθμιση των τυρφώνων (peatlands) και των συνεπαγόμενων αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτής (Lamana et al., 1991; Arenas et al., 2002; Gruda and Schnitzler, 2006).

- *Οργανικοί Αφροί*

Δύο υποστρώματα αφρού πολουρεθάνης και μίγματος ουρίας φορμαλδεΐδης δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης φυτικού υλικού, χωρίς την προϋπόθεση ύπαρξης εδάφους ή άλλων συστατικών.

Ο πρώτος αναπτύχθηκε μετά από αντίστοιχες έρευνες στη Γερμανία (Osmudson, 1999). Πρόκειται για ανάμειξη αφρού ελαστικής πολουρεθάνης, δημιουργώντας ένα σύστημα σταθερής κατάστασης και χαμηλής πυκνότητας, στο οποίο εμποτίζονται σπόροι φυτικού υλικού. Σε περίπτωση φύτευσης, αφαιρείται τμήμα του υλικού και στη θέση του τοποθετείται το φυτό. Πρόκειται για πολύ ελαφρύ υλικό με ύψος που ποικίλλει, ανάλογα με το είδος της φύτευσης, το οποίο συμβάλλει στη θερμική και ηχητική μόνωση του κτιρίου.

Όσον αφορά και τα δύο υπάρχουν επιφυλάξεις γιατί συγκαταλέγονται στα πετροχημικά. Η πολουρεθάνη θρυμματίζεται όταν εκτεθεί στον ήλιο και απελευθερώνει χημικές ουσίες (Παπαδόπουλος, 2004) που χρησιμοποιήθηκαν ως μέσο διόγκωσης κατά την φάση της παραγωγής, όπως το TDI (2,4- δινιτροτολουολίου). Το TDI ταξινομείται ως δυνητικός καρκινογόνος ουσία για τον άνθρωπο και τοξική (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008). Επιπλέον η ελεύθερη φορμαλδεΐδη θεωρείται τοξική και ο αφρός της πολουρεθάνης εμπεριέχει αδέσμευτη φορμαλδεΐδη (Μπουλανίκη, 2010).

1.11. Το βάθος των υποστρωμάτων

Όσον αφορά το βάθος του υποστρώματος, οι Dunnett and Nolan (2002) εργαζόμενοι σε φυτεμένα δώματα ημιεντατικού τύπου με ποώδη φυτά, βρήκαν ότι στην περίπτωση που αρδεύονταν επαρκώς, τα φυτά αναπτύσσονταν καλά τόσο σε βάθος υποστρώματος 100 mm όσο και σε 200 mm. Μάλιστα τα φυτά χαμηλής ανάπτυξης, που συνήθως χρησιμοποιούνται σε τυπικές φυτεύσεις εκτατικού τύπου φυτεμένων δωματίων (*Sedum* sp.), απέδιδαν λιγότερο καλά σε πιο παραγωγικές συνθήκες. Οι Getter and Rowe (2007) βρήκαν σε μονοκαλλιέργεια *Sedum* sp, ότι το βάθος του υποστρώματος δεν επηρέασε την επιβίωση μοσχευμάτων *Sedum* σε τρία διαφορετικά βάθη υποστρωμάτων (2,5, 5 και 7,5 cm) που δοκίμασαν.

Σε επόμενη μελέτη οι Dunnett et al. (2008) έδειξαν ότι τα γενικά οικολογικά χαρακτηριστικά φυτείας με δεκαπέντε πολυετή ποώδη φυτά και γρασίδια, όπως η παραγωγικότητα, η πληθώρα και η ποικιλία των ειδών, ήταν βελτιωμένα σε βάθος υποστρώματος 200 mm από ότι σε 100 mm. Οι Benvenuti and Bacci (2010) έδειξαν ότι τα περισσότερα από τα 20 είδη προερχόμενα από ξηρά οικοσυστήματα, ανέπτυξαν πλέον εκτεταμένη φυτοκάλυψη και μεγαλύτερη ανάπτυξη σε βάθος υποστρώματος 150 mm σε σύγκριση με 100 mm.

1.12. Επιλογή φυτικού υλικού

Ο Αμερικανός αρχιτέκτων τοπίου, Commoner Barry (1971), δήλωνε εκλαϊκευτικά: «η φύση γνωρίζει καλύτερα», με έναν ακραιφνή νατουραλισμό με τον οποίο επηρέασε η Βουδιστική Κίνα τη μοντέρνα αρχιτεκτονική τοπίου. Ασφαλώς βέβαια δε «γνωρίζει» η φύση, αλλά μια καλή ανάγνωσή της μας καθοδηγεί στα απαραίτητα βήματα προσαρμογής, έτσι ώστε ο σχεδιασμός μας να είναι επιτυχής στους στόχους του, η κατασκευή και η συντήρηση του φυτεμένου δώματος να επιτυγχάνεται με την ελάχιστη δυνατή δαπάνη

ενέργειας, τεχνολογικής και ανθρώπινης και το σύστημα να αναπτύσσεται με ένα φυσικό τρόπο με την ελάχιστη δυνατή ανθρώπινη παρέμβαση.

Το φυτεμένο δώμα χαρακτηρίζεται γενικά από περιορισμένο χώρο, μικρά βάθη υποστρώματος, ελαφριά κοκκώδη μίγματα που αποστραγγίζουν εύκολα, συνήθως περιορισμένης γονιμότητας, πλήρη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, ανεμπόδιστη έκθεση στον άνεμο ή στους στροβίλους που δημιουργούνται από τα αστικά φαράγγια. Το περιβάλλον αυτό αναγνωρίζεται σε συγκεκριμένα οικοσυστήματα και η Μεσογειακή φύση καθοδηγεί τα απαραίτητα βήματα προσαρμογής μας, όσον αφορά την επιλογή του φυτικού υλικού.

Χασμόφυτα, φρύγανα, ξηροφυτικοί θάμνοι, ανθεκτικές στον άνεμο πόες και γρασίδια των νησιών, ιθαγενή παχύφυτα, ακόμα και αλόφυτα, είναι οι φυτικές ομάδες –δεξαμενή αναζήτησης των κατάλληλων φυτών, για τη φύτευση προσαρμοσμένων στο Μεσογειακό περιβάλλον φυτοδωμάτων. Τα φυτά των ομάδων αυτών έχουν ως κοινό γνώρισμα, ότι έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς ελέγχου της απώλειας του κυτταρικού νερού και της εξατμισοδιαπνοής.

Η *Euphorbia acanthothamnus* (γαλατσίδα) αποτελεί κλασικό παράδειγμα φρυγανικού είδους, που στις ακραίες συνθήκες του καλοκαιριού (υψηλή θερμοκρασία και έλλειψη νερού) ρίχνει παντελώς τα φύλλα της (μηχανισμός διαφυγής) και περνά σε ληθαργική μορφή μέχρι την επόμενη φθινοπωρινή περίοδο των βροχών. Το είδος *Ammophila arenaria*, διαθέτει ειδικές προσαρμογές ξηροφυτικής διαβίωσης σε αμμοθίνες. Η εξωτερική επιδερμίδα στο άνω μέρος του φύλλου είναι παχιά και χωρίς στόματα. Αυτά βρίσκονται μόνο στην κάτω επιφάνεια του φύλλου (μηχανισμός αποφυγής), όπου προστατεύονται από τους ισχυρούς ανέμους που φυσούν στα περιβάλλοντα των αμμοθινικών συστημάτων (Bellamy, 1977).

Στη διεθνή έρευνα αλλά και πρακτική εφαρμογή, τα πλέον διαδεδομένα φυτά σε φυτοδώματα είναι είδη του γένους *Sedum*. Εκτεταμένα πειράματα έχουν γίνει στο Πανεπιστήμιο του Michigan (Monterusso et al., 2005), όπου δοκιμάστηκαν εννέα είδη *Sedum* αυτοφυή των βορείων κλιμάτων που πολλαπλασιάστηκαν με σπόρο: *S. acre*, *S. album*, *S. kamtschaticum*, *S. ellacombeanum*, *S. pulchellum*, *S. reflexum*, *S. spurium* ‘Coccineum’, *S. middendorffianum* ‘Diffusum’ and *S. spurium* ‘Royal Pink’. Παράλληλα δοκιμάστηκαν και 18 τάξα από ποώδη ετήσια ή πολυετή αυτοφυή φυτά και γρασίδια: *Agastache foeniculum* (lavender hyssop), *Allium cernuum* (nodding wild onion), *Aster laevis* (smooth aster), *Coreopsis lanceolata* (lanceleaf coreopsis), *Fragaria virginiana* (wild strawberry), *Juncus effusus* (spikerush), *Koeleria macrantha* (junegrass), *Liatris aspera* (rough blazingstar), *Monarda fistulosa* (bergamot), *Monarda punctata* (horsemint), *Opuntia humifusa* (prickly pear), *Petalostemum purpureum* (purple prairie clover), *Potentilla anserina* (silver feather), *Rudbeckia hirta* (black-eyed Susan), *Schizachyrium scoparium* (little bluestem), *Solidago rigida* (stiff goldenrod), *Sporobolus heterolepis* (prairie dropseed) and *Tradescantia ohiensis* (spiderwort). Στη μελέτη αυτή η διακοπή της άρδευσης τον Ιούλιο του δεύτερου έτους, οδήγησε μέχρι το τέλος του έτους να μην έχουν επιβιώσει καθόλου, φυτά από τα είδη *A. foeniculum*, *A. laevis*, *F. virginiana*, *L. spicata*, *M. fistulosa*, *M. punctata*, *P. purpureum*, *P. anserina*, *R. hirta*, *S. scoparium*, and *S. Rigida* και να έχουν επιδείξει υψηλή θνησιμότητα τα: *C. lanceolata*, *J. effusus*, *K. macrantha*, and *S. heterolepis*. *Allium cernuum*, *O. humifusa*, *T. ohiensis*. Όλα ωστόσο τα είδη *Sedum* αποδείχθηκαν ανθεκτικά στη ξηρασία και μαζί με τα *Allium cernuum*, *Coreopsis lanceolata*, and *Tradescantia ohiensis* αποδείχθηκαν τα πλέον κατάλληλα για μη αρδευόμενα φυτεμένα δώματα (Monterusso et al., 2005).

Ανάλογα συμπεράσματα διατυπώθηκαν μετά από έρευνα στο εύκρατο ωκεάνιο κλίμα των Βρετανικών νήσων. Το γενικό συμπέρασμα ήταν ότι η φύτευση μόνο ειδών *Sedum* σε

εκτατικό φυτοδώμα, καθιστά μη αναγκαία την εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος, ενώ η φύτευση γρασιδιών και πλατύφυλλων μάλλον την επιβάλλει (Nagase and Dunnett, 2011).

Επιπλέον, από δοκιμές αγρού –όχι φυτοδώματος- στον Πειραματικό σταθμό της Πολιτείας Utah των Η.Π.Α., στον αγρό Γεωργικής έρευνας στο North Logan, διαπιστώθηκε ότι το *Penstemon barbatus* ήταν καλά προσαρμοσμένο σε ξηροφυτικές συνθήκες υποστηριζόμενο από ελαφρά άρδευση, ενώ τα *Penstemon mexicali* και *Lavandula angustifolia* ήταν καλύτερα προσαρμοσμένα σε συνθήκες μέτριας ξηρασίας και είχαν καλύτερη ανάπτυξη όταν ο διαθέσιμος εδαφικός όγκος δεν περιορίζε το ριζικό τους σύστημα (Zollinger et al., 2006).

Προκειμένου όμως για το Μεσογειακό κλίμα, τα δεδομένα πρέπει να υιοθετηθούν κριτικά και η αναζήτηση να επεκταθεί στα ξηροφυτικά είδη της ζώνης. Τα είδη *Sedum* φαίνεται να έχουν κάποιες δυσκολίες καταρχήν με τον πολλαπλασιασμό τους. Όπως αναφέρουν οι Benvenuti and Bacci (2010) ο σπόρος τους χρήζει μεταχείρισης για τη διακοπή του λήθαργου, που είναι ισχυρός και επίσης έχουν πολύ αργή ανάπτυξη.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει σημαντική παραγωγή του φυτού και μάλιστα ουδόλως παράγεται σε μορφή που θα ήταν εφαρμόσιμη για φύτευση δώματος, όπως σε έτοιμο τάπητα ή σε τελάρα (modules), ενώ η χονδρική τιμή εισαγωγής του από Ολλανδία είναι περί τα 20€ ανά m²

Επιπλέον ο Feng et al. (2010) αναφέρει ότι ο συντελεστής διαπνοής των CAM φυτών είναι πολύ μικρότερος των C3 και C4 φυτών και κατά συνέπεια ανάλογα μικρότερο και το ψυκτικό φορτίο που παράγεται από την εξαμισοδιαπνοή του φυτού. Η ενεργειακή όμως και κλιματική συνεισφορά των φυτών στα φυτοδώματα είναι ακριβώς πολλαπλάσια στην κατεύθυνση της ψύξης (Alcazar and Bass, 2005) και άρα η επιλογή φυτών *Sedum* sp. και γενικά τύπου CAM, αποδυναμώνει το ρόλο του φυτοδώματος ως συστήματος παθητικού

δροσισμού. Όταν μάλιστα η καλλιέργεια ουδόλως αρδεύεται, η ηλιακή θερμική πρόσδοδος στον υποκείμενο όροφο φθάνει το 60% ενός τυπικά μονωμένου ορόφου, γιατί ελαχιστοποιείται η εξατμισοδιαπνοή ενώ την ίδια ώρα μια αρδευόμενη καλλιέργεια *Sedum* sp. την περιορίζει στο 15% (Feng et al., 2010).

Γενικά κάτω από συνθήκες έντονης και παρατεταμένης υδατικής καταπόνησης τα φυτά τύπου CAM μεταπίπτουν σχεδόν σε ληθαργική κατάσταση όπου ο μεταβολισμός λανθάνει, τα φύλλα τους μεταχρωματίζονται από τη σύνθεση ανθοκυανών, και η εξατμισοδιαπνοή ελαχιστοποιείται (Athar and Ashraf, 2005).

Έρευνα των Benvenuti και Bacci (2010), έδειξε ότι αρκετά ξηρόφυτα της Μεσογειακής ζώνης έχουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά που τα καθιστούν χρήσιμα για χαμηλής συντήρησης φυτοδώματα, ωστόσο οι ερευνητές συνιστούν την εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος για χρήση σε περιπτώσεις ακραίων συνθηκών. Διαπίστωσαν επίσης ότι φυτά που φυτεύτηκαν σε βαθύτερο υπόστρωμα (200 mm) παρήγαγαν περισσότερη βλάστηση, κάλυψη και ανάπτυξη, συγκρινόμενα με αυτά σε φυτεύτηκαν σε 150 mm. Δοκίμασαν αυτοφυή φυτά από διάφορα οικοσυστήματα. Από αμμοθίνες δοκιμάστηκαν τα: *Anthemis maritima*, *Glaucium flavum*, *Helichrysum stoechas*, *Otanthus maritimus*. Από εγκαταλειμμένα λατομεία τα: *Helichrysum italicum*, *Satureja Montana*, *Sedum rupestre*, *Calamintha nepeta*, *Centranthus ruber*, *Dianthus carthusianorum*, *Euphorbia characias*, *Leontodon tuberosus*. Από παρόδιες όχθες το *Scabiosa columbaria*. Από πετρώδη εδάφη τα: *Lavandula stoechas*, *Scrophularia canina*, *Verbascum thapsus* και τα παραθαλάσσια χασμόφυτα: *Armeria pungens*, *Euphorbia pithyusa*, *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum* και *Crithmum maritimum*.

Από τα παραπάνω, για μη αρδευόμενα φυτοδώματα μικρού βάθους, οι ερευνητές συνέστησαν μόνο τα *Sedum rupestre* ή *Helichrysum italicum* subsp. *Microphyllum* καθώς

και βάθος υποστρώματος μεγαλύτερο των 200 mm. Σημειώνουν τέλος ότι η *Anthemis maritima* έχει χαρακτηριστικά κατάλληλα για χρήση σε φυτοδώματα στη Μεσογειακή ζώνη.

Η έρευνα στη χώρα μας έχει εστιασθεί σε αυτά αλλά και άλλα αυτοφυή είδη. Η καλλιέργεια των *Helichrysum italicum*, *Helichrysum orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος και σε βάθη 7,5 και 15 cm, έδωσε γενικά καλύτερη ανάπτυξη σε υπόστρωμα βάθους 15 cm. Ωστόσο η αντικατάσταση της τύρφης στο υπόστρωμα με κόμποστ, από στέμφυλα είχε εξίσου καλά αποτελέσματα και στα 7,5 cm βάθος υποστρώματος (Περγαλιώτη και Παπαφωτίου, 2011α, 2011β).

Μια σειρά φρύγανα αρωματικά, τα *Origanum majorana*, *Origanum dictamnus* και *Santolina chamaecyparissus*, δοκιμαστήκαν επίσης στον αγρό του ΓΠΑ, σε δύο βάθη (7,5 και 15 cm) και σε διαφορετικά επίπεδα άρδευσης από 3 έως 7 ημέρες. Για τα *O. majorana* και *S. chamaecyparissus* το κοινό συμπέρασμα είναι ότι η αντικατάσταση της τύρφης στο υπόστρωμα, με κόμποστ από στέμφυλα, είχε εξίσου καλά αποτελέσματα και στα 7,5 cm βάθος υποστρώματος και στην αραιή άρδευση, όπως στο βάθος των 15 cm και με συχνότερη άρδευση. Το μεγάλο βάθος πάντως ευνόησε το ύψος και τη διάμετρο της ματζουράνας (Παπαναστασάτος και Παπαφωτίου, 2011α, 2011β).

Αντίθετα το *O. dictamnus* δείχθηκε πιο απαιτητικό σε άρδευση, γεγονός που μπορούσε να μετριαστεί με το μεγαλύτερου βάθους (15 cm) υπόστρωμα με τύρφη ενώ επιβίωσή του τον Ιούλιο επηρεάστηκε αρνητικά από το κόμποστ στη σύνθεση του υποστρώματος (Τασούλα και Παπαφωτίου, 2011).

Σε πειράματα στον αγρό του ΓΠΑ, το αυτοφυές είδος *Dianthus fruticosus* sub. *fruticosus* φάνηκε να είναι ένα πολλά υποσχόμενο είδος για εκτατικά φυτοδώματα στον ξηροθερμικό όροφο της Μεσογείου. Η ανάπτυξη του ήταν καλύτερη στο βάθος υποστρώματος 15 cm ,

έχοντας όμως δυνατότητα ανάπτυξης ακόμα και στα 7,5 cm υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης στο 15% της Εξάτμισης, μετρημένης με εξατμισόμετρο λεκάνης τύπου A (Nektarios et al., 2011α).

Περαιτέρω έχει διερευνηθεί η δυνατότητα εγκατάστασης στα φυτοδώματα θερμοφίλου χλοοτάπητα, *Zoysia matrella* 'Zeon', σε δύο βάθη (7,5 και 15 cm) δύο επίπεδα άρδευσης (3 και 6 mm), επί 4 υποστρωμάτων που συντέθηκαν από διαφορετικούς συνδυασμούς αμμοπηλώδους χώματος (S), κίσηρης (Pum), ζεόλιθου (Z) και τύρφης (P) ή κόμποστ (C). Βρέθηκε ότι τα υποστρώματα στα 15 cm και με κόμποστ στη σύνθεσή τους ευνόησαν την ταχύτητα εδαφοκάλυψης, ενώ κατά τη διάρκεια της καταπόνησης το θέρος, τη βέλτιστη κάλυψη παρουσίασε το βάθος των 15 cm, το μεγαλύτερο επίπεδο άρδευσης (6 mm) και ένα υπόστρωμα S₂₅Pum₆₀P₂₀Z₅ (Ντούλας κ.α., 2011).

1.13. Έλλειψη ελληνικού προτύπου και εξειδικευμένων κατευθυντήριων οδηγιών -

Προσαρμόσιμο μοντέλο φυτεμένων δωματίων

Παρ' όλα τα αναμενόμενα οφέλη από την μετατροπή των ακάλυπτων δωματίων από σκυρόδεμα σε φυτεμένα πράσινα δώματα, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν διαδεδομένες κατασκευές στις αστικοποιημένες Μεσογειακές περιοχές.

Όπως υπογραμμίστηκε από τον Williams et al. (2010), ένα σημαντικό εμπόδιο είναι η απουσία περιφερειακών προδιαγραφών και κατευθυντήριων οδηγιών. Οι ελλείψεις αυτές συνδυάζονται με μυστικότητα και πατέντες που επιβάλλονται από την πλευρά των εταιρειών πράσινων στεγών, την ίδια ώρα που οι βασικές πληροφορίες έχουν από χρόνια δημοσιοποιηθεί από την FLL (Emilsson and Rolf, 2005).

Οι «Οδηγίες για Σχεδιασμό, Εκτέλεση και Συντήρηση Πράσινων Οροφών» (FLL, 2008) είναι μέχρι σήμερα το βασικό εργαλείο για την κατασκευή αξιόπιστων και υψηλής ποιότητας φυτεμένων δωματίων. Πρόσθετα η ASTM (American Society for Testing and

Materials) έχει αναπτύξει έναν αριθμό προτύπων που αναφέρονται στα φυτεμένα δώματα (ASTM, 2005) ενόσω η ANSI (Approved American National Standard) έχει πρόσφατα εγκρίνει δύο πρότυπα για φυτεμένα δώματα που αφορούν τον κίνδυνο από φωτιά και αποκόλληση από άνεμο (ANSI, 2010). Επιπλέον πρότυπα βρίσκονται υπό ανάπτυξη και αφορούν την μέθοδο ελέγχου της παρεμπόδισης της διάτρησης της στεγανωτικής στρώσης από τις ρίζες (root repellency), καθώς και πρότυπα απόδοσης για τις πολλαπλές λειτουργίες των υποστρωμάτων.

Οι προδιαγραφές της FLL ωστόσο, μειονεκτούν με την έννοια ότι έχουν διαμορφωθεί περισσότερο για τη Γερμανική αγορά και για βορειότερα κλίματα, παρά για την καθολική εφαρμογή τους και μάλιστα σε θερμότερες, ξηρές περιοχές.

Στο Μεσογειακό περιβάλλον η υδατική καταπόνηση είναι μεγαλύτερη από ότι στις βόρειες χώρες και είναι ασαφές εάν και πότε είναι εφικτή η κατασκευή ξηρικών φυτεμένων δωματίων (Penuelas et al., 2004). Κάτω από τέτοιες συνθήκες θα ήταν επιθυμητό ένα μεγαλύτερο βάθος του υποστρώματος με σκοπό την αυξημένη συγκράτηση νερού, θα είχε όμως το μειονέκτημα του αυξημένου στατικού φορτίου, ιδιαίτερα σε κατάσταση κορεσμού, όπως για παράδειγμα ύστερα από έντονη καταιγίδα. Γίνεται φανερό λοιπόν ότι το βάθος του υποστρώματος πρέπει να προκύπτει ως συνδυασμός των οικολογικών απαιτήσεων των φυτών και των κατασκευαστικών και οικονομικών ορίων του κάθε κτιρίου (Benvenuti and Bacci, 2010).

Επιπλέον έχει αναπτυχθεί μια κριτική σχετικά με την τυπική και αυστηρή ταξινόμηση των φυτεμένων δωματίων σε εκτατικού, απλού εντατικού ή ημιεντατικού και εντατικού τύπου και βασίζεται στο επίπεδο της απαιτούμενης διαχείρισης, η οποία θεωρείται ότι μπορεί να αλλάζει από τη μια περιοχή στην άλλη ανάλογα με το κλίμα της κάθε τοποθεσίας (Fioretti et al., 2010). Η κριτική αυτή φαίνεται να είναι ο προάγγελος μιας

προσαρμόσιμης προσέγγισης στην τεχνολογία κατασκευής φυτεμένων δωμάτων, σε αντίθεση με την επικρατούσα τυπική αντίληψη που είναι σήμερα κυρίαρχη στον κατασκευαστικό κλάδο των φυτεμένων δωμάτων

Τέλος οι προδιαγραφές που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα δεν καλύπτουν το ζήτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα υλικά που χρησιμοποιούνται και ειδικότερα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αυτών.

Οι λόγοι που αναφέρθηκαν σε συνδυασμό με τις αντίξοες κλιματικές συνθήκες, περιορίζουν την επέκταση των φυτεμένων δωμάτων στην περιοχή της Μεσογείου, η οποία χαρακτηρίζεται από μειωμένες βροχοπτώσεις και εκτεταμένη ξηροθερμική περίοδο με υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι (Fioretti et al., 2010). Ακριβέστερα η εποχικότητα και η γεωγραφική διακύμανση των βροχοπτώσεων είναι το κύριο χαρακτηριστικό του Μεσογειακού τύπου κλίματος, όπου το 65% και πολύ συχνά το 80% αυτών ή και περισσότερο, λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα (Gasith and Resh, 1999). Στην Ελλάδα, τόσο η εποχικότητα όσο ιδιαίτερα η γεωγραφική διακύμανση των βροχοπτώσεων εκδηλώνεται με έντονο τρόπο και κυμαίνεται από 275 έως και πάνω από 2000 mm , με ξηρά περίοδο που σύμφωνα με το θερμοϋετόγραμμα σε πολλές περιοχές υπερβαίνει τους 4 μήνες.

Έτσι, μερικές περιοχές τις χώρας, όπως και πολλές της Μεσογείου κατατάσσονται στις ημερημικές με ετήσια βροχόπτωση που κυμαίνεται μεταξύ 200 και 500 mm (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010), όπως η Αθήνα, η ανατολική Κρήτη, οι Κυκλάδες και περιοχές της Κεντρικής Μακεδονίας, όπως η Θεσσαλονίκη. Πρόσθετα οι Μεσογειακές περιοχές καταπονούνται υδατικά μέσω της εξατμισοδιαπνοής, από την οποία οι ετήσιες αυξανόμενες απώλειες συγκρίνονται με τις εισροές από τις βροχοπτώσεις (Gasith and Resh, 1999).

Στην Βόρεια Ευρώπη, όπου λαμβάνουν χώρα αυξημένες βροχοπτώσεις και γενικά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, το αρδευτικό σύστημα για τα φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου είναι προαιρετικό, αλλά ακόμα και σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητο για τα δύο πρώτα χρόνια προκειμένου να υποστηρίξει τα φυτά κατά τη φάση της εγκατάστασης και να επιβιώσουν στην ξηρή περίοδο του έτους (Cantor, 2008). Συνάγεται λοιπόν πως μια μετατόπιση στο γεωγραφικό πλάτος θα έπρεπε να επιφέρει ανάλογη μετατόπιση στη διάρκεια υποχρεωτικής λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος στα φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου στην Μεσογειακή ζώνη. Ωστόσο η ποσότητα και η συχνότητα των αρδεύσεων, εξαρτάται από το συνδυασμό των βασικών παραγόντων ενός συστήματος φυτεμένου δώματος, παράγοντες όπως το είδος των φυτών, ο τύπος και το βάθος του υποστρώματος. Πρόσθετα έχει δειχθεί ότι η εφαρμογή άρδευσης καλύπτει τις δυσκολίες που ανακύπτουν για την ανάπτυξη των φυτών σε αβαθή υποστρώματα (Van Woert et al., 2005).

Η βιβλιογραφία για εντατικού και ημιεντατικού τύπου φυτεμένα δώματα ωστόσο, είναι περιορισμένη και προκειμένου να επεκταθούν οι κατασκευές πράσινων δωματίων στη Μεσογειακή ζώνη, είναι θεμελιώδες να επιλεγούν τα κατάλληλα υποστρώματα που θα ωθήσουν την ανάπτυξη των φυτών και θα υποστηρίξουν την επιβίωση τους κατά την διάρκεια της απαιτητικής θερμής περιόδου. Η σύνθεση των κατάλληλων υποστρωμάτων, πέραν των επιθυμητών υδραυλικών χαρακτηριστικών, όπως η συγκράτηση νερού, συνιστά κυρίως μια προσαρμογή στην κλιματική ζώνη, τα τοπικά διαθέσιμα υλικά, στα εγκλιματισμένα φυτά της ζώνης, το προβλεπόμενο επίπεδο συντήρησης και τα στατικά φορτία που αναπτύσσονται (Getter and Rowe, 2006).

Ο βέλτιστος συνδυασμός όλων αυτών των παραγόντων, συνιστά μια προσαρμόσιμη προσέγγιση που στοχεύει στην εξοικονόμηση νερού και ενέργειας, ανεξάρτητα από τον τύπο του φυτεμένου δώματος . Λαμβάνοντας υπόψη ότι το νερό είναι ένας υπό περιορισμό φυσικός πόρος για τη Μεσογειακή ζώνη και συχνά σε ανεπάρκεια για τη θερμή περίοδο του έτους και ότι αναμένεται να ενισχυθεί η εξοικονόμηση ενέργειας αυξανόμενου του βάθους του υποστρώματος και γενικότερα η θερμική απόδοση των κτιρίων (Wong et al., 2003).

Η υιοθέτηση ενός προσαρμόσιμου τύπου φυτεμένου δώματος είναι μια επιλογή στην κατεύθυνση ενίσχυσης της αξιοπιστίας της βιομηχανίας φυτοδωμάτων, γιατί θα εδραίωνε τη δυνατότητα να εκδηλωθεί όλο το φάσμα των πλεονεκτημάτων τους, με τρόπο εφικτό σε σχέση με τις υπάρχουσες κατασκευές και πόρους, που πιθανά θα ενθάρρυνε την εξάπλωση των φυτεμένων δωμάτων στις σύγχρονες πόλεις της Μεσογείου. Πλεονεκτήματα που αφορούν τη βελτίωση του μικροκλίματος μέσω της εξατμισοδιαπνοής και της απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας από τα φυτά (Skinner, 2006), του μετριασμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Akbari et al., 2001; Getter and Rowe, 2006) και αμεσότερα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια όπου εγκαθίστανται, συν όλα τα κοινωνικά και άλλα οφέλη που έχουν ήδη αναφερθεί.

Το υλικό της εισαγωγής αντλήθηκε από τη διδακτορική εργασία του Κοτσίρη Γιώργου (2012), γι' αυτό οι περιεχόμενες αναφορές, δεν αναφέρονται ως αναφορές των συντακτών της πτυχιακής.

2. Περιγραφή Υφιστάμενης Κατάστασης

2.1. Η θέση και η χρήση του κτιρίου

Το κτίριο του Λαζαράκειου ιδρύματος και Δημαρχείου της Αμαλιάδας βρίσκεται στην οδό Φιλικής Εταιρείας 6,(στο Ο.Τ. 4, της πολεοδομικής ενότητας 1 του Δήμου

Ήλιδας) Το κτίριο αποτελείται από 4 ορόφους, το ισόγειο και 3 ορόφους. Η ολική επιφάνεια κάλυψης είναι 322,38 m², και του δώματος 197,64 m² (Παράρτημα, σχέδιο1). Το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο με τον επιμήκη άξονά του προσανατολισμένο στη διεύθυνση Ανατολής-Δύσης.

2.2. Περιγραφή των υφιστάμενων διαμορφώσεων του δώματος

Το δώμα του κτιρίου είναι επίπεδο με διαμορφωμένες κλίσεις για την απορροή των ομβρίων από δύο υδρορροές (Εικόνα 2). Η πρόσβαση στο δώμα γίνεται από το κλιμακοστάσιο και δια μέσου δύο αιθουσών του τελευταίου ορόφου. Περιμετρικά περιβάλλεται από στηθαίο ύψους 1,00 m και εξωτερικά, δίκην εξωστών το δώμα περιβάλλεται από 12 ζαρντινιέρες. Ως έχει δεν μπορεί να θεωρηθεί βατό και για να καταστεί χρειάζεται να προστεθεί κουπαστή επί του στηθαίου, μέχρι ύψους 1,2 μ.



Εικόνα 2. Εκβολή υδρορροής δώματος

2.3. Αναλυτική περιγραφή των φορτίων του δώματος και στατικής επάρκειας

Από την στατική μελέτη της άδεια οικοδομής, προκύπτει ότι: Τα προβλεπόμενα φορτία επικαλύψεων (μόνιμα) είναι 150 kg/m^2 . Οι επιστρώσεις που έχουν υλοποιηθεί, όπως προκύπτει από τη μελέτη θερμομόνωσης σε αναφέρονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Υλοποιημένα φορτία επιστρώσεων δώματος

Επίστρωση	m	kg/m^3	Kg/m^2
Μονωτικό	0.06		2.4
Μπετόν κλίσεων	0.12	350	3.6
Στεγανοποίηση	0.01		1
Πλάκες	0.04	1400	56
Σύνολο			63

Επομένως το υπόλοιπο φορτίο επικαλύψεων που δεν έχει υλοποιηθεί είναι $150-63=87 \text{ Kgr/ m}^2$ και κατά συνέπεια το βάρος που θα προστεθεί από την πολυεπίπεδη δομή του φυτεμένου δώματος, στον κορεσμό με νερό, δεν πρέπει να υπερβαίνει αυτό το βάρος.

2.4. Σκοπιμότητα εγκατάστασης πράσινου δώματος στο συγκεκριμένο κτίριο

Στην σκοπιμότητα της επιλογής προέχει η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και των χρηστών και των πολιτών του Δήμου, γονέων, καθώς και υπευθύνων για λήψη αποφάσεων, ότι είναι εφικτός ο περιβαλλοντικός επανασχεδιασμός των δημόσιων κτιρίων και της πόλης γενικότερα.

Επίσης από τη φύση της λειτουργίας του, το κτίριο φιλοξενεί μεγάλο αριθμό χρηστών με απαίτηση για σταθερό περιβάλλον θερμικής άνεσης, με συνέπεια μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη και κατά συνέπεια έχει ενεργοβόρα λειτουργία. Με την εγκατάσταση του πράσινου δώματος αναμένεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, πρωτίστως για ψύξη και δευτερευόντως για θέρμανση (Kotsiris et al., 2012a).

Η φύτευση του δώματος καθίσταται επίσης σκόπιμη και από την ανάγκη ριζικής επιδιόρθωσης και επίλυσης της στεγάνωσης του δώματος, διότι το κτίριο εμφανίζει υγρασία εσωτερικά στις αίθουσες.

3. Προτεινόμενη Εφαρμογή Φυτεμένου Δώματος

3.1. Στόχοι εφαρμογής πράσινου δώματος

Στόχοι της εφαρμογής πράσινου δώματος στο Λαζαράκειο Δημοτικό Μέγαρο και Δημαρχείο Αμαλιάδας είναι:

- Βελτίωση μικροκλίματος με άμεση επίδραση στην υγεία των χρηστών
- Αύξηση αστικού πρασίνου
- Μείωση των εκπομπών CO₂, αέριων ρύπων και δέσμευση των σωματιδίων σκόνης
- Μειωμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη
- Καταπολέμηση αστικής θερμικής νησίδας και φαινομένου του θερμοκηπίου
- Καλύτερη εκτόνωση αποχετευτικού δικτύου μέσω της διαχείρισης των όμβριων υδάτων
- Προστασία των επιστρώσεων του δώματος από τις έντονες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και μηχανικών καταπονήσεων
- Ενίσχυση χλωρίδας και πανίδας στη πόλη (δημιουργία φυσικών οικοσυστημάτων)
- Αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου

- Δημιουργία πρότυπων κατασκευών φυτεμένων δωματίων ως πιλοτική εφαρμογή για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των κατοίκων

3.2. Ο προσαρμόσιμος τύπος πράσινου δώματος

Ο προσαρμόσιμος τύπος πράσινου δώματος είναι μια προσαρμογή των τυπικών τριών τύπων κατά FLL, στις συνθήκες της Ελλάδας και των Μεσογειακών χωρών γενικότερα (Kotsiris et al.,2013). Αν και εκκινεί με τα χαρακτηριστικά του εκτατικού τύπου και κυρίως μικρά πάχη υποστρώματος και χαμηλή γενικά συντήρηση, ωστόσο προβλέπει υποχρεωτικά εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος και άλλα είδη υποστρωμάτων όπως πετροβάμβακα, που θα παρέπεμπαν σε ημιεντατικού τύπου πράσινο δώμα. Επιπλέον προβλέπει τη φύτευση όχι μόνο ποωδών φυτών χαμηλής ανάπτυξης, αλλά πολυετή ποώδη της κατηγορίας των αρωματικών φυτών και μικρούς θάμνους της κατηγορίας των φρύγανων, με συνέπεια την εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης στο 0-30% της ETpan (Nectarios et al.,2014).

3.3. Αιτιολόγηση της επιλογής του είδους του πράσινου δώματος

Για το δώμα του Δημαρχείου επιλέγεται η εγκατάσταση φυτεμένου δώματος προσαρμόσιμου τύπου με υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, πυκνό πετροβάμβακα φαινόμενου ειδικού βάρους 150 Kg/m². Αυτή είναι μια επιβεβλημένη επιλογή γιατί τα περιθώρια φορτίων επικαλύψεων είναι μικρά. Εάν χρησιμοποιούνταν αδρανή υλικά διαβαθμισμένης κοκκομετρίας ακόμα και μικρού βάθους (εκτατικού τύπου), το βάρος του φυτεμένου δώματος στον κορεσμό με νερό θα υπερέβαινε το διαθέσιμο φορτίο επικαλύψεων των 87 Kg/m².

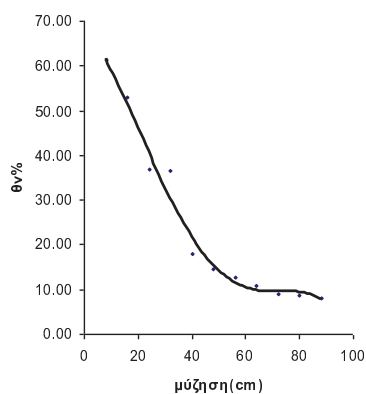
Ο πετροβάμβακας είναι ένα απόλυτα αδρανές υπόστρωμα που επί σειρά ετών χρησιμοποιείται στην υδροπονία και έχει ήδη δοκιμασθεί και στα φυτεμένα δώματα (Onmura, 2001, Bougol et al., 2005, Kotsiris et al., 2009). Συγκεκριμένα προδιαγράφεται

πετροβάμβακας με πυκνότητα 150 kg m⁻³, πάχους 5 cm και σε πλάκες με διαστάσεις 0.6 x 1.2 m . Τα φυσικά τα χαρακτηριστικά του υλικού αναφέρονται στον πίνακα 2 και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του στον πίνακα 3.

Πίνακας 2. Φυσικά Χαρακτηριστικά πετροβάμβακα (Kotsiris et al., 2012)

Υπόστρωμα	Πορώδες % v/v	ΦΕΒ (Kg/ L)	ΦΕΒ κορεσμού	pH
Rock wool	80	0.77	0.162	7,0

Το είδος του υποστρώματος σχετίζεται με μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας και αναλογική μείωση των ενεργειακών δαπανών για ψύξη και θέρμανση (Kotsiris et al., 2012a) γιατί ακόμα και στον κορεσμό με νερό ο συγκεκριμένος πετροβάμβακας συγκρατεί αέρα σε ποσοστό 40% και γενικά αποφορτίζεται ταχέως. Παρατίθεται η καμπύλη υγρασίας του υλικού (διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας πετροβάμβακα 150 Kg/L (Kotsiris et al., 2012).

Για την επίτευξη των βέλτιστων περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων και εξοικονόμησης ενέργειας η φύτευση γίνεται με φρύγανα που παράγουν πλούσια βλάστηση και δεσμεύουν πολλαπλάσιες ποσότητες CO₂ σε σχέση με πόες και χλοοτάπητες ενώ με πλούσια

φυτοκάλυψη στο 95% της επιφάνειας των δωμάτων, εξασφαλίζουν υψηλή ψυκτική δράση το καλοκαίρι. Αυτός ο συνδυασμός, αποτελεί έτσι μια προσαρμοστική επιλογή για τα φυτοδώματα στο Μεσογειακό περιβάλλον και όταν τα στατικά φορτία δεν επιτρέπουν άλλου τύπου υποστρώματα.

Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα τύπου 051 Geolan.

Χαρακτηριστικό του B-051	Μέγεθος	τιμή	πρότυπο
Πάχος d	Mm	80	EN 823
Ανοχές πάχους Ti	Κατηγορία	T6	EN 13162
Μήκος L	Mm	1200	EN 822
Πλάτος B	Mm	600	EN 822
Κατηγορία συμπεριφοράς στη φωτιά	Κατηγορία A1 (άκαυστο)		EN 13501-1
Θερμοκρασία μάλθωσης	C	> 1000	
Ειδική θερμότητα	kJ/kgK	0.84	
Θλιπτική τάση για συμπίεση του πάχους κατά 10 %, CS(10)i	KPa	20	EN 826
Σημειακό φορτίο για συμπίεση πάχους κατά 5 mm, PL(5)i	N	200	EN 12430
Συμπιεστότητα πάχους (cp=dL-dB) CPi	Mm	CP4	EN 13162 EN 12431
Θλιπτικό φορτίο Σχεδιασμού	kN/m ²	5	
Αντίσταση ροής αέρα (r), AFr i	kPa s/m ²	120	EN 29053
Σταθμισμένος συντελεστής ηχοαπορρόφησης d	Mm	50	EN ISO 354
Δυναμική ακαμψία (s'), d	mm	50	EN 29052-1

3.3.1. Υπολογισμός φορτίου του προτεινόμενου συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος και του αντίστοιχου υποστρώματος

Λαμβάνοντας υπόψη μας την στατική αντοχή του κτιρίου υιοθετήθηκε φυτεμένο δώμα προσαρμόσιμου τύπου με υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών, πετροβάμβακα πάχους 5,0 cm. Στο πίνακα 4 που ακολουθεί αναφέρονται αναλυτικά τα βάρη του κάθε υλικού που χρησιμοποιείται στην υποδομή του προτεινόμενου συστήματος φυτεμένου δώματος.

Πίνακας 4. Βάρος συστήματος φυτεμένου δώματος στον κορεσμό

Υλικά φυτεμένου δώματος	Βάρος (kg/m ²)
Φύλλο προστασίας της στεγάνωσης από μηχανική καταπόνηση VLU-500	0.3
Στεγανωτική μεμβράνη διπλής ασφαλικής μεμβράνης 4mm με αντιριζικές ιδιότητες	8.0
Φύλλο προστασίας και συγκράτησης υγρασίας VLS-500	0.50
Φύλλο προστασίας και συγκράτησης υγρασίας VLS-500 στον κορεσμό	3.6
Αποστραγγιστική καρτέλα Diadrain-25 (Καθαρό βάρος)	1,3
Επιπλέον Βάρος Αποστραγγιστικής καρτέλας σε κορεσμό	9.52
Διηθητικό φύλλο VLF-150	0.15
Βάρος* υποστρώματος ανάπτυξης πετροβάμβακα σε κορεσμό για 5.0 εκ. πάχος	38.7
Βάρος φυτών	10.00
Σύνολο φορτίου φυτεμένου δώματος	72.07

* Το βάρος των φυτών προκύπτει από το πινάκιο 16/σελ. 88 της FLL 2008.

3.4 Αιτιολογημένη έκθεση επιλογής φυτών

Ο σχεδιασμός των φυτεύσεων και η επιλογή του φυτικού υλικού έχουν στόχο την ένταξη του φυτεμένου δώματος στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Για τη φύτευση του πράσινου δώματος προτείνεται να χρησιμοποιηθούν είδη ενδημικά και είδη από την ευρύτερη μεσογειακή χλωρίδα, τα οποία προσαρμόζονται γρήγορα στις τοπικές κλιματικές συνθήκες και συνδυάζονται με το αστικό περιβάλλον και τις ιδιαίτερες συνθήκες που αναπτύσσονται σε αυτό, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα

είδη που προτείνονται παρακάτω έχουν μικρές απαιτήσεις σε νερό, σε συντήρηση και μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά σε μικρό πάχος υποστρώματος πετροβάμβακα που προτείνεται.

Τα είδη που χρησιμοποιούνται είναι γενικά από εδαφοκαλυπτικά έως χαμηλής-μέτριας ανάπτυξης, αρωματικά, αειθαλή και ξηροφυτικά, τύπου φρύγανων. Ιθαγενή ή εγκλιματισμένα στο Μεσογειακό περιβάλλον. Στις ζαρντινιέρες, λόγω αυξημένου βάθους, προδιαγράφονται δενδρύλλια Γαζίας. Το υπόστρωμα στις ζαρντινιέρες είναι 30% κόμποστ και 70% κίσηρη.

3.4.1. Πίνακας φυτικού υλικού

Το φυτικό υλικό που προτείνεται για το συγκεκριμένο έργο θα πρέπει να προέρχεται από φυτώρια που λειτουργούν σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου 1564/85. Τα φυτά του πίνακα 5, θα πρέπει να είναι διακλαδισμένα από τον λαιμό της ρίζας, να έχουν ικανοποιητικό αριθμό ανεπτυγμένων βλαστών, να έχουν κανονικά διαμορφωμένο σχήμα και ύψος ανάλογα με το είδος και να είναι απαλλαγμένα από ξερά τμήματα και από κάθε είδους προσβολές. Πίνακας 5. Ιδιότητες φυτών

ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ*	ΜΕΓΕΘΟΣ Cm	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΤΩΝ
<i>Lavandula angustifolia</i>	Λεβάντα	Θ1	X	20-50	54
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Δενδρολίβανο	Θ1	X	25-100	46
<i>Artemisia absinthium</i>	Αρτεμισία	Π1	X	20-50	38
<i>Salvia triloba</i>	Σάλβια	Π1	X	20-40	30
<i>Helichrysum italicum</i>	Ελίχρυσο	Π1	M	20-50	22

<i>Phlomis fruticosa</i>	Ασφάκα	Π1	X	20-40	14
<i>Acacia farnesiana</i>	Γαζία	Δ3	X	200-250	13

*Υ: Υψηλή M: Μέτρια X: Χαμηλή, WUCOLS III- University of California (2000).

3.4.2 Περιγραφή εργασιών εγκατάστασης των φυτών στους χώρους φύτευσης

Τα φυτά μεταφέρονται στις θέσεις φύτευσης (Παράρτημα, σχέδιο 2, σχέδιο φύτευσης φυτών) με προσεκτικούς χειρισμούς ακολουθώντας πιστά την φυτοτεχνική μελέτη και βγαίνουν από τα φυτοδοχεία ακριβώς πριν την φύτευση. Ιδανικό θα ήταν τα σπορόφυτα να έχουν αναπτυχθεί σε κύβους πετροβάμβακα. Η εξαγωγή του φυτού από το φυτοδοχείο (χαρτογλαστρίδιο ή γλαστρίδιο τύρφης) γίνεται τραβώντας το φυτό με προσοχή από την περιοχή του λαιμού, ώστε να μη σπάσουν οι ρίζες ή αποκολληθεί ο βλαστός από τις ρίζες. Τα φυτά φυτεύονται στην προβλεπόμενη από το σχέδιο θέση, στο κέντρο του λάκκου, κατακόρυφα. Όλες οι εργασίες με εργαλεία κηποτεχνίας στο υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών πρέπει να γίνονται με προσοχή και σε μικρό βάθος, ώστε να αποφεύγεται η καταστροφή των κατώτερων στρωμάτων της υποδομής του φυτεμένου δώματος.

Στις εργασίες εγκατάστασης των φυτών περιλαμβάνονται :

- Το άνοιγμα οπής υποδοχής στον πετροβάμβακα κατάλληλων διαστάσεων για τα φυτά κατηγορίας Π1 και για φυτά κατηγορίας Θ1, σε χαρτογλαστρίδια ή γλαστρίδια τύρφης ή γλαστρίδια πετροβάμβακα.
- Η μεταφορά του φυτού στην οπή, η εξαγωγή από το φυτοδοχείο, η αφαίρεση τυχόν ξηρών μερών αυτού

- Η πρώτη άρδευση που θα γίνει κατά την εγκατάσταση του φυτού
- Η συγκέντρωση και απομάκρυνση του άχρηστου υλικού

3.4.3. Άρδευτικό σύστημα

Για την άρδευση και την λίπανση των φυτών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εγκαθίσταται αυτόματο σύστημα άρδευσης που αποτυπώνεται στο σχέδιο άρδευσης (Παράρτημα, σχέδιο 3).

Επειδή η άρδευση θα εξασφαλίζεται από το δίκτυο της πόλης του οποίου η πίεση γνωρίζει μεγάλες διακυμάνσεις, τα φυτά του δώματος αρδεύεται με σταλακτηφόρο σωλήνα, ο οποίος είναι αυτορρυθμιζόμενης παροχής 1 L h⁻¹ για κάθε σταλλάκτη, σε εύρος πιέσεων από 1 έως 4 Bar. Η επιλογή μικρής παροχής γίνεται ώστε να αποφεύγεται η γρήγορη αποστράγγιση του αρδευτικού νερού και του εν διαλύσει λιπάσματος. Για τη λίπανση, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες οπότε η επιφανειακή λίπανση με κοκκώδη λιπάσματα δεν θα ήταν ικανοποιητική και θα είχε πολλές απώλειες αμμωνίας προς ατμόσφαιρα, λόγω ελλιπούς ενυδάτωσης και κατά συνέπεια διαλυτότητας, προβλέπεται η εγκατάσταση εξοπλισμού για την ταυτόχρονη λίπανση και άρδευση, μέσω δοσομετρικής εγχυτικής αντλίας και δοχείου βασικού διαλύματος (Εικόνα 3).



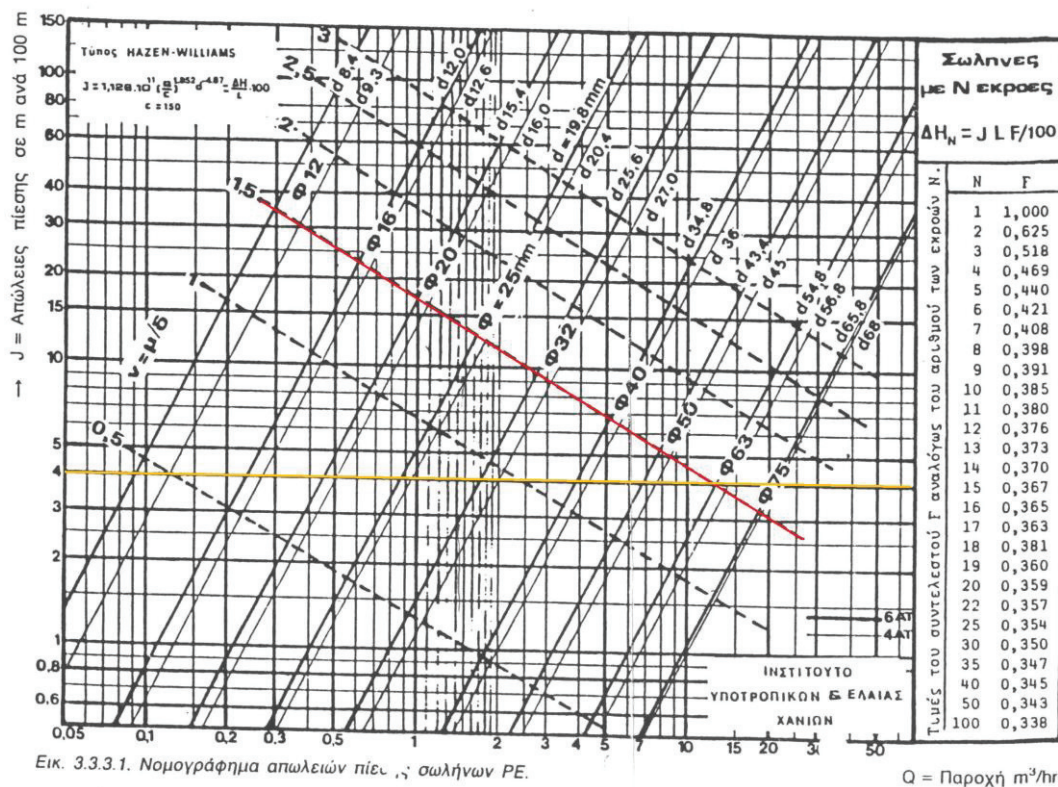
Εικόνα 3. Δοσομετρική εγχυτική αντλία και δοχείο βασικού διαλύματος

Η επιφάνεια άρδευσης χωρίζεται σε 3 στάσεις. Με μία στάση αρδεύονται τα δενδρύλλια στις ζαρντινιέρες περιμετρικά του φυτοδώματος με σωλήνα PE και 13 σταλάκτες 3 λίτρων

/ώρα. Το μέγιστο μήκος του σωλήνα είναι 50 m και παροχετεύει 49 L h⁻¹, οπότε από το νομογράφημα Hazen-Williams (διάγραμμα 2) και για απώλειες πίεσης 0,3% ανά m και $v < 1,5 \text{ m s}^{-1}$, επιλέγεται διατομή σωλήνα άρδευσης PE Φ16.

Με δύο στάσεις, σταλακτοφόρου αγωγού και σταλάκτη ανά ένα μέτρο παροχής 1 L h⁻¹, αρδεύονται τα φυτά του δώματος. Το μέγιστο μήκος του σταλακτηφόρου σωλήνα είναι 17 m και παροχετεύει 17 L h⁻¹, οπότε από το νομογράφημα Hazen-Williams και για απώλειες πίεσης 0,3% ανά m και $v < 1,5 \text{ m s}^{-1}$, επιλέγεται διατομή σωλήνα άρδευσης PE Φ16.

Συνολικά και οι τρεις στάσεις παροχετεύουν 205 L h⁻¹, οπότε από το νομογράφημα Hazen-Williams και απώλειες πίεσης 0,5% ανά m, ως κεντρικός αγωγός άρδευσης, επιλέγεται σωλήν PE Φ20

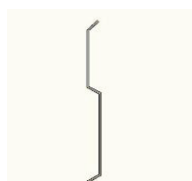


Διάγραμμα 2. Νομογράφημα απωλειών πίεσης σωλήνων PE.

3.5. Τεχνικές λεπτομέρειες τοποθέτησης υλικών διαστρωμάτωσης φυτεμένου δώματος

Αρχικά εφαρμόζεται επάλειψη με ασφαλικό βερνίκι και τοποθετείται με θερμοκόλληση στεγανωτική-αντιριζική πλαστομερής (APP) ασφαλική μεμβράνη. Οι μεμβράνες συγκολλούνται η μία παράλληλα με την άλλη με τρόπο που να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη ροή του νερού, ενώ η επικάλυψη των φύλλων μεταξύ τους είναι 8cm τουλάχιστον κατά μήκος του ρολού και 12cm τουλάχιστον στα άκρα του. Οι επικαλύψεις των μεμβρανών κατά την συγκόλληση φλογίζονται και πιέζονται ελαφρά, έως ότου να εμφανιστεί τήγμα του ασφαλικού υλικού στο σημείο της ένωσης, γεγονός ενδεικτικό της στεγανής συγκόλλησης των μεμβρανών. Ακολουθεί διάστρωση και επικόλληση και δεύτερη στρώση, σε παράλληλη μετατόπιση επί της πρώτης και με πλήρη θερμοκόλληση.

Στο στηθαίο του ισογείου η μεμβράνη ανέρχεται σε τόσο ύψος ώστε να επικαλύπτεται η πρώτη στεγανωτική αντιριζική στρώση κατά 10 cm τουλάχιστον και στερεώνεται μηχανικά με λάμα γαλβανισμένης λαμαρίνας ανοικτού Γ, βίδες και βύσματα (Εικόνα 4. Η λάμα σφραγίζεται με ελαστομερή μαστίχη πολυσουλφιδικής βάσεως, αφού προηγουμένως η επιφάνειά της ασταρωθεί (primer) με πολουρεθανικό βερνίκι.



Εικόνα 4. Λεπτομέρεια προφίλ αλουμινίου στερέωσης μεμβρανών

Στη συνέχεια της μονώσεως, διαστρώνεται ελεύθερα πάνω από τη στεγανωτική και αντιριζική μεμβράνη, το φύλλο προστασίας από μηχανική καταπόνηση (σημαντικό για προσπελάσιμα και μη δώματα) και συγκράτησης υγρασίας με επικάλυψη των άκρων κατά 10-15 cm, ενώ στα στηθαία το υπόστρωμα εφαρμόζεται σε ύψος 5-10 cm από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών και συγκολλείται με ειδική κόλλα.

Αμέσως μετά, τοποθετείται το αποστραγγιστικό σύστημα σε μορφή καρτελών. Το αποστραγγιστικό σύστημα φέρει αμφίπλευρες εγκοιλώσεις και κενούς χώρους στους οποίους συσσωρεύεται και αποθηκεύεται νερό το οποίο αποδίδεται στα φυτά μέσω της εξατμισοδιαπνοής.

Στη συνέχεια ακολουθεί ελεύθερη διάστρωση του διηθητικού φύλλου με επικαλύψεις των άκρων κατά 15 εκ. καλύπτοντας όλη την επιφάνεια και στα σημεία των στηθαίων ή στα τοιχία περιμετρικά, γίνεται γύρισμα κατά 5-10 cm από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης και στερεώνεται μηχανικά με ειδικό τεμάχιο αλουμινίου

Περιμετρικά των στηθαίων, δημιουργείται ζώνη διακοπής της φύτευσης πλάτους 25 cm και πλήρωση της με βότσαλο ποταμίσιο διατομής 6-12 mm. Ο εγκιβωτισμός του ποταμίσιου βότσαλου γίνεται με ειδική γωνία αλουμινίου.

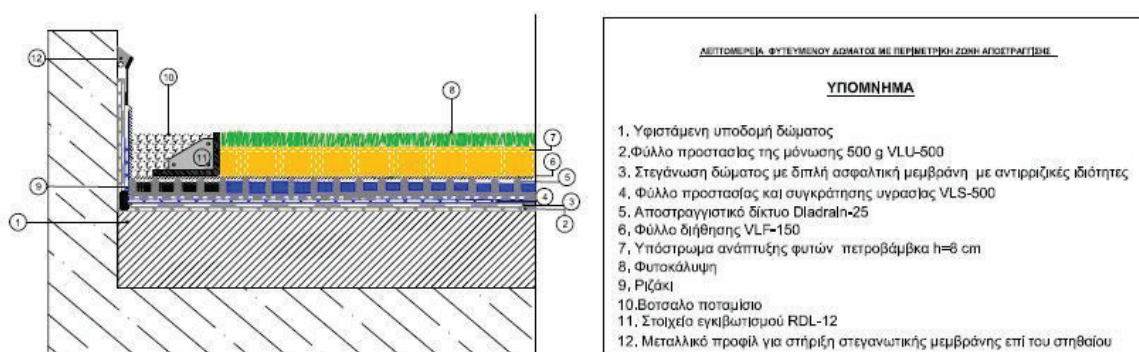
Ακολουθεί η διάστρωση των πλακών πεπρωβάμβακα και τέλος ακολουθεί η φύτευση των φυτών.

Στις θέσεις των υδρορροών, για τον καλύτερο έλεγχο και την συντήρησή τους, τοποθετούνται ειδικά φρεάτια ελέγχου διαστάσεων 30 X 35 X 10 εκ.. ενώ στα σημεία συναρμογής του φυτεμένου δώματος με το κτίριο τοποθετούνται κατά μήκος κανάλια απορροής.

Χρήση συμπληρωματικών προϊόντων υδροτεχνολογίας στην κατασκευή για την καλύτερη απορροή και απομάκρυνση των όμβριων υδάτων και την ασφαλή και εύρυθμη λειτουργία του φυτεμένου δώματος. Πιο συγκεκριμένα, στα σημεία που δε φυτεύονται οι αποστραγγιστικές καρτέλες γεμίζονται με ρυζάκι (ψιλή ψηφίδα), ενώ για την προστασία του κτιρίου στα σημεία συναρμογής του φυτεμένου δώματος με κάθετες επιφάνειες (τοιχούς) τοποθετούνται κατά μήκος κανάλια αποστράγγισης. Στα υπόλοιπα περιμετρικά σημεία του δώματος (στηθαίο) δημιουργείται ζώνη διακοπής της βλάστησης πλάτους 25

εκ. με ποταμίσιο βοτσαλάκι διατομής 6-12mm. Ο εγκιβωτισμός του βότσαλου γίνεται με ειδικά τεμάχια αλουμινίου. Πάνω από κάθε υδρορροή τοποθετούνται ειδικά φρεάτια ελέγχου, ώστε να εξασφαλίσουμε την καθαριότητά τους από φερτά υλικά και την άμεση επισκευσιμότητά τους για συντήρηση και έλεγχο. Η βάση των προϊόντων υδροτεχνολογίας αποτελείται από πολυπροπυλένιο ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο της θερμογέφυρας.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις κάθετες απολήξεις του δώματος (π.χ. εξαερισμοί), καθώς και σε Η/Μ εξοπλισμούς (π.χ. κλιματιστικές μονάδες) οι οποίες διαχωρίζονται από την φύτευση είτε με μεταφορά είτε με μικρή ανύψωσή τους σε μικρή βάση σκυροδέματος, ώστε να είναι απομονωμένες και προσβάσιμες ανά πάσα στιγμή για τεχνικό έλεγχο και συντήρηση. Τομή του φυτεμένου δώματος παρουσιάζεται στην εικόνα 5.



Εικόνα 5. Λεπτομερής τομή του φυτεμένου δώματος.

3.6. Αναλυτική περιγραφή των υλικών που προτείνονται:

3.6.1. Στεγανωτική ασφαλτική μεμβράνη

Στεγανοποίηση με διπλή αντιριζική πλαστομερή (APP) ασφαλτική στεγανωτική μεμβράνη. Αρχικά χρησιμοποιείται ασφαλτικό πραΐμερ για το αστάρωμα της επιφάνειας. Στη συνέχεια γίνεται διπλή επάλειψη των επιφανειών με ελαστομερή ασφαλτική κόλλα τύπου Esha Roofcoat No 10 ή άλλης ισοδύναμης, κατανάλωσης περίπου 0,40 έως 0,50kg/m², ή ασφαλτικού ασταριού Eshalac 50-S με κατανάλωση περίπου 0,3kg/m². Μετά την ξήρανση του ασφαλτικού υλικού, ακολουθεί η διάστρωση και πλήρης επικόλληση της

πρώτης αντιριζικής πλαστομερούς (APP) ασφαλικής στεγανωτικής μεμβράνης τύπου EshaGum Antiroot B2 ή άλλη ισοδύναμη (τροποποιημένη άσφαλτος με συνθετικό πολυπροπυλένιο APP) που να εμπεριέχει στη μάζα της ειδικό αντιριζικό πρόσθετο (π.χ Preventol B2 ή άλλου ισοδύναμου) για προστασία από την διάτρηση των ριζικών συστημάτων με επικάλυψη πάνω και κάτω με φύλλα πολυαιθυλενίου. Το συνολικό της βάρος είναι τουλάχιστον 4,2 kg/m² και φέρει εσωτερικό οπλισμό από πολυεστερικό ύφασμα υψηλών μηχανικών αντοχών με τάση θραύσης κατά μήκος 400N/50mm, κατά πλάτος 310N/mm, αντοχή σε σχίσσιμο ASTM D-4073-94 κατά μήκος 200N & 350N κατά πλάτος, ευκαμψία σε χαμηλές θερμοκρασίες -10 C και αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες 130 C , Διάτρηση Στατική L3(15-25kg) & Δυναμική I3(8mm) . Οι μεμβράνες συγκολλούνται η μία παράλληλα με την άλλη με τρόπο που να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη ροή του νερού , ενώ η επικάλυψη των φύλλων μεταξύ τους θα είναι 8cm τουλάχιστον κατά μήκος του ρολού και 12cm τουλάχιστον στα άκρα του. Ακολουθεί η διάστρωση και πλήρης επικόλληση της δεύτερης αντιριζικής πλαστομερούς (APP) ασφαλικής στεγανωτικής μεμβράνης τύπου EshaGum Antiroot B2 ή άλλης ισοδύναμης, συνολικού βάρους τουλάχιστον 4,2 kg/m² με τα ίδια ακριβώς τεχνικά χαρακτηριστικά που έχει και η πρώτη μεμβράνη. Η δεύτερη στρώση τοποθετείται κατά την ίδια διεύθυνση με την πρώτη αλλά με παράλληλη τοποθέτηση κατά περίπου 50cm, έτσι ώστε οι επικαλύψεις των φύλλων της πρώτης στρώσης να βρίσκονται στο μέσον των φύλλων της δεύτερης. Στα στηθαία κλπ. κατακόρυφες επιφάνειες (π.χ. τοιχοποιίες) η μεμβράνη ανέρχεται σε τόσο ύψος ώστε να επικαλύπτεται η πρώτη στεγανωτική αντιριζική στρώση κατά 10 cm τουλάχιστον και στερεώνεται μηχανικά με λάμα γαλβανισμένης λαμαρίνας ανοικτού Γ, βίδες και βύσματα. Η λάμα σφραγίζεται με ελαστομερή μαστίχη πολυσουλφιδικής βάσεως τύπου EshaTheioseal A+B δύο συστατικών ή άλλης ισοδύναμης, αφού προηγούμενα η επιφάνεια της ασταρωθεί (primer) με πολυουρεθανικό βερνίκι τύπου EshaPrimer 21 ή

άλλου ισοδύναμου. Δίδεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε η περιοχή εφαρμογής της μαστίχης (λάμα, στηθαίο) να μην λερωθεί προηγουμένως με ασφαλτικό υλικό. Στο τμήμα που ανέρχεται στο στηθαίο γίνεται επικάλυψη των φύλλων με λωρίδα 3ης μεμβράνης που φέρει επικάλυψη προστασίας με ορυκτή ψηφίδα, έγχρωμη ή λευκή και καλύπτεται με ισχυρή τσιμεντοκονία που δεν περιέχει ασβέστη για να μην απορροφήσει υγρασία.

3.6.2. Υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας

Συνθετικό υπόστρωμα τύπου VLS-500 (εικόνα 6) ή άλλο ισοδύναμο από ανακυκλωμένες συνθετικές ίνες πολυπροπυλενίου υψηλής ποιότητας που δεν αλλοιώνονται, υψηλής μηχανικής αντοχής, ανθεκτικό στη θερμότητα, πάχους 4 mm, με δυνατότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών ουσιών 3,6 l/m², βάρους 500 g/m², ανθεκτικό στον εφελκυσμό 4,4 kN/m κατά μήκος και 6 kN/m εγκάρσια, δεν αλλοιώνεται στην άσφαλτο, βιολογικά και χημικά ουδέτερο, ανθεκτικό σε βακτηριακούς πληθυσμούς και μικροοργανισμούς, σε λιπάσματα και οργανικές ενώσεις π.χ. φυτοφάρμακα, εκκρίσεις ριζών κλπ.



Εικόνα 6. Ρολό φύλλου προστασίας και συγκράτησης υγρασίας

3.6.3. Θερμομονωτικό αποστραγγιστικό σύστημα

Προδιαγράφεται η αποστραγγιστική μεμβράνη **DiaDrain-25** (εικόνα 7) με τα παρακάτω τεχνικά Χαρακτηριστικά (πίνακας 6).

Πίνακας 6.

ύψος	mm	25
Πλάτος	mm	900
Μήκος	mm	1960
Ικανότητα συγκράτησης	l/m ²	9,52
Όγκος	l/m ²	10
Βάρος	kg/m ²	1,3
Ικανότητα φόρτου	kN/m ²	484
Υλικό		Ανακυκλωμένο Πολυστυρένιο
Πάχος	mm	1,2
Χρώμα		Μαύρο
Μονάδα συσκευασίας	m ² /pal.	700
Υφή		Διάτρητη
Τρόπος τοποθέτησης (0-1)		Ενωμένα
Τρόπος τοποθέτησης (2-3)		Με επικάλυψη
Βαθμός προστασίας από τη φωτιά		B2
Προσδιορισμός		Με τη σφραγίδα παραγωγής
Πρότυπα Ποιότητας		DIN EN ISO 12958



Εικόνα 7. Αποστραγγιστικό σύστημα

3.6.4. Διηθητικό φύλλο

Διηθητικό φύλλο από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο τύπου VLF-150 (εικόνα 8) ή άλλο ισοδύναμο υψηλής μηχανικής αντοχής, βάρους 150 g/m², πάχους 1,9 mm, για την ομαλή δίοδο του νερού χωρίς απομάκρυνση τεμαχιδίων

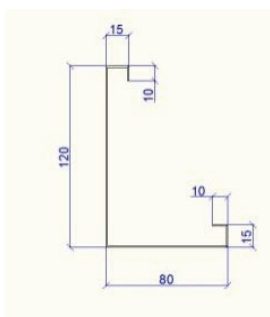


από το υπόστρωμα. Ανθεκτικό σε λιπάσματα, οξέα, αλκάλια και οργανικές ενώσεις π.χ. φυτοφάρμακα, εκκρίσεις ριζών κλπ., βιολογικά και χημικά ουδέτερο, ανθεκτικό στον εφελκυσμό 10 kN/m εγκάρσια και 11 N/m κατά μήκος. Το υλικό ακολουθεί τις προδιαγραφές τις FLL και η κατηγορία αντοχής του είναι σύμφωνα με τα διεθνή και εθνικά πρότυπα (EN ISO 12236, EN ISO 10319, EN ISO 11058, EN ISO 12956, EN 918).

Εικόνα 8. Διηθητικό φύλλο

3.6.5. Στοιχείο εγκιβωτισμού από αλουμίνιο

Ειδική γωνία αλουμινίου τύπου KLR-AL 8/12 (εικόνα 9) ή άλλη ισοδύναμη η οποία χρησιμοποιείται για τον εγκιβωτισμό περιοχών του δώματος ή το διαχωρισμό διαφορετικών υλικών. Το πάχος του είναι 1,5 mm, ενώ το ύψος μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με την πλευρά που θα επιλεγεί ως βάση. Οι δύο πλευρές έχουν ύψος/πλάτος 8 εκ. και 12 εκ. αντίστοιχα.

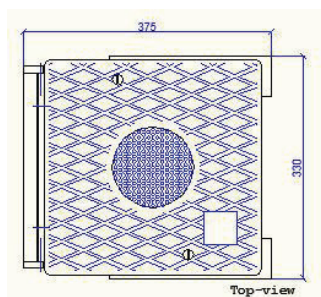


Εικόνα 9. Τομή γωνίας αλουμινίου για εγκιβωτισμό

3.6.6. Φρεάτιο ελέγχου υδρορροής

Φρεάτιο ελέγχου υδρορροής τύπου KSA-10 (εικόνα 10) ή άλλο ισοδύναμο από πολυπροπυλένιο, για την αποφυγή θερμογεφυρών (διαστάσεων: ύψος 10 εκ, μήκος 35 και πλάτος 30 εκ.), το οποίο τοποθετείται πάνω από κάθε υδρορροή περιμετρικά του δώματος,

ώστε να τη διατηρεί καθαρή, απομονωμένη από κάθε εξωτερικό παράγοντα (π.χ. φύλλα, υλικά υποστρώματος, κ.ά.) και άμεση πρόσβαση για έλεγχο και συντήρηση. Κλειδώνει ώστε να εξασφαλίζεται η αποφυγή επεμβάσεων από τους χρήστες και να προστατεύονται από πιθανούς βανδαλισμούς.



Εικόνα 10. Κάτοψη φρεατίου ελέγχου

4. Αποστραγγιστική ικανότητα δώματος ανάλογα με την μέση ετήσια βροχόπτωση και τον συντελεστή απορροής του δώματος.

Από τα κλιματικά στοιχεία του εγγύτερου με το φυσικό και δομημένο περιβάλλον μετεωρολογικού σταθμού (Αστεροσκοπείο Αθηνών), προκύπτει ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι της τάξης των 380 mm. Ο συντελεστής απορροής δώματος c για βάθος υποστρώματος 11 cm ισούται με $c=0.4$ και για βάθος 18.5 cm ισούται με $c=0.3$ (FLL 2008), ο οποίος λόγω της επιβράνδυσης από τη βλάστηση διαμορφώνεται σε 0,55 (FLL 2008). Κατά συνέπεια η αποστραγγιστική ικανότητα κάθε διάστρωσης της κατατομής του φυτεμένου δώματος πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη του γινομένου του ρυθμού διαβροχής επί του συντελεστή απορροής. Προς τούτο παρουσιάζεται στον Πίνακα 7 η αποστραγγιστική ικανότητα ή η περατότητα ή η υδραυλική αγωγιμότητα κάθε διάστρωσης.

Πίνακας 7. Αποστραγγιστική ικανότητα υλικών πολυεπίπεδης διαστρωμάτωσης φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου

Υδατοπερατότητα	Μονάδα (mm/s)
Θερμομονωτικής αποστραγγιστικής καρτέλας Diatherm-60	44
Φύλλου προστασίας και συγκράτησης υγρασίας VLS-500	50
Διηθητικό φύλλο VLF-150	90
Υπόστρωμα ανάπτυξης πετροβάμβακα τύπου 051	0,095

Κριτική τιμή*: i.c.A.F	$0,150 \cdot 10^{-5}$ (εκτατικός) $0,116 \cdot 10^{-5}$ (ημι- εντατικός)
------------------------	--

* κριτική τιμή υπολογίζεται από την μέση ετήσια βροχόπτωση που προτείνουν οι οδηγίες της πρόσκλησης, σε χρόνο 15 min , στον οποίο έχει υπολογιστεί και ο συντελεστής c.

Η κριτική τιμή της βροχόπτωσης που παροχετεύεται στην επιφάνεια του δώματος ισούται με : $Q_r = i \cdot c \cdot A \cdot F$ (Maidment, 1993)

Όπου i η ένταση βροχόπτωσης, c ο συντελεστής απορροής , A το εμβαδόν του δώματος και F συντελεστής μονάδων, που για το SI ισούται με 0,278.

Επομένως στον εκτατικό τύπο, για $i = 380 \text{ mm/y} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mm s}^{-1}$, $c = 0,45$ και $A = 1 \text{ m}^2$
 $\Rightarrow Q_r = 1,2 \cdot 10^{-5} \times 0,45 \times 0,278 \text{ mm s}^{-1} \approx 0,150 \cdot 10^{-5} \text{ mm s}^{-1}$.

Περαιτέρω στον ημι-εντατικό τύπο, για $i = 380 \text{ mm/y} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mm s}^{-1}$, $c = 0,35$ και $A = 1 \text{ m}^2$
 $\Rightarrow Q_r = 1,2 \cdot 10^{-5} \times 0,35 \times 0,278 \text{ mm s}^{-1} \approx 0,116 \cdot 10^{-5} \text{ mm s}^{-1}$.

Εφόσον η κριτική τιμή βροχόπτωσης είναι μικρότερη από τις τιμές του πίνακα 4, η αποστράγγιση του δώματος δε παρεμποδίζεται και γίνεται ομαλά ακολουθώντας τις υφιστάμενες ρύσεις προς τις υδρορροές.

*Το βάρος του υποστρώματος ανάπτυξης προκύπτει από εργαστηριακή ανάλυση, ενώ τα επιμέρους βάρη των υλικών διαστρωμάτωσης αναφέρονται στα τεχνικά πιστοποιητικά τους. Το βάρος των φυτών προκύπτει από το πινάκιο 16/σελ. 88 της FLL 2008.

5. Πλάνο Συντήρησης

Ο σχεδιασμός του φυτεμένου δώματος, η επιλογή της υποδομής, η επιλογή των φυτικών ειδών και του αρδευτικού δικτύου, είχε ως γνώμονα την ελαχιστοποίηση των αναγκών συντήρησης.

Για την βιωσιμότητα και την ασφάλεια της κατασκευής πρέπει να ακολουθείται ένα πρόγραμμα συντήρησης του φυτεμένου δώματος μετά την υλοποίηση του. Παρακάτω ακολουθεί αναλυτικό πλάνο συντήρησης για φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου:

5.1. Συντήρηση υποδομής φυτεμένου δώματος και προϊόντων υδροτεχνολογίας

Η συντήρηση της υποδομής φυτεμένου δώματος και των συμπληρωματικών προϊόντων υδροτεχνολογίας στην περίπτωση του εκτατικού και ημιεντατικού τύπου φυτεμένου δώματος αναλυτικά. Σε κάθε επίσκεψη ο συντηρητής πρέπει να ελέγχει τα κάτωθι:

5.1.1. Μεμβράνη στεγανοποίησης και αντιριζική μεμβράνη

Κατά την επίσκεψή του ο συντηρητής πρέπει να ελέγχει τα εμφανή σημεία των μεμβρανών, των σημείων στερέωσης, της μαστίχης κλπ. του φυτεμένου δώματος για τυχόν φυσικές φθορές, για πιθανή εισροή νερού, αποφλοιώση μεμβρανών και να δρα άμεσα, ώστε να αποκαθίσταται όποια φθορά και να αποφεύγονται ζημιές. Επίσης γίνεται προληπτικός έλεγχος για τυχόν διείσδυση ριζών στην αντιριζική μεμβράνη ή την μεμβράνη στεγάνωσης σε λεπτομέρειες του συστήματος όπως υδρορροές κλπ. και να απομακρύνονται οι ρίζες που πιθανόν να έχουν διεισδύσει.

5.1.2. Αποστραγγιστικό δίκτυο

Να γίνεται έλεγχος του αποστραγγιστικού δικτύου για τυχόν συσσώρευση πεσμένων φύλλων, υποστρώματος, ζιζανίων κ.ά. Στην περίπτωση που εντοπιστούν φερτά υλικά στο αποστραγγιστικό δίκτυο πρέπει να απομακρύνονται άμεσα και να καθαρίζονται καλά οι καρτέλες.

5.1.3. Φρεάτια ελέγχου

Άνοιγμα φρεατίων ελέγχου για επιβεβαίωση ότι οι υδρορροές παραμένουν καθαρές κι ότι γίνεται σωστά η απορροή. Σε περίπτωση που εντοπιστούν φερτά υλικά (υπόστρωμα, φύλλα κ.α.) πρέπει να απομακρύνονται αμέσως και να καθαρίζονται καλά οι οπές εξόδου του νερού.

5.1.4. Στοιχεία εγκιβωτισμού

Πρέπει να ελέγχονται ότι τα στοιχεία εγκιβωτισμού παραμένουν στην θέση τους και δεν έχουν μετακινηθεί. Γίνονται οι ανάλογες επιδιορθώσεις.

5.1.5. Υπόστρωμα ανάπτυξης

Έλεγχος των ζιζανίων στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών

5.1.6. Ζώνη διακοπής της φύτευσης

Γίνεται έλεγχος ώστε να καθαρίζεται το βότσαλο επιμελώς και να απομακρύνονται φύλλα ή τυχόν άλλα φερτά υλικά. Επίσης, περιορίζεται η ανάπτυξη των φυτών μέχρι τη ζώνη διακοπής τους.

5.2. Συντήρηση φυτικού υλικού

Έλεγχος Εγκατάστασης Βλάστησης. Ο έλεγχος της σωστής εγκατάστασης των φυτών είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την υγιή ανάπτυξή τους. Ανάλογα με την εποχή εφαρμογής των φυτεύσεων απαιτείται εντατική παρακολούθηση και συχνή άρδευση αμέσως μετά την εφαρμογή για να εξασφαλιστεί η ριζοβολία των φυτών προς εγκατάσταση.

Εργασίες συντήρησης φυτικού υλικού:

- Λίπανση φυτών με υδρολίπανση ή επιφανειακά το χειμώνα με λίπασμα αργής αποδέσμευσης.

- Απομάκρυνση ξερών τμημάτων από τα φυτά με κλαδευτικό ψαλίδι. Έλεγχος για υπερβολική εκτός ελέγχου βλάστηση και αφαίρεση του υπερανεπτυγμένου φυτικού υλικού με κλάδεμα για την διατήρηση της σωστής ανάπτυξης του φυτού και την διατήρηση της ζώνης αποκοπής βλάστησης.
- Βοτάνισμα: Απομάκρυνση ζιζανίων με το χέρι με τη χρήση ειδικών μη αιχμηρών εργαλείων, ώστε να μην τραυματιστεί η υποδομή του φυτεμένου δώματος.
- Καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών: αφού γίνει διάγνωση της προσβολής με μακροσκοπικό ή εργαστηριακό έλεγχο ακολουθεί η καταπολέμηση με χρήση βιολογικών πάντα σκευασμάτων. Έχουν επιλεγεί φυτικά είδη εξαιρετικά ανθεκτικά ώστε αυτή η εργασία να γίνεται μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις.
- Αντικατάσταση ξερών φυτών: στην περίπτωση που κάποιο φυτό ξεραθεί θα πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα.
- Απομάκρυνση ξερών φύλλων ή άλλων ξένων υλικών από το χώρο του φυτεμένου δώματος.

Η συντήρηση φυτικού υλικού του πράσινου δώματος θα γίνει σύμφωνα με τον Πίνακα 8, των εργασιών του 5ετούς πλάνου που ακολουθεί:

Πίνακας 8.

Α/Α	Περιγραφή εργασιών	1° Έτος			2° Έτος			3° Έτος			4° Έτος			5° Έτος		
		Φθίνο	Ανοιξ	Καλοκ	Φθίνο	Ανοιξ	Καλοκ	Φθίνο	Ανοιξ	Καλοκ	Φθίνο	Ανοιξ	Καλοκ	Φθίνο	Ανοιξ	Καλοκ
1	Υδρολίπανση, Λίπανση φυτών	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Κλάδεμα φυτών	X			X											
3	Βοτάνισμα χώρων φυτών	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	
4	Καταπολέμηση ασθενειών	(εφόσον απαιτηθεί)														

5	Αντικατάσταση ξερών φυτών, εάν απαιτηθεί		X		X		X		X		X		X		X
6	Έλεγχος άρδευσης	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Έλεγχος υποδομής	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

5.3. Συντήρηση αρδευτικού συστήματος

Για τη συχνότητα και την ποσότητα άρδευσης πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας την εποχή και τις ανάγκες σε νερό των ειδών που έχουν επιλεγθεί. Κατά την περίοδο εγκατάστασης των φυτών πρέπει να γίνεται συχνός έλεγχος του συστήματος άρδευσης, ώστε να εξασφαλίσουμε τη σωστή λειτουργία των προγραμματιστών και ότι τα φυτά λαμβάνουν τις σωστές ποσότητες σε νερό σύμφωνα με τις ανάγκες των επιλεγθέντων ειδών. Με την πάροδο του χρόνου πρέπει να γίνεται σταδιακή μείωση της ποσότητας νερού που λαμβάνουν τα φυτά, αραιώνοντας την συχνότητα και την ποσότητα άρδευσης (σκληραγωγή φυτών), έτσι ώστε τα φυτά μακροπρόθεσμα να έχουν τις λιγότερες κατά το δυνατό ανάγκες σε νερό. Τα φυτά που έχουν επιλεγεί είναι ξηροανθεκτικά.

Ο συντηρητής πρέπει να ελέγχει ότι λειτουργούν σωστά οι σταλάκτες και οι προγραμματιστές και να είναι σε ετοιμότητα για αντικατάσταση κάποιου υλικού σε περίπτωση που παρουσιαστεί βλάβη. Στους προγραμματιστές μπαταρίας γίνεται αντικατάσταση της μπαταρίας κάθε χρόνο.

Γενικότερα, δύο φορές το χρόνο, μια κατά την έναρξη και μια στα μέσα της αρδευτικής περιόδου, γίνεται γενική συντήρηση του δικτύου, κατά την οποία θα ελέγχεται όλο το δίκτυο, επαναρυθμίζονται οι πιέσεις, γίνεται καθαρισμός ή αντικατάσταση των επί μέρους εξαρτημάτων που παρουσιάζουν προβλήματα και γενική έκπλυση του δικτύου. Μετά το τέλος κάθε αρδευτικής περιόδου καθαρίζονται και αδειάζουν από νερό όλα τα φίλτρα.

Υπεύθυνος συντήρησης

Υπεύθυνος για την συντήρηση του φυτικού υλικού και την σωστή λειτουργία του συστήματος φυτεμένου δώματος ορίζεται η Διεύθυνση Πρασίνου του Δήμου Ήλιδας.

6. Καταγραφή των δομικών στοιχείων που συνδυάζονται με τη φύτευση

Περιμετρικά του φυτεμένου δώματος προβλέπεται διάδρομος από διάτρητα πατήματα (πλαστικός κυβόλιθος (Εικ. 11), έτσι ώστε ,αφενός να είναι δυνατή η περιήγηση για λόγους συντήρησης αφετέρου να μη μειώνεται η επιφάνεια πρασίνου.

Ακολουθεί ο Πίνακας 9 με τα χαρακτηριστικά του υλικού.

Εικόνα 11. Πλαστικός κυβόλιθος



Πίνακας 9.

Πλάτος	38,8 cm
Ύψος	5,1 cm
Βάρος	1,27 Kg/τεμ
υλικό	HDPE
Αντοχή	3 t/m ²
Χρώμα	πράσινο
Τεμ/m ²	4,4

Βιβλιογραφία

- Bougol, S., S. Ruy, F. Groot, and T. Boulard. 2005. Hydraulic and physical properties of stonewool substrates in horticulture. *Scientia Horticulturae* 104:391-405.
- FLL-Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2008. Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. Richtlinien für Dachbegrünungen (Guideline for the planning, execution and upkeep of green-roof sites). Selbstverlag, Troisdorf.
- Kotsiris, G., A. Androutsopoulos, and G. Kotopoulis. 2009. A Comparison of insulation characteristics between a planted roof and a roof varnished with a high performance reflective material, XXXIII CIOSTA-CIGR Conference, v. 3: 2047-2051. Reggio Calabria, Italy.
- Kotsiris, G., Androutsopoulos, A., Polychroni, E. and Nektarios, P.A. 2012a. Dynamic U-value estimation and energy simulation for green roofs. *Energy and Buildings* 45: 240–249.
- Κοτσίρης Γιώργος. Διερεύνηση της επίδρασης των υποστρωμάτων των φυτοκαλυμμένων δωματίων στην ανάπτυξη των φυτών και στο συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών. Διδακτορική Διατριβή. ΓΠΑ, 2012.
- Kotsiris, G., and P. A. Nektarios, Ntoulas, N, Kargas, G. 2013. An adaptive approach of intensive green roofs in the Mediterranean climatic region. *Urban Forestry & Urban Greening*. Article in press (<http://dx.DOI.org/10.1016/j.ufug.2013.05.001>)
- Maidment, D.R., editor, *Handbook of Hydrology*. 1993. McGraw-Hill INC. New York, 1993.
- Nektarios, P.A., N. Ntoulas, G. Kotsiris, E. Nydrioti, D. Varela, T. Kapsali, I. Kokkinou, E. Reisi, I. Amountzias, The adaptive approach as a means to increase green roofing the

mediterranean basin, *11th International Phytotechnologies Conference*, Heraklion, Crete, 30 Sept. – 3 Oct. 2014.

Onmura, S., M. Matsumoto, and S. Hokoi. 2001. Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens, *Energy and Buildings* 33:653-666.

Παράρτημα

Σχέδιο 1. Κάτοψη δώματος

Σχέδιο 2. Σχέδιο φύτευσης

Σχέδιο 3. Σχέδιο άρδευσης