

ΕΚΤΑΤΙΚΑ ΦΥΤΟΔΩΜΑΤΑ: ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΣΕ ΞΗΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΑ

Π.Α. Νεκτάριος, Ν. Ντούλας, Ε. Νυδριώτη, Γ. Κοτοπούλης, Ι. Αμούντζας, Η. Κοκκίνου, Θ. Καψάλη & Δ. Βαρελά

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα

Περίληψη

Τα εκτατικά φυτοδώματα αποτελούν τη μοναδική λύση για εγκατάσταση φυτοκάλυψης σε παλαιωμένα κτίρια αλλά η εφαρμογή τους σε Μεσογειακές περιοχές είναι προς το παρόν ελάχιστη. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μικρό βάθος του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών, στην απαίτηση για μηδενικές εισροές και διαχείριση και στη μη προσβασιμότητας του δώματος από τους επισκέπτες. Για το λόγο αυτό προτείνεται η ευέλικτη λύση των ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων όπου περιορισμένες εισροές και διαχειριστικές πρακτικές είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις (εκτατικά και ημι-εκτατικά), η επιτυχία και βιωσιμότητα του φυτοδώματος επιτυγχάνεται μέσα από την ισορροπία τεσσάρων βασικών παραμέτρων οι οποίες αλληλεπιδρούν και αλληλοεπηρεάζονται: α) το βάθος του υποστρώματος ανάπτυξης, β) το είδος του υποστρώματος ανάπτυξης, γ) το φυτικό είδος που χρησιμοποιείται και δ) τις εισροές (άρδευση και θρέψη).

Λέξεις κλειδιά: ημι-εκτατικά φυτοδώματα, υποστρώματα ανάπτυξης, υδατική καταπόνηση, αυτοφυή φυτά, διαχείριση υδατικών πόρων

1. Αστικό Τοπίο και Φυτοδώματα

Η συνεχής και άναρχη αύξηση της αστικοποίησης έχει οδηγήσει στη δημιουργία αφιλόξενων πόλεων οι οποίες χαρακτηρίζονται από την ολοκληρωτική κάλυψη από σκληρά υλικά και την έλλειψη ανοικτών χώρων και χώρων πρασίνου. Η απρογραμμάτιστη υπερσυγκέντρωση πληθυσμού στα αστικά κέντρα με την ταυτόχρονη καταγιστική οικοδόμηση όλων των ελεύθερων χώρων, έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος και κατ' επέκταση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων.

Το αστικό μικροκλίμα έχει αποκτήσει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και διαφέρει από αυτό των αγροτικών περιοχών καθώς χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρύπων, την αυξημένη θερμοκρασία και τη μειωμένη ατμοσφαιρική υγρασία και πνοή ανέμων. Επιπλέον η διαρκής μείωση του πρασίνου στα κέντρα και την περιφέρεια των πόλεων μεταβάλλει το οικοσύστημα και επιδρά δυσμενώς στο κλίμα, την υδατική οικονομία, την πανίδα, την αισθητική του περιβάλλοντος και τη ψυχική και φυσική υγεία των ανθρώπων. Ως αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών αυτών έχουν κάνει την εμφάνισή τους διάφορα δυσμενή κλιματικά φαινόμενα όπως το "φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας" και το "φαινόμενο του θερμοκηπίου".

Για την αναστροφή των δυσμενών επιπτώσεων της άναρχης και υπερβολικής οικοδόμησης στο αστικό μικροκλίμα και περιβάλλον, απαιτείται η δημιουργία ελευθέρων χώρων εντός του αστικού ιστού. Λόγω της καθολικής οικοδόμησης των αστικών χώρων, αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την απαλλοτρίωση και κατεδάφιση υπαρχόντων κτιρίων σε κλίμακα οικοδομικών τετραγώνων, είτε με τη φυτοκάλυψη των ίδιων των κτιριακών χώρων. Η πρώτη μεθοδολογία κρίνεται ως ιδιαίτερα χρονοβόρα και δαπανηρή οπότε η σύγχρονη τάση ενίσχυσης του αστικού πρασίνου σε δομημένους χώρους έχει επικεντρωθεί στη φυτοκάλυψη δωμάτων και τοιχοποιίας.

Η φυτοκάλυψη των δωμάτων αποτελεί μετεξέλειξη αρχαιοτάτων τεχνικών ώστε να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις του αστικού τοπίου. Αν και το νομικό πλαίσιο που αφορά τα φυτοδώματα ποικίλλει από χώρα σε χώρα γίνεται γενικά αποδεκτό πως αυτά αποτελούν έναν αντικαταστάτη της "χαμένης βλάστησης" εντός της αστικής επιφάνειας", ενώ συμβάλλουν στη βελτίωση των αστικών περιβαλλοντικών παραμέτρων και στο βιοτικό

επίπεδο των κατοίκων. Έτσι, στη Γερμανία η φυτοκάλυψη των δωμάτων είναι υποχρεωτική σε διάφορα κρατίδια. Στο Τόκιο, η ανάγκη της μείωσης του «φαινομένου της αστικής θερμής νησίδας» οδήγησε στη θέσπιση νόμων που προέβλεπαν την κάλυψη όλων των μεγάλων κτηρίων με φυτικό υλικό, τουλάχιστον στο 20% της επιφάνειάς τους. Στο Portland του Oregon, όπου τα φυτεμένα δώματα εκτιμούνται για την προσφορά τους στην αποθήκευση όμβριων υδάτων και στην εξυγίανση του τοπικού υδατικού περιβάλλοντος, οι κατασκευαστές κτιρίων επιτρέπεται να αυξήσουν την πυκνότητα εγκατάστασής τους μόνο μετά από μελέτη και υλοποίηση φύτευσης στα δώματα. Στο Σικάγο, η θέσπιση νόμων για τη φύτευση δωμάτων υιοθετήθηκε ως λύση για τη μείωση των αυξημένων θερμοκρασιών της πόλης, ενώ στην Ελβετία, επιβάλλεται στο 25% όλων των εμπορικών κτηριακών συγκροτημάτων, για τη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος.

2. Κατηγοριοποίηση των φυτοδωμάτων

Ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος και κατ' επέκταση των φυτικών ειδών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθώς και της έντασης της διαχείρισής τους τα φυτοδώματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

Εκτατικός τύπος (Extensive): Πρόκειται για κατασκευές με μικρό βάθος υποστρώματος (5-15 cm), μικρό βάρος (έως 120 kg m⁻²), ελαχιστοποιημένες ανάγκες διαχείρισης και εισροής πόρων, οι οποίες συνήθως δεν είναι προσβάσιμες στους χρήστες των κτηρίων. Ο στόχος της κατασκευής τους είναι η δημιουργία ενός οικοσυστήματος και χρησιμοποιούνται ποώδη φυτά χαμηλής ανάπτυξης καθώς και φυτά εδαφοκάλυψης.

Εντατικός τύπος (Intensive): Αφορά φυτοδώματα τα οποία δεν έχουν περιορισμό βάθους και κατ' επέκταση φορτίων όπου δύναται να χρησιμοποιηθεί πληθώρα φυτικών κατηγοριών (εδαφοκάλυψη, πόρες, θάμνοι, δένδρα) και απαιτεί αυξημένες εισροές πόρων και διαχείρισης, ενώ μπορεί να φύλοξενήσει και κατασκευές όπως στοιχεία νερού, πέργολες, καθιστικά, κ.ά. Οι χώροι αυτοί είναι προσβάσιμοι και χρησιμοποιούνται διαφέρουν από ένα κοινό κήπο ή πάρκο.

Ημιεντατικός τύπος (Simple Intensive): Πρόκειται για ενδιάμεση κατηγορία μεταξύ των δύο προηγούμενων

όπου το βάθος του υποστρώματος μεταβάλλεται μεταξύ 15-25 cm και μπορεί να φιλοξενήσει ποώδη φυτά, μικρούς θάμνους και χλοοτάπητες, ενώ απαιτούνται μέτριες εισροές σε πόρους και δύνανται να είναι προσβάσιμοι στους χρήστες.

Ημι-εκτατικό (Semi-extensive): Πρόκειται για ενδιάμεση κατηγορία η οποία χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά των εκτατικών φυτοδωμάτων προσθέτοντας εισροή πόρων (άρδευση) και επιτρέποντας την πρόσβαση στους χρήστες. Η κατηγορία αυτή έχει προταθεί από το Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΓΠΑ,

και αποτελεί τη βέλτιστη λύση για τις Μεσογειακές και ημι-ερημικές κλιματικές ζώνες όταν υπάρχουν περιορισμοί στις αντοχές των κτιριακών εγκαταστάσεων σε επιπρόσθετα φορτία (Εικ. 1).

3. Εφαρμογή των εκτατικών φυτοδωμάτων στο σύγχρονο αστικό τοπίο.

Παρά τα πολυάριθμα οφέλη των φυτοδωμάτων, η κατασκευή τους προσχωρά με αργούς ρυθμούς σε χώρες όπου απουσιάζει η παροχή οικονομικών κινήτρων, όπως είναι η έκπτωση στη φορολογία ή οι επιχορηγήσεις.



Εικόνα 1. Πειραματικά ημι-εκτατικά φυτοδώματα στο Εργ. Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών με κάλυψη χλοοτάπητα (Αρχείο Ν. Ντούλα).

Επιπλέον η δημιουργία φυτοδωμάτων σε περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μικρή ή ελάχιστη βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, περιορίζεται σε κτίρια τα οποία δύνανται να αντέξουν στα επιπρόσθετα φορτία του φυτοδωμάτους ημι-εντατικού ή εντατικού τύπου καθώς ελάχιστα φυτά μπορούν να ανταπεξέλθουν στις άνυδρες κλιματικές συνθήκες όταν αυτές συνδυάζονται με το μικρό βάθος υποστρώματος και τις έντονες καταπονήσεις (αέρας, θερμοκρασία, ψύχος, ένταση φωτός) ενός φυτοδωμάτου. Ως αποτέλεσμα, η ήδη περιορισμένη κατασκευή των φυτοδωμάτων λόγω έλλειψης οικονομικών κινήτρων, μειώνεται περαιτέρω λόγω της στατικής αντοχής των κτιρίων.

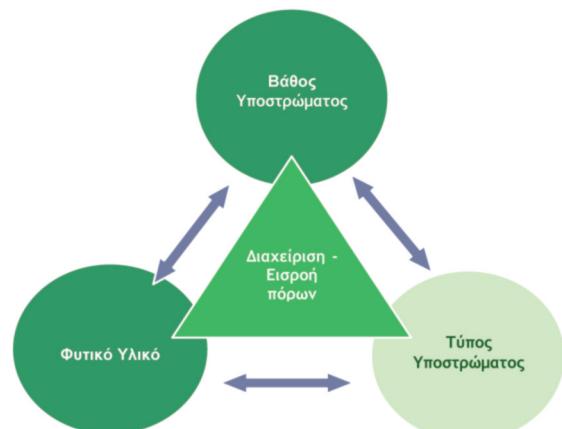
Εκτός από το οικονομικό και στατικό προβληματισμό περί της εφαρμογής των φυτοδωμάτων σε ημι-ξηρικές περιοχές το πρόβλημα αναδεικνύεται ως πολυσύνθετο διότι τα δυσμενή περιβαλλοντικά και κλιματικά φαινόμενα λαμβάνουν χώρα, ως επί των πλείστων, στις παλαιότερες περιοχές του αστικού ιστού στις οποίες σε μεγάλο ποσοστό οι κάτοικοι διαθέτουν μειωμένα ή ελάχιστα εισοδήματα. Έτσι, η κατασκευή των φυτοδωμάτων έρχεται αντιμέτωπη με ένα αντιφατικό παράδοξο: η κατασκευή τους θα ήταν περιβαλλοντικά εποικοδομητικότερη σε περιοχές στις οποίες η υλοποίησή τους είναι δυσχερής είτε λόγω παλαιότητας των κτιρίων είτε λόγω οικονομικής αδυναμίας των κατοίκων.

Μπροστά στο δίλλημα αυτό το ΓΠΑ έρχεται να δώσει λύση μέσω της πρότασης για χρήση και υιοθέτηση των ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων. Με τα ημι-εκτατικά φυτοδώματα το βάρος της κατασκευής ελαχιστοποιείται, το πλήθος των φυτικών ειδών που μπορούν να συμμετέχουν αυξάνεται, ενώ ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα επισκεψιμότητας και χρήσης των δωμάτων γεγονός το οποίο δικαιολογεί το κόστος επένδυσης για την κατασκευή. Επιπλέον, η εισροή πόρων όπως το νερό άρδευσης, αυξάνει τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού CO_2 μέσω της βελτιωμένης ανάπτυξης των φυτών και ταυτόχρονα συνεισφέρει στην αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας και στη μείωση της ατμο-

σφαιρικής θερμοκρασίας και της κτιριακής ενέργειας μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής των φυτών. Η επιλογή των ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων συνεισφέρει και στην αποφυγή της μονοκαλλιέργειας από παχύφυτα φυτά με φυσιολογία CAM (*Sedum sp.*) τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στα εκτατικά φυτοδώματα, ώστε να υπάρξει ταχύτερη και αποτελεσματικότερη εγκατάσταση της πανίδας.

4. Παράγοντες που επιδρούν στην επιτυχή και βιώσιμη εγκατάσταση εκτατικών φυτοδωμάτων

Για την επιτυχή και βιώσιμη εγκατάσταση φυτοδωμάτων στις ημι-ερημικές/ξηρικές περιοχές απαιτείται να βρεθεί μια ισορροπία μεταξύ τεσσάρων παραγόντων: α) του είδους του υποστρώματος, β) του βάθους του υποστρώματος, γ) του είδους των φυτικών ειδών και δ) της εισροής πόρων στο σύστημα, όπως είναι το νερό και τα θρεπτικά συστατικά. Η ισορροπία αυτή δεν είναι μοναδική αλλά μεταβάλλεται σύμφωνα με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τεσσάρων παραγόντων (Διάγρ. 1).



Διάγραμμα 1: Αλληλεπίδραση των τεσσάρων σημαντικότερων παραγόντων που συνεισφέρουν στην επιτυχή και βιώσιμη ανάπτυξη των εκτατικών φυτοδωμάτων.

Κάθε ένας από τους τέσσερεις αυτούς παράγοντες είναι σημαντικός για τη βιωσιμότητα των εκτατικών φυτοδωμάτων και μπορεί να υποκατασταθεί εν μέρει από κάποιον άλλο. Για να γίνει πιο κατανοητό δίνεται το παρακάτω παράδειγμα: η βιωσιμότητα ενός εκτατικού φυτοδωμάτου μπορεί να διατηρηθεί μειώνοντας το βάθος του υποστρώματος από 15 σε 7,5 cm είτε με τη χρήση υπερανθεκτικών φυτικών ειδών στις καταπονήσεις και ιδιαίτερα σε αυτή της ξηρασίας είτε με την αύξηση των εισροών (άρδευση) είτε με τη χρήση υποστρώματος με μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας. Αντίθετα, οι εισροές (άρδευση) μπορούν να μειωθούν κατά 50% όταν το βάθος του υποστρώματος αυξηθεί από 7,5 σε 15 cm. Με βάση τα παραπάνω είτε η αύξηση του βάθους του υποστρώματος είτε η αύξηση των εισροών είτε συνδυασμός αυτών διευκολύνει και διευρύνει τη χρήση περισσότερων φυτικών ειδών στα εκτατικά φυτοδώματα.

Για την επιτυχή εγκατάσταση εκτατικών και ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων στις άνυδρες περιοχές της Μεσογείου απαιτείται απάντηση στα παρακάτω θεμελιώδη ερωτήματα: α) τι είδους υπόστρωμα πρέπει να χρησιμοποιείται και σε ποιο βάθος, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το βάρος του φορτίου, αλλά ταυτόχρονα να παρέχει βιώσιμη ανάπτυξη των φυτών, β) ποια φυτά θα μπορούν να έχουν επαρκή και βιώσιμη ανάπτυξη στο συγκεκριμένο είδος πράσινων στέγων με ελάχιστες εισροές πόρων, και γ) τί ποσότητα άρδευσης θα απαιτηθεί στις σκληρές ημι-ερημικές κλιματικές συνθήκες της περιοχής της Μεσογείου ώστε να διατηρηθεί η ανάπτυξη των φυτών. Προκειμένου να δοθούν επαρκείς απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά απαιτείται διεξοδική ανάλυση των παραπάνω τεσσάρων βασικών παραγόντων.

4.1. Είδος Υποστρώματος

Το βάρος ενός εκτατικού φυτοδωμάτου εξαρτάται κυρίως από το υπόστρωμα, ενώ το βάρος του φυτικού υλικού είναι σχεδόν αμελητέο. Ως εκ τούτου για να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση του βάρους του φυτοδωμάτου απαιτείται αφενός η χρήση ελαφρών υλικών και αφετέρου η όσο το δυνατό μεγαλύτερη μείωση του βάθους του υπο-

στρώματος. Ωστόσο, εκτός από την ελαχιστοποίηση του βάρους, τα υποστρώματα των φυτοδωμάτων οφείλουν να πληρούν και άλλα κριτήρια, όπως είναι η διατήρηση επαρκούς υγρασίας για την ανάπτυξη των φυτών, η διευκόλυνση της ταχείας αποστράγγισης της περίσσειας του νερού, η παροχή θρεπτικών συστατικών, και η υποστήριξη και αγκυροβόληση των φυτών.

4.1.1. Προδιαγραφές υποστρώματος ανάπτυξης εκτατικών φυτοδωμάτων

Οι προδιαγραφές νοούνται οι κατευθυντήριες οδηγίες που υφίστανται έως σήμερα (FLL, 2008) και έχουν δημιουργηθεί στη Γερμανία καθώς και οι πρόσφατες των ΗΠΑ οι οποίες έχουν μικρές διαφοροποιήσεις από τις Γερμανικές (ASTM WK25385, 2009). Για τα εκτατικά φυτοδώματα το βάθος μπορεί να μεταβάλλεται από 4-20 cm, ενώ υποδεικνύεται και η επιλογή της χλωρίδας ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος ανάπτυξης (Πίν. 1).

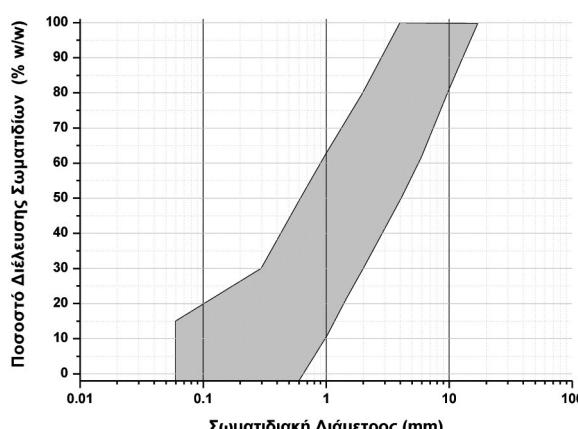
Όσον αφορά τη μηχανική σύσταση (κοκκομετρία) για τα εκτατικά φυτοδώματα, το άθροισμα της ίλιος και της αργίλλου πρέπει να είναι μικρότερο από 15% κατά βάρος, ενώ η μέγιστη σωματιδιακή διάμετρος δε θα πρέπει να υπερβαίνει 12 mm εάν το βάθος του υποστρώματος είναι έως 10 cm, ενώ αντίθετα εάν το βάθος του υποστρώματος υπερβαίνει τα 10 cm τότε η μέγιστη σωματιδιακή διάμετρος δε πρέπει να υπερβαίνει τα 16 mm (Διάγρ. 2). Η οργανική ουσία οφείλει να είναι μικρότερη από 65 g L⁻¹, η ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας στον κορεσμό μεταξύ 35% και 65% κατ' όγκο, το πορώδες σε pH 1.8 πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 20% κατ' όγκο, το pH μεταξύ 6,0-8,5, και η ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 3,5 g L⁻¹.

4.1.2 Επιλογή υποστρωμάτων εκτατικών φυτοδωμάτων

Πολλαπλά ελαφρά υλικά έχουν διερευνηθεί σχετικά με την καταλληλότητα συμμετοχής τους στη σύσταση υποστρωμάτων εκτατικών φυτοδωμάτων (Beattie and Berghage, 2004; Nektarios et al., 2011; Rowe et al., 2006; Thuring et al., 2010).

Πίνακας 1: Επιλογή φυτικής κατηγορίας ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος ανάπτυξης.

Φυτικά είδη	Βάθος Υποστρώματος (cm)							
	4	6	8	10	12	15	18	20
Βρύα και παχύφυτα (<i>Sedum sp</i>)								
Βρύα, παχύφυτα (<i>Sedum sp</i>) και ποώδη φυτά								
Παχύφυτα (<i>Sedum sp</i>), ποώδη φυτά και γρασίδια								
Ποώδη φυτά και γρασίδια								



Διάγραμμα 2. Προτεινόμενο εύρος μηχανικής ανάλυσης (κοκκομετρία) των υποστρωμάτων ανάπτυξης των εκτατικών φυτοδωμάτων σύμφωνα με τις οδηγίες FLL (2008).

Οι Beattie και Berghage (2004) υποστήριξαν ότι το υπόστρωμα πρέπει να αποτελείται κυρίως από ανόργανα υλικά, ενώ μεγάλες ποσότητες από κομποστοποιημένες ή άλλες οργανικές ουσίες θα πρέπει να αποφεύγονται σε υψηλά ποσοστά λόγω της καθίζησης του υπόστρωματος που προκύπτει λόγω της αποδόμησής τους (Williams et al., 2010). Οι Rowe et al. (2006) αξιολόγησαν τη χρήση θερμικά διογκωμένου σχιστόλιθου στη δημιουργία, ανάπτυξη και επιβίωση φυτών *Sedum* και άλλων αυτοφυών φυτών. Οι ερευνητές διερεύνησαν την προσθήκη 60%, 70%, 80%, 90%, και 100% του διογκωμένου σχιστόλιθου στο μίγμα υπόστρωματος σε συνδυασμό με διάφορες αναλογίες άμμου, τύρφης και κομπόστ. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα υπόστρωματα με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε διογκωμένο σχιστόλιθο οδήγησαν σε ελαφρά μείωση της ανάπτυξης των φυτών και της οπτικής ποιότητας, ανεξαρτήτως των φυτικών ειδών που μελετήθηκαν. Αντίθετα μέτρια/μεγάλα ποσοστά συμμετοχής του διογκωμένου σχιστόλιθου (έως 80%) δεν είχαν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών, ενώ μειώθηκε και το βάρος του φορτίου της κατασκευής.

Οι Thuring et al. (2010) αξιολόγησαν τα αποτελέσματα της διογκωμένης αργύλου και του διογκωμένου σχιστόλιθου τα οποία ήταν εμπλουτισμένα με κομποστοποιημένα υπολείμματα μανιταροκαλιέργειας στην ανάπτυξη και το ξηρό βάρος πέντε παχυφύτων και ποωδών φυτών. Παρά τις κάποιες μεμονωμένες αντιδράσεις των φυτών, βρήκαν ότι η ανάπτυξη των φυτών βελτιώθηκε στη διογκωμένη άργυρο σε σχέση με το διογκωμένο σχιστόλιθο λόγω της καλύτερης συγκράτησης της υγρασίας και των θρεπτικών στοιχείων ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια περιόδων καταπόνησης σε υγρασία.

Οι Nektarios et al. (2011) σε μελέτη εκτατικών φυτοδωμάτων με συμμετοχή του αυτοφυούς είδους *Dianthus fruticosus* sub. *fruticosus* μελέτησαν δύο είδη υπόστρωματος τα οποία περιελάμβαναν ελαφρόπετρα, περλίτη, ζεόλιθο και κομπόστ (Εικ. 2). Τα υλικά αυτά δοκιμάστηκαν με και χωρίς τη συμμετοχή αμμοπηλώδους εδάφους.



Εικόνα 2. Ανάπτυξη του *Dianthus fruticosus* sub. *fruticosus* χωρίς την εισροή πόρων για 2 έτη (παντελής έλλειψη άρδευσης) (Αρχείο Ε. Νυδριώτη).

Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι υγρασία του υπόστρωματος αυξήθηκε στο υπόστρωμα που περιελάμβανε το αμμοπηλώδες έδαφος κατά τη διάρκεια της καταπόνησης σε έλλειψη υγρασίας, γεγονός το οποίο δεν είχε επιδραση στην ανάπτυξη των φυτών κατά το πρώτο έτος. Αντίθετα κατά το δεύτερο έτος της πειραματικής μελέτης το υπόστρωμα με συμμετοχή του αμμοπηλώδους εδάφους βελτίωσε την ανάπτυξη των φυτών (δεδομένα υπό δημιουργείστη).

4.2. Βάθος υπόστρωματος

Το βάθος του υπόστρωματος είναι το δεύτερο στοιχείο το οποίο έχει άμεση επίδραση στο βάρος του φυτοδώματος, στο κόστος κατασκευής αλλά και στην επιβίωση και στην ανάπτυξη των φυτών. Το βάθος του υπόστρωματος αποτελεί σημαντικότατο παράγοντα, ο οποίος επιδρά στην ανάπτυξη των φυτών και για το λόγο αυτό έχει διερευνηθεί από πολλούς ερευνητές οι οποίοι ως στόχο είχαν να προσδιορίσουν το μικρότερο βάθος στο οποίο τα φυτά θα μπορούσαν να έχουν βιώσιμη και ικανοποιητική ανάπτυξη (Εικ. 3). Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας είναι συνεπή καθώς η ανάπτυξη των φυτών, και η βελτίωση του ποσοστού επιβίωσης αυτών, αυξάνεται ταυτόχρονα με την αύξηση του βάθους του υπόστρωματος (Boivin et al., 2001; Dunnett et al., 2007; Durhman et al., 2007; Getter και Rowe, 2006; Thuring et al., 2010; VanWoert et al, 2005). Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση και κλιματική οικολογική ζώνη, είναι ενδιαφέρον να καθοριστεί το ελάχιστο βάθος υπόστρωματος το οποίο επιτυγχάνει επαρκή βιώσιμότητα και ικανοποιητική οπτική ποιότητα του φυτοδώματος για δεδομένες εισροές πόρων.

4.3. Επιλογή φυτικού υλικού

Αναμφισβήτητα η τελική επιτυχία ενός εκτατικού φυτοδώματος αξιολογείται από την επιβίωση και τη βιώσιμη ανάπτυξη των φυτών. Συνεπώς, η επιλογή του κατάλληλου φυτικού υλικού το οποίο διαθέτει την ικανότητα αντοχής στις καταπονήσεις που υφίστανται στα εκτατικά φυτοδώματα και υπό συνθήκες ελάχιστης διαχείρισης θεωρείται υψίστης σημασίας.

Η επιλογή του φυτικού υλικού για εκτατικά φυτοδώματα έχει αποτελέσει το στόχο πολλαπλών ερευνών. Μέχρι σήμερα τα πιο επιτυχημένα φυτικά είδη θεωρούνται τα παχύφυτα και ιδιαίτερα αυτά που προέρχονται από το γένος *Sedum* λόγω του μεταβολισμού Crassulean Acid Metabolism (CAM) και του επιφανειακού ριζικού συστήματος που διαθέτουν (Durhman et al., 2007; Getter and Rowe, 2008 και 2009; Monterusso et al., 2005; Nagase και Dunnett, 2010; Snodgrass, 2005; VanWoert et al., 2005; Wolf και Lundholm, 2008).

Όμως η αναγκαιότητα της χρήσης των ειδών *Sedum* η οποία μέχρι σήμερα έχει καταστεί αναγκαία στα εκτατικά φυτοδώματα λόγω της απουσίας άρδευσης όπως υποδεικνύεται από τις τυπικές οδηγίες αρχίζει να κλονίζεται με την εισαγωγή της ιδέας των ευέλικτων ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων

Έτσι όλο και περισσότεροι ερευνητές προσπαθούν να αυξήσουν τον αριθμό των φυτών που δυνητικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε εκτατικού τύπου φυτοδώματα όταν ελάχιστες εισροές σε άρδευση είναι διαθέσιμες (Αμούντζιας κ.α., 2011; Bousselot et al., 2011; Ntoulas et al., 2012; Περγαλιώτη & Παπαφωτίου. 2011a, β; Παπαναστασάτος & Παπαφωτίου. 2011a, β). Οι Benvenutti and Bacci (2010) έλεγχαν την ικανότητα 20 ξηροφυτικών φυτών της Μεσογειακής χλωρίδας σε βάθη 15 και 20 cm και διαπίστωσαν ότι στα βάθη αυτά όλα τα φυτά μπόρεσαν να επιβιώσουν στις απαιτητικές συνθήκες των φυτοδωμάτων χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε άρδευση. Οι Ntoulas et al. (2012) χρησιμοποίησαν το σκεπτικό των ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων προκειμένου να διαπιστώσουν την αντοχή στην καταπόνηση της έλλειψης υγρασίας σε χλοοτάπητα *Zoysia matrella* 'Zeon' σε βάθη 7,5 και 15 cm.



Εικόνα 3. Διαφορά στη σύσταση των φυτοκοινοτήτων ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος το οποίο διαφοροποιείται μόλις 2,5 cm (Penn State University, USA, Building of Forestry Dept.) (Αρχείο Δρ. Π.Α. Νεκτάριου).

4.3.1. Κριτήρια επιλογής αυτοφυών φυτών για την εγκατάσταση εκτατικών και ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων

Λόγω των απαιτητικών και δύσκολων συνθηκών στις οποίες υπόκειται το φυτικό υλικό ενός εκτατικού φυτοδώματος η επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών περιορίζεται καθώς οφείλουν να συμμορφώνονται με διάφορα κριτήρια (Dunnott και Kingsbury, 2010). Τα κριτήρια αυτά περιλαμβάνουν:

1. αντοχή στις θερμοκρασιακές ακρότητες κάθε περιοχής (υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες)
2. αντοχή στην καταπόνηση από έλλειψη υγρασίας
3. Αντοχή στην υψηλή ένταση φωτός
4. Αντοχή στη σκιάση
5. Να μην είναι εύφλεκτα
6. Να έχουν μειωμένη ροπή αστάθειας και ανατροπής
7. Να διαθέτουν επιφανειακό ριζικό σύστημα το οποίο να μην είναι επιθετικό
8. Να μην εμφανίζουν έντονη ζιζανιοποίηση

4.3.2. Επιλογή μεταξύ ξενικών και αυτοφυών φυτών στην εγκατάσταση εκτατικών και ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων

Λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων επιλογής φυτικού υλικού για την εγκατάσταση εκτατικών φυτοδωμάτων υπάρχει η αναγκαιότητα χρήσης και αυτοφυών και ξενικών φυτών. Παρ' όλα αυτά τα αυτοφυή φυτά προτιμούνται λόγω της προσαρμοστικότητας τους στις τοπικές κλιματικές συνθήκες, το γνωστό τρόπο της ανάπτυξης τους στις συγκεκριμένες κλιματικές ζώνες έτσι ώστε να μην υπάρξει πιθανότητα ζιζανιοποίηση αυτών, και λόγω της συμβολής τους στην επαναφορά της απολεσθείσας χλωρίδας στο αστικό περιβάλλον (Bousselot et al., 2011; Dunnott and Kingsbury, 2010; Nagase and Dunnott, 2010).

Επίσης τα αυτοφυή φυτά δημιουργούν και παρέχουν ένα οικείο περιβάλλον για την εγκατάσταση και ανάπτυξη της τοπικής πανίδας της κάθε περιοχής, συμπεριλαμβανομένης και της έλξης των εντόμων/επικονιαστών, συνεισφέροντας με τον τρόπο αυτό στη βιοποικιλότητα των φυτοδωμάτων και τον εμπλουτισμό της υπάρχουσας βλάστησης με ακόμη περισσότερα είδη της αυτοφυούς χλωρίδας (Nagase and Dunnott, 2010).

Οστόσο, η ποικιλία των αυτοφυών φυτικών ειδών που δύνανται να επιλεγούν μειώνεται σημαντικά στις δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες και μικρό βάθος του υποστρώματος των εκτατικών φυτοδωμάτων. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι Monterusso et al. (2005), μετά την διερεύνηση 18 αυτοφυών φυτών του Michigan ως πιθανούς υποψήφιους για εκτατικά φυτοδώματα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μόνο τέσσερα είδη ήταν σε θέση να επιβιώσουν σε μη αρδευόμενα εκτατικά φυτοδώματα. Κατά συνέπεια, η χρήση των αυτοφυών φυτών σε εκτατικά φυτοδώματα είναι κατάλληλη υπό ορισμένες προϋποθέσεις που αφορούν την άρδευση, το βάθος του υποστρώματος και τα επίπεδα των θρεπτικών ουσιών.

5. Άρδευση

Σε ημι-εκτατικά φυτοδώματα η άρδευση μπορεί να αντισταθμίσει τη μείωση του βάθους του υποστρώματος (Dunnott and Nolan, 2002; Nektarios et al., 2011; VanWoert et al., 2005). Παρά το γεγονός ότι οι κατευθυντήριες οδη-

γίες (FLL, 2008) έχουν διατυπωθεί για βόρεια κλίματα και παρέχουν ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με την άρδευση των φυτοδωμάτων, έχει αναγνωριστεί από πολλούς ερευνητές ότι σε εάν ένα φυτοδώμα εκτατικού τύπου πρόκειται να εγκατασταθεί σε ημι-ερημικά τοπία με ετήσια βροχόπτωση μικρότερη των 500 mm, όπου ανήκει η Αττική, οι Κυκλαδες, η Ανατολική Πελοπόνησος και Κρήτη και η Κύπρος, η άρδευση ενδέχεται να είναι αναγκαία, ειδικά κατά τα πρώτα ένα ή δύο χρόνια από την εγκατάσταση καθώς και κατά τις περιόδους με ισχυρή και επίμονη ξηρασία (Getter και Rowe, 2006; Latocha και Battorska, 2007; Williams et al., 2010; Wolf and Lundholm, 2008). Ol Thuring et al. (2010) διαπίστωσαν ότι εκτός από την ποσότητα της άρδευσης, η χρονική στιγμή της επιβολής της καταπόνησης της ξηρασίας, είχε επίσης σημαντικό αντίκτυπο στην επιβίωση του φυτών των εκτατικών φυτοδωμάτων. Έτσι διαπιστώθηκε ότι όταν η ξηρασία υφίστατο σύντομα μετά την εγκατάσταση των φυτών στο δώμα, υπήρχαν αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και στην επιβίωσή τους. Αντίθετα όταν η ξηρασία ελάμβανε χώρα μετά την πλήρη εγκατάσταση των φυτών η επιβίωση και ανάπτυξή τους ήταν ικανοποιητικότερη.

5.1. Οικολογική και Περιβαλλοντική συνεισφορά των εκτατικών και ημι-εκτατικών φυτοδωμάτων

Ένα πρόσθετο ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί όσον αφορά τη δυνατότητα εφαρμογής ή όχι της άρδευσης στα εκτατικά φυτοδώματα αφορά το γεγονός ότι τα αρδευόμενα φυτά αναμένεται να συμβάλουν αποτελεσματικότερα στον περιορισμό των φαινομένων των "αστικών θερμικών νησίδων" και του "φαινομένου του θερμοκηπίου" καθώς στην πρώτη περίπτωση η εξατμισδιαπονή συμβάλει στη μείωση των αναγκών των κτηρίων σε ψύξη ενώ ταυτόχρονα μειώνει και την ατμοσφαιρική θερμοκρασία, ενώ στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει βελτίωση της δέσμευσης του CO₂ λόγω μεγαλύτερης ανάπτυξης των φυτών. Με βάση όλους τους παραπάνω παράγοντες, είναι προφανές ότι η έρευνα για τα φυτοδώματα πρέπει να αναλφεί για κάθε κλιματική ζώνη ώστε να προσδιοριστούν κατάλληλα αυτοφυή φυτά, καθώς και οι απαιτήσεις τους σε εισροές πόρων (νερό) για διάφορα είδη και βάθη υποστρωμάτων.

Αντίθετα στα εντελώς άνυδρα εκτατικά φυτοδώματα, όπου κυριαρχούν τα φυτικά είδη του γένους *Sedum* υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί, οι οποίοι υπαγορεύουν τη διερεύνηση εναλλακτικών φυτικών ειδών τα οποία θα μπορέσουν επιτυχώς να εγκατασταθούν και αναπτυχθούν σε φυτοδώματα εκτατικού ή ημιεκτατικού τύπου στη Μεσογειακή ζώνη. Οι περιορισμοί αυτοί περιλαμβάνουν:

1. Μικρή εξατμισδιαπονή η οποία δε συνεισφέρει στην εξοικονόμηση της κτιριακής ενέργειας και τη βελτίωση του αστικού μικροπεριβάλλοντος μέσω της αύξησης της ατμοσφαιρικής υγρασίας και τη μείωση της θερμοκρασίας
2. Αποτελούν μονοκαλλιέργεια με δυσμενείς επιπτώσεις στην εγκατάσταση της αστικής πανίδας αλλά και στη δυναμική της φυτοκοινότητας σε συνθήκες καταπόνησης
3. Στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες φαίνονται

να είναι ευπαθή σε εντομολογικές προσβολές ιδιαίτερα από αφίδες

4. Τα Ελληνικά αυτοφυή φυτά *Sedum* περιλαμβάνουν περιορισμένο αριθμό αειθαλών φυτών καθώς τα περισσότερα είναι μονοετή είδη

5. Η χρήση ξενικών φυτών *Sedum* αποτελεί λύση με μικρή οικολογική βαρύτητα καθώς προέρχονται από βόρειες χώρες και είναι φυτά ανθεκτικά στο ψύχος και λιγότερο στις υψηλές θερμοκρασίες και την ηλιακή ακτινοβολία

6. Διαχείριση

Για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης των φυτών σε εκτατικά φυτοδώματα απαιτείται μία ελάχιστη διαχείριση στην οποία περιλαμβάνονται:

1. Κατά μέγιστο 3 επισκέψεις ανά έτος όπου θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τα παρακάτω θέματα
2. έλεγχος καλής λειτουργίας συστήματος άρδευσης
3. έλεγχος καλής λειτουργίας συστήματος αποστράγγισης
4. έλεγχος εμφανών σημείων της υδατοστεγάνωσης
5. αποτροπή διείσδυσης φυτικών ιστών στις υδατοστεγάνωσεις
6. ζιζανιοκτονία κατά προτίμηση χειρωνακτική δύο φορές κατ' έτος
7. έλεγχος στάθμης του υποστρώματος ιδιαίτερα εάν έχει επιλεγεί υπόστρωμα με υψηλό ποσοστό συμμετοχής οργανικών μεταπλαστικών
8. διαπίστωση προβλημάτων στην ανάπτυξη του φυτικού υλικού
9. φωτογραφικό αρχείο της πορείας του φυτοδώματος
10. δημιουργία αρχείου καταγραφής στοιχείων του φυτοδώματος (ανάπτυξη φυτικού υλικού, προσβολές από μυκητολογικούς και εντομολογικούς οργανισμούς, προβλήματα του δώματος υδατοστεγάνωση, αποστράγγιση, αναστροφές από ανεμοριπές
11. λίπανση μία φορά κατ' έτος με λίπασμα αργής αποδέσμευσης εάν κριθεί απαραίτητο.

7. Ιδιαίτερες απαιτήσεις

Στο πλαίσιο της διερεύνησης των καταλληλότερων φυτών απαιτείται ο προσδιορισμός ιδιαίτερων γνωρισμά-

των και χαρακτηριστικών των φυτών τα οποία θα συνεισφέρουν στην βιώσιμη ανάπτυξη των φυτοδώματων. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η βρώση ορισμένων φυτών από πτηνά τα οποία φαίνεται να προτιμούν τα χυμώδη φύλλα των παχυφύτων ή των φυτών με τρυφερή νεαρή βλάστηση.

Ένας δεύτερος παράγοντας ο οποίος φαίνεται να επιδρά σημαντικά είναι η συχνότητα και ένταση προσβολής από εντομολογικούς εχθρούς καθώς έχει διαπιστωθεί πως τόσο ορισμένα αυτοφυή όσο και ξενικά φυτά προσβάλλονται σε υψηλό ποσοστό και συχνότητα από αφίδες.

Συμπεράσματα

Για την επιτυχή εγκατάσταση των εκτατικών φυτοδώματων σε Μεσογειακές και ημι-ερημικές κλιματικές ζώνες και συμπεραίνεται ότι:

1. Θα πρέπει να εντοπιστούν και να προσδιοριστούν κατάλληλα φυτικά είδη από την αυτοφυή χλωρίδα της κάθε περιοχής
2. Για κάθε είδος είναι χρήσιμο να προσδιοριστεί το ελάχιστο βάθος υποστρώματος το οποίο εξασφαλίζει βιώσιμη ανάπτυξη για δεδομένες εισροές άρδευσης
3. Για κάθε κατηγορία φυτών είναι χρήσιμο να προσδιοριστεί το καταλληλότερο είδος υποστρώματος λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική και την περιβαλλοντική διάσταση των υλικών που το απαρτίζουν όπως η τοπική διάθεση των υλικών, το μικρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα και η προτίμηση στα ανακυκλωμένα και στα κομποστοποιημένα υλικά
4. Να υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης σε μικρές και ελεγχόμενες ποσότητες η οποία θα συμβάλλει στην ταχύτερη και βιωσιμότερη εγκατάσταση των φυτών καθώς και στη βελτίωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων
5. Θα πρέπει να οριστεί μία μέγιστη ποσότητα κατανάλωσης των υδατικών πόρων ώστε να μην υπάρξει υπερκατανάλωση. Με βάση τις ερευνητικές μελέτες του ΓΠΑ η ποσότητα αυτή θα κυμαίνεται από 0-5 $m^3/100 m^2$ φυτοκαλυμένου δώματος ανά έτος για τα ανθεκτικά στην υδατική καταπόνηση φυτά, και 10-15 $m^3/100 m^2$ για φυτά εδαφοκάλυψης και χλοοταπήτων.

Βιβλιογραφία

Αμούντζιας, Ι., Η. Κοκκίνου, Ε. Νυδριώτη, Ν. Ντούλας, Μ. Μπενάκη-Χατζησπάσου και Π.Α. Νεκτάριος. 2011. Επίδραση του υποστρώματος και της άρδευσης στην ανάπτυξη του αυτοφυούς *Dianthus fruticosus* sub. *fruticosus*. 25^ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός Κύπρος. Αποδεκτή για δημοσίευση.

ASTM WK25385. 2009. New Guide for Vegetative (Green) Roof Systems

Beattie, D.J., and Berghage, R.D. 2004. Green Roof Media Characteristics: the Basic. p. 411-416. In: Proc. of 2nd North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Portland, OR. 2-4 June 2004. The Cardinal Group, Toronto.

Benvenuti, S. and D. Bacci. 2010. Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated dry green roofs. *Urban Ecosystems* 13:349–363.

Boivin, M., M. Lamy, A. Gosselin, and B. Dansereau. 2001. Effect of artificial substrate depth on freezing injury of six herbaceous perennials grown in a green roof system. *HortTechnology* 11:409–412.

Bousselot, J.M., J.E. Klett, and R.D. Koski. 2011. Moisture content of extensive green roof substrate and growth response of 15 temperate plant species during dry down. *HortScience* 46:518–522.

Dunnett, N., A. Nagase, and A. Hallam. 2007. The dynamics of planted and colonising species on a green roof over six growing seasons 2001–2006: influence of substrate depth. *Urban Ecosyst.* 11:373–384.

Dunnett, N., and A. Nolan. 2002. The effect of substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. *Acta Horticulturae* 643:305-309.

Dunnett, N., and N. Kingsbury. 2010. *Planting Green Roofs and Living Walls*. Second Edition, Timber Press, Cambridge, U.K.

Durhman, A.K., D.B. Rowe, and C.L. Rugh. 2007. Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 succulent green roof plant taxa. *HortScience* 42:588–595.

FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. 2008. Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green-roof Sites (English ed.).

Getter, L.K. and D.B. Rowe. 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41:1276–1285.

- Getter, K.L., and D.B. Rowe. 2008. Media depth influences *Sedum* green roof establishment. *Urban Ecosyst.* 11:361–372.
- Getter, L.K. and D.B. Rowe. 2009. Substrate depth influences *Sedum* plant community on a green roof. *HortScience* 44:401–407.
- Latocha, P., and A. Batorska. 2007. The influence of irrigation system on growth rate and frost resistance of chosen ground cover plants on extensive green roofs. *Ann. Warsaw Univ. of Life Sc. – SGGW, Horticult. and Landsc. Architect.* 28:131–137.
- Monterusso, M.A., D.B. Rowe, and C.L. Rugh. 2005. Establishment and persistence of *Sedum* spp. and native taxa for green roof applications. *HortScience* 40:391–396.
- Nagase, A., and N. Dunnett. 2010. Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape Urban Plan.* 97:318–327.
- Nektarios, P.A., I. Amountzias, I. Kokkinou, and N. Ntoulas. 2011. Green roof substrate type and depth affects the growth of the native species *Dianthus fruticosus* under reduced irrigation regimens. *HortScience* 46:1208–1216.
- Ntoulas, N., P.A. Nektarios, K. Spaneas, and N. Kadoglou. 2012. Semi-extensive green roof substrate type and depth effects on *Zoysia matrella* ‘Zeon’ growth and drought tolerance under different irrigation regimens. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science.* 62: Supplement 1, 165–173.
- Παπαναστασάτος, Α.Ε., και Μ. Παπαφωτίου. 2011α. Επίδραση του είδους και βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη του *Origanum majorana* L. σε συνθήκες φυτοδώματος. 25^ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός Κύπρος. Αποδεκτή για δημοσίευση.
- Παπαναστασάτος, Α.Ε., και Μ. Παπαφωτίου. 2011β. Επίδραση του είδους και βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη του *Santolina chamaecyparissus*, σε συνθήκες φυτοδώματος. 25^ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός Κύπρος. Αποδεκτή για δημοσίευση.
- Περγιαλιώτη, Ν., και Μ. Παπαφωτίου. 2011α. Επίδραση του είδους και βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη του *Helichrysum italicum* Roth. σε συνθήκες φυτοδώματος. 25^ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός Κύπρος. Αποδεκτή για δημοσίευση.
- Περγιαλιώτη, Ν., και Μ. Παπαφωτίου. 2011β. Μελέτη της ανάπτυξης του *Helichrysum orientale* Roth. σε συνθήκες φυτοδώματος υπό την επίδραση διαφορετικού είδους και βάθους υποστρώματος και συχνότητας άρδευσης. 25^ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός Κύπρος. Αποδεκτή για δημοσίευση.
- Rowe, D.B., M.A. Monterusso, and C.L. Rugh. 2006. Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates. *HortTechnology* 16:471–477.
- Snodgrass, E. 2005. 100 Extensive green roofs: Lessons learned. p. 209-214. In Proc. of 3rd North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities Washington, DC. 4-6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
- Thuring, C.E., R.D. Berghage, D.J. Beattie. 2010. Green roof plant responses to different substrate types and depths under various drought conditions. *HortTechnology* 20:395-401.
- VanWoert, N.D., D.B. Rowe, J.A. Andresen, C.L. Rugh, and L. Xiao. 2005. Watering regime and green roof substrate design affect *Sedum* plant growth. *HortScience* 40:659–664.
- Williams, N.S.G., J.P. Rayner, and K.J. Raynor. 2010. Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Urban For. and Urban Greening* 9:245–251.
- Wolf, D., and J.T. Lundholm. 2008. Water uptake in green roof microcosms: Effects of plant species and water availability. *Ecol. Eng.* 33:179–186.