

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

Μεταπτυχιακή διατριβή

Διερεύνηση της επίδρασης του είδους υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Globularia alypum* και *Lomelosia hymettia* σε συνθήκες φυτοδώματος

Χαράλαμπος Μ. Λυσίκατος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Παπαφωτίου Μαρία, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Αθήνα 2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

Μεταπτυχιακή διατριβή

Διερεύνηση της επίδρασης του είδους υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Globularia alypum* και *Lomelosia hymettia* σε συνθήκες φυτοδώματος

"The effect of substrate type and irrigation frequency on the growth of the xerophytes species *Globularia alypum* & *Lomelosia hymettia* in urban extensive green roof conditions "

Χαράλαμπος Μ. Λυσίκατος

Εξεταστική Επιτροπή:

Παπαφωτίου Μαρία, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Ακουμιανάκη-Ιωαννίδου Αναστασία, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Παρασκευοπούλου Αγγελική, Επίκουρη καθηγήτρια ΓΠΑ

Διερεύνηση της επίδρασης του είδους του υποστρώματος και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Globularia alypum* & *Lomelosia hymettia* σε συνθήκες φυτοδώματος

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διατριβή, διερευνήθηκε η επίδραση του είδους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των φυτών *Globularia alypum* και *Lomelosia hymettia* σε συνθήκες φυτοδώματος στην Αθήνα.

Αρχικά παρελήφθησαν 96 έριζα μοσχεύματα των προαναφερθέντων φυτών (48 από το κάθε είδος), που παρήχθησαν στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΓΠΑ. Στην συνέχεια σε 48 πλαστικά κιβώτια διαστάσεων 40 X 60 cm, εισήχθη στο εσωτερικό της βάσεώς τους, υπόβαθρο φυτοδώματος κατάλληλων διαστάσεων. Ακολουθώντας τα πλαστικά κιβώτια χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 24 η κάθε μια. Έπειτα παρασκευάστηκαν τα δύο είδη υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών. Το ένα περιείχε έδαφος και ήταν βαρύτερο σε σχέση με το δεύτερο που απουσίαζε το έδαφος. Πιο συγκεκριμένα οι αναλογίες κατ' όγκο ήταν 3 μέρη Κομπόστ στεμφύλων: 3 Περλίτη: 2 Έδαφος: 2 Ελαφρόπετρα για το πρώτο και 3 μέρη Κομπόστ στεμφύλων: 3 Περλίτη: 4 Ελαφρόπετρα για το δεύτερο. Η κάθε ομάδα των 24 κιβωτίων πληρώθηκε μέχρι το ύψος των 10 cm με ένα από τα δύο είδη υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών. Ο επιμερισμός των πλαστικών κιβωτίων συνεχίστηκε περαιτέρω, διαιρώντας την κάθε ομάδα των 24, σε δύο ομάδες των 12 κιβωτίων. Έπειτα στις 6/6/2015 φυτεύτηκαν κατάλληλα και τα 96 φυτά, ανά δύο του ίδιου είδους σε κάθε κιβώτιο με τον εξής τρόπο: Τα 48 φυτά του ίδιου είδους σε δύο δωδεκάδες κιβωτίων που η κάθε μια όμως περιείχε διαφορετικό είδος υποστρώματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η κάθε μια από τις τέσσερις 12άδες συνολικά να είναι διαφορετική ως προς το είδος του φυτού και του υποστρώματος ανάπτυξης. Μετά, τα 48 κιβώτια τοποθετήθηκαν τυχαία μεταξύ τους, σε κάθε μια από τις 48 προκαθορισμένες θέσεις που σχημάτιζαν ορθοκανονικό κάναβο σε δώμα του ΓΠΑ, όπου και θα δέχονταν με επίσης τυχαίο τρόπο, κανονική ποσότητα άρδευσης τα μισά κιβώτια και αραιή τα άλλα μισά. Το δώμα απείχε 7 μέτρα από το έδαφος.

Η ανάπτυξη αξιολογήθηκε από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των καταγραφών, που προέρχονταν από τις μετρήσεις που πραγματοποιούνταν κάθε μήνα και αφορούσαν το ύψος, καθώς και το μέσο όρο της μεγίστης διαμέτρου και της καθέτου αυτής για τα φυτά του είδους *Lomelosia hymettia*, ενώ για τα φυτά του είδους *Globularia alypum* γινόταν καταγραφή του μήκους των βλαστών. Αναγκαίος ήταν ο διαρκής έλεγχος με ταυτόχρονη καταγραφή της υγρασίας που περιείχε το υπόστρωμα ανάπτυξης ειδικά την θερμή περίοδο του έτους. Οι ενδείξεις αυτές καθόριζαν και τον επαναπρογραμματισμό των επαναλήψεων και της διάρκειας άρδευσης.

Το Δεκέμβριο του 2016, μετά από 19 μήνες καλλιέργειας, πραγματοποιήθηκε καταστροφή των φυτών και διαχωρισμός τους σε υπέργειο και υπόγειο τμήμα, με ταυτόχρονη καταγραφή του νωπού τους βάρους (μετά την κατάλληλη ξήρανσή τους έγινε και καταγραφή του ξηρού τους βάρους αντίστοιχα). Τα κιβώτια με τα υποστρώματα παρέμειναν στη θέση τους χωρίς να αρδεύονται πλέον μέχρι και τον Αύγουστο του 2017.

Το μήκος των βλαστών των φυτών *Globularia alypum* φάνηκε να επηρεάζεται θετικά από την χορήγηση κανονικής ποσότητας άρδευσης, ειδικά όταν περιέχεται έδαφος στο υπόστρωμα ανάπτυξης. Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα βάρη του φυτού, εκτός από το νωπό βάρος των ριζών, όπου φάνηκε να επηρεάζεται θετικά από την απουσία εδαφικού υποστρώματος.

Σχετικά με το είδος του φυτού *Lomelosia hymettia*, φάνηκε να επηρεάζεται θετικά η διάμετρος του φυτού από την παρουσία εδάφους στο υπόστρωμα ανάπτυξης. Το ύψος του φυτού δεν φάνηκε να επηρεάζεται από τις διαφορές στο υπόστρωμα ανάπτυξης και στην άρδευση. Σχετικά με το βάρος των φυτών, φάνηκε να παρουσιάζονται μεγαλύτερα βάρη στα φυτά όταν δέχονταν κανονική ποσότητα άρδευσης, εκτός από την περίπτωση του νωπού βάρους των ριζών, όπου δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών ως προς τα βάρη που καταγράφηκαν στο φυτό *Globularia alypum*, μας επιτρέπει την καλλιέργειά του σε συνθήκες φυτοδώματος, απουσία εδάφους και αραιής άρδευσης. Όσο αφορά το φυτό *Lomelosia hymettia* δεν φάνηκαν σημαντικές διαφορές στις τιμές των βαρών όταν απουσίαζε το έδαφος από το υπόστρωμα ανάπτυξης. Αυτό μας επιτρέπει την καλλιέργειά του σε φυτοδώμα χωρίς έδαφος στο υπόστρωμα ανάπτυξης, καθιστώντας το ελαφρύτερο. Το μειωμένο βάρος του φυτοδώματος είναι σημαντικός παράγοντας στα κήρια που δεν μπορούν να δεχτούν μεγάλα φορτία, όπως είναι τα παλαιά.

Η παρουσία σποροφύτων που προέκυψαν από τα μητρικά φυτά σε όλα τα κιβώτια, είναι ένα σημαντικό στοιχείο. Ως προς αυτό υπάρχει διεξοδική ανάλυση στη συνέχεια.

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, έδειξαν ότι τα δύο αυτά μεσογειακά είδη αναπτύχθηκαν επιτυχώς σε συνθήκες φυτοδώματος. Είναι φυτά κατάλληλα για αστικά κέντρα, λόγω της αισθητικής αξίας των ανθέων, του φυλλώματός τους καθώς και της επιτυχούς ανάπτυξής τους σε υπόστρωμα περιορισμένου βάρους και υγρασίας.

Επιστημονική περιοχή: Φυτοδώματα

Λέξεις κλειδιά: Φυτοδώμα, υπόστρωμα ανάπτυξης, υδατική καταπόνηση, Μεσογειακά φυτά, συχνότητα άρδευσης, ανάπτυξη, compost στεμφύλων, εκτατικός τύπος φυτοδώματος

Τηε effect of substrate type and irrigation frequency on τηε growth of the xyrophytes species *Globularia alypum* & *Lomelosia hymettia* in urban extensive green roof conditions

Department of Crop Science

Laboratory of Floriculture and Landscape Architecture

ABSTRACT

In this research thesis, the effect of the type of substrate as well as the frequency of irrigation on the growth of *Globularia alypum* and *Lomelosia hymettia* plants in planting conditions in Athens was investigated.

Initially, 96 rooted cuttings of the aforementioned plants were received (48 of each species), which were produced in the greenhouse of the laboratory of Landscape Architecture of the Agricultural University of Athens (AUA). Then in 48 plastic boxes measuring 40 X 60 cm, a planter background of suitable dimensions was inserted inside their base. The plastic boxes were then divided into two groups of 24 each. The two types of plant growth medium were then prepared. One contained soil and it was heavier than the second one without the soil. More specifically, the proportions by volume were 3 parts Grape Marc Compost: 3 Pearlite: 2 Soil: 2 Pumice for the first and 3 parts Grape Marc Compost: 3 Pearlite: 4 Pumice for the second. Each group of 24 boxes was filled to a height of 10 cm with one of two types of plant growth medium. The division of the plastic boxes was further continued, dividing each group of 24 into two groups of 12 boxes. Then on 6/6/2015 all 96 plants were planted appropriately, in pairs of the same species in each box in the following way: The 48 plants of the same species in two dozen boxes but each contained a different type of substrate. As a result, each of the four groups of totals is different in terms of plant type and growth medium. Then, the 48 boxes were randomly placed in each other, in each of the 48 predetermined positions that formed an orthogonal grid on the roof of the AUA, where they would also receive at random, a normal amount of irrigation half the boxes and sparse the other half. The roof was 7 meters from the ground.

The growth was evaluated by the results of the statistical processing of the records, which came from the measurements carried out each month and related to the height, as well as the average of the maximum diameter and its perpendicular for the plants of the species *Lomelosia hymettia*, while for the plants of the species *Globularia alypum*, the length of the shoots was recorded. It was necessary to constantly monitor with simultaneous recording of the moisture contained in the growing substrate, especially during the warm period of the year. These indications also determined the reprogramming of repetitions and the duration of irrigation.

In December 2016, after 19 months of cultivation, the plants were destroyed and separated into aboveground and underground sections, with simultaneous recording of their fresh weight (after proper drying, their dry weight was recorded respectively). The substrates remained in place without being irrigated until August 2017.

The length of the shoots of *Globularia alypum* seemed to be positively affected by the administration of a normal amount of irrigation, especially when there is soil in the growing substrate. There were no statistically significant differences in plant weights, except for the fresh weight of the roots, where it appeared to be positively affected by the absence of soil substrate.

Regarding the plant species *Lomelosia hymettia*, the diameter of the plant seemed to be positively affected by the presence of soil in the growing substrate. Plant height did not appear to be affected by differences in growth medium and irrigation. Regarding the weight of the plants, higher weights appeared on the plants when they received normal amount of irrigation, except in the case of the fresh weight of the roots, where there were no statistically significant differences.

The absence of statistically significant differences in weights recorded in the plant *Globularia alypum*, allows us to cultivate it in planting conditions, in the absence of soil and sparse irrigation. As for the *Lomelosia hymettia* plant, no significant differences in weight values were seen when the soil was absent from the growing substrate. This allows us to grow it in soilless plantation on the growing substrate, making it lighter. The reduced weight of the plant is an important factor in buildings that can not accept large loads, such as old ones.

The presence of seedlings that emerged from the mother plants in all boxes is an important element. There is a thorough analysis of this below.

In conclusion, the results of the present study showed that these two Mediterranean species were successfully grown under phytonutrient conditions. They are plants suitable for urban centers, due to the aesthetic value of the flowers, their foliage as well as their successful growth in a substrate of limited weight and moisture.

Scientific area: Green roofs

Key words: green roof, substrate type, irrigation frequency, xerophytes, extensive green roof, grape marc compost

“Την παρούσα εργασία, την αφιερώνω στον αείμνηστο πατέρα μου Μιχάλη”

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσοι συνετέλεσαν στην πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας και ειδικά την επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ. Μαρία Παπαφωτίου, Δ/ντρια του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το προαναφερθέν προς διερεύνηση θέμα, αλλά και την αδιάκοπη παρακολούθηση από πλευράς της, όλων των απαραίτητων σταδίων που οδήγησαν στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Ευχαριστίες επίσης θα ήθελα να απευθύνω στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής καθηγήτριες Δρ. Αναστασία Ακουμιανάκη-Ιωαννίδου και Δρ. Αγγελική Παρασκευοπούλου, για την ανάγνωση της εργασίας αλλά και την παρούσα τους.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Δρ. Κωνσταντίνο Μπερτσουκλή και Δρ. Νικόλαο Ντούλα μέλη ΕΔΙΠ, για την συμβολή τους σε πολύ χρήσιμα ζητήματα, εξίσου αναγκαία.

Τέλος, ευχαριστώ τους ανθρώπους που με περιβάλλουν στην καθημερινότητά μου, για την κατανόηση που επέδειξαν σ' όλη αυτήν την προσπάθεια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΦΥΤΟΔΩΜΑΤΑ	13
1.1.1 Γενικά	13
1.1.2 Ιστορικά στοιχεία	16
1.1.3 Τύποι φυτοδωμάτων	17
1.1.3.1 Εκτατικός τύπος	18
1.1.3.2 Εντατικός τύπος	18
1.1.3.3 Ημιεντατικός τύπος	19
1.1.3.4 Ημiekτατικός τύπος	19
1.1.4 Πλεονεκτήματα φυτοδωμάτων	19
1.1.4.1 Περιβαλλοντικά – Οικονομικά	20
1.1.4.2 Διατήρηση και αύξηση της βιοποικιλότητας	20
1.1.4.3 Διαχείριση ομβρίων υδάτων	22
1.1.4.4 Ατμοσφαιρική ρύπανση	24
1.1.4.5 Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ...	25
1.1.4.6 Μείωση της ηχορύπανσης	27
1.1.4.7 Πυροπροστασία	28
1.1.4.8 Αισθητική αναβάθμιση.....	28
1.1.5 Μειονεκτήματα φυτοδωμάτων	28
1.1.6 Γενικές αρχές σχεδιασμού και κατασκευής ενός φυτοδώματος ..	29
1.1.7 Στρώσεις και υλικά	30
1.1.8 Επιλογή φυτικού υλικού	38
1.2 ΤΑ ΦΥΤΑ <i>Globularia alypum</i> ΚΑΙ <i>Lomelosia</i> <i>hymettia</i>.....	39
1.2.1 Το φυτό <i>Globularia alypum</i>	39
1.2.1.1 Ιστορικά στοιχεία – Καταγωγή και εξάπλωση	40

1.2.1.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά	41
1.2.1.3	Ταξινόμηση και ονομασία	42
1.2.1.4	Βιολογικός κύκλος	43
1.2.1.5	Χρησιμότητα	43
1.2.2	Το φυτό <i>Lomelosia hymettia</i>	44
1.2.2.1	Ιστορικά στοιχεία – Καταγωγή και εξάπλωση	44
1.2.2.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά	45
1.2.2.3	Ταξινόμηση και ονομασία.....	46
1.2.2.4	Βιολογικός κύκλος	46
1.2.2.5	Χρησιμότητα	46
1.3	ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	46
1.3.1	Περλίτης	47
1.3.2	Ελαφρόπετρα	47
1.3.3	Κομπόστες	48
1.3.3.1	Διαδικασία κομποστοποίησης	49
1.3.3.2	Πρώτες ύλες για κομποστοποίηση	49
1.3.3.3	Υλικά ακατάλληλα για κομποστοποίηση	50
1.3.3.4	Κομπόστ από στέμφυλα οиноποιίας	50
1.4	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	52
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	53
2.1	ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	53
2.2	ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ – ΚΙΒΩΤΙΑ ΦΥΤΟΔΩΜΑΤΟΣ	54
2.3	ΥΛΙΚΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ...	55
2.4	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	57
2.5	ΑΡΔΕΥΣΗ	59
2.6	ΛΙΠΑΝΣΗ	61
2.7	ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	61
2.8	ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	62

2.9	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	62
2.10	ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΩΠΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ	65
2.11	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ: ΡΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕC	66
2.12	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	66
2.12.1	Αυτοσπορά	70
2.13	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	75
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	77
3.1	ΤΟ ΦΥΤΟ <i>GLOBULARIA ALYPUM</i>	77
3.1.1	Μήκος βλαστών	77
3.1.2	Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος	85
3.1.3	Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος	85
3.1.4	Νωπό βάρος ριζών	86
3.1.5	Ξηρό βάρος ριζών	86
3.1.6	Συνολικό νωπό βάρος	87
3.1.7	Συνολικό ξηρό βάρος	87
3.2	ΤΟ ΦΥΤΟ <i>LOMELOSIA HYMETTIA</i>	88
3.2.1	Διάμετρος κόμης	88
3.2.2	Ύψος κόμης	96
3.2.3	Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος	99
3.2.4	Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος	99
3.2.5	Νωπό βάρος ριζών	99
3.2.6	Ξηρό βάρος ριζών	100
3.2.7	Συνολικό νωπό βάρος	100
3.2.8	Συνολικό ξηρό βάρος	101
3.3	ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	102
3.3.1	Προσδιορισμός ΡΗ και ΕC	102
3.4	ΣΠΟΡΟΦΥΤΑ	102

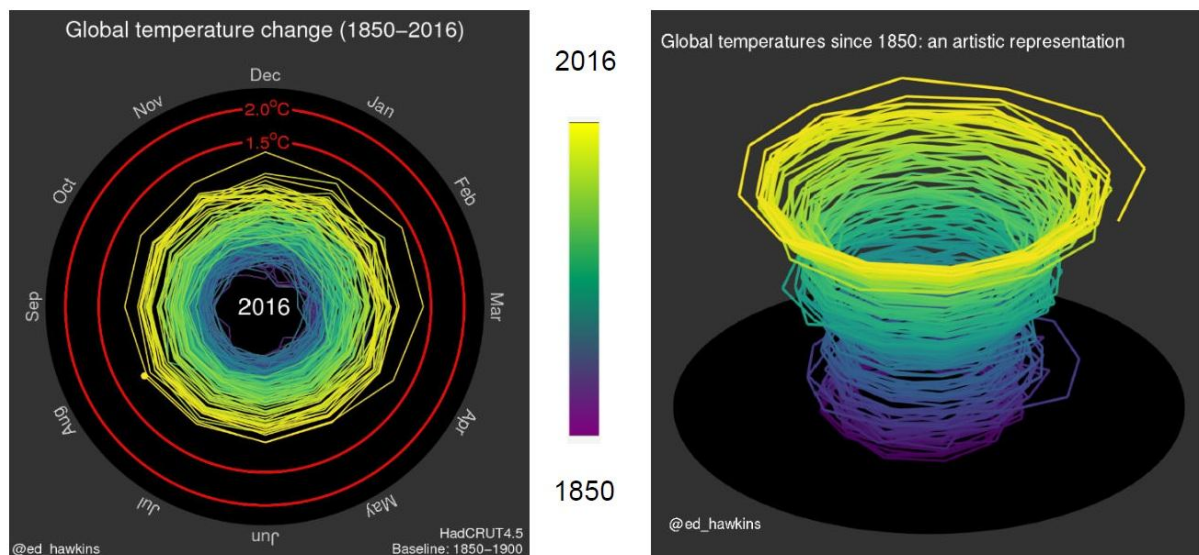
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	103
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	116
6.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (Κλιματικά δεδομένα).....	115
6.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β1 (Μήκος βλαστών <i>Globularia alypum</i>).....	121
6.3 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β2 (Νωπό – Ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος καθώς και του ριζικού συστήματος του φυτού <i>Globularia alypum</i>).....	127
6.4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ1 (Διάμετρος φυτού <i>Lomelosia hymettia</i>).....	130
6.5 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ2 (Ύψος κόμης φυτού <i>Lomelosia hymettia</i>).....	136
6.6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ3 (Νωπό – Ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος καθώς και του ριζικού συστήματος του φυτού <i>Lomelosia hymettia</i>).....	142
6.7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ (Πίνακες καταγραφών του μήκους βλαστών και των βαρών του φυτού <i>Globularia alypum</i> , καθώς και της διαμέτρου, του ύψους, της κόμης και των βαρών του φυτού <i>Lomelosia hymettia</i>).....	145
6.8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε (Μηνιαίες κατόψεις της πειραματικής εγκατάστασης)	151
6.9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ (Διμηνιαίες κατόψεις του κάθε κιβωτίου ξεχωριστά).....	170

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φυτοδώματα

1.1.1. Γενικά

Οι παγκόσμιες αλλαγές στο κλίμα έχουν σημαντική επίδραση στην ισορροπία του γήινου οικοσυστήματος (Skinner and Porter, 1995). Η πυκνή και ανεξέλεγκτη δόμηση στα αστικά κέντρα και η απουσία υπαίθριων χώρων πρασίνου, εντείνουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, καθώς και τα προβλήματα μειωμένης ατμοσφαιρικής υγρασίας και ρύπανσης της ατμόσφαιρας (**εικ. 1**).



Εικόνα 1: Μεταβολή της παγκόσμιας θερμοκρασίας από το 1850 έως το 2016

(πηγή: Ed. Hopkins, 2016)

Η ανάγκη για περισσότερο πράσινο και για βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων στα αστικά κέντρα, οδήγησε διεθνώς στη δημιουργία νέων πράσινων χώρων σε ένα άλλο επίπεδο (**εικ. 2 & 3**).



Εικόνες 2 & 3: Εγκατεστημένο φυτικό υλικό σε τεχνικό υπόβαθρο και σε ευκρινώς διαφορετική στάθμη από αυτή του φυσικού εδάφους στις οδούς Ερμού και Ευριπίδου της πόλεως των Αθηνών.

Η έλλειψη αξιοποιήσιμης έκτασης στις πόλεις, έδωσε την ιδέα για τη δημιουργία χώρων πρασίνου λίγο πιο ψηλά, δηλαδή στη δημιουργία μιας πράσινης πόλης πάνω στην πόλη. Ως φυτοδώμα ορίζεται κατά τον Dvorak το 2010 μια επίπεδη ή κεκλιμένη οροφή που υποστηρίζει την βλάστηση ή ως ένα κατάστρωμα σχεδιασμένο να παρέχει αστικό πράσινο για κτήρια, ανθρώπους ή περιβάλλον. Το φυτοδώμα είναι ένας συνδυασμός αβιοτικών και βιοτικών συστατικών σχεδιασμένο να λειτουργεί ως χώρος πρασίνου σ' ένα δυσμενές περιβάλλον (Magill et al., 2011). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία φυτοδωμάτων, με προϋπόθεση την ενιαία φύτευση του χώρου. Η εκτεταμένη αστικοποίηση οδηγεί σε αυξημένες αδιαπέρατες επιφάνειες και σε μείωση των καλυμμένων επιφανειών με φυτά με αποτέλεσμα την διατάραξη του υδρολογικού κύκλου:

- Η επιφάνεια απορροής αυξάνεται σημαντικά
- Η εξάτμιση και η διαπνοή μειώνεται σε σύγκριση με τις αγροτικές περιοχές (Mansell, 2003)

Η εγκατάσταση πράσινων στεγών σε αστικές περιοχές θα μπορούσε να βοηθήσει στην αποκατάσταση του υδρολογικού κύκλου, μέσω της εξατμισοδιαπνοής από την βλάστηση και προσδίδοντας πρόσθετη ικανότητα αποθήκευσης των ομβρίων υδάτων (Kinga Elzbieta Owczarek, 2017).



Εικόνα 4: Φυτοδώματα εγκατεστημένα στην οροφή του νηπιαγωγείου “Ιωάννης Μ. Καρράς” στην Ελλάδα.

(<https://www.haef.gr/el/Schools/IMKarras/Kindergarten>)

Επίσης με τον όρο «φυτοδώμα» μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε χώρος πρασίνου, μερικώς ή ολικώς καλυμμένος με φυτά, το υπόστρωμα του οποίου δεν έχει επαφή με το έδαφος (Αδάμη, 2016). Στον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος. Τα φυτεμένα δώματα (**εικ. 4**) ως παθητική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας, εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια στο εξωτερικό, με προεξέχουσα χώρα εφαρμογής τη Γερμανία. Στο Τορόντο του Καναδά, όλα τα μεγάλα έργα ανασυγκρότησης σε περιοχές με διαθέσιμες στέγες μεγαλύτερες από 2000 m² πρέπει εν μέρει να καλύπτονται με οροφόμενους. Η δημιουργία φυτοδωμάτων δεν αποτελεί μια απλή κατασκευαστική τεχνική (Τασούλα, 2010). Ένα φυτεμένο δώμα αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα. Το δομικό τμήμα, το οποίο αποτελεί το υπόβαθρο της κατασκευής, το κηπευτικό τμήμα, το οποίο είναι ουσιαστικά ο κήπος της στέγης και το φυτικό τμήμα το οποίο περιλαμβάνει τα φυτά. Τα τρία αυτά τμήματα μπορεί να είναι ανεξάρτητα και να αποτελούνται από τελείως διαφορετικά υλικά και σύσταση, στην ουσία όμως εξαρτώνται άμεσα το ένα από το άλλο (Μιχαηλίδου, 2011). Ένα φυτοδώμα περιλαμβάνει, εκτός του στρώματος της βλάστησης, τη θερμομόνωση του δώματος, στεγανοποίηση, ειδική αντιριζική προστασία, αποστραγγιστικό σύστημα για την απομάκρυνση των υδάτων του δώματος και την απαιτούμενη άρδευση (Vijayaraghavan, 2016). Τα φυτεμένα δώματα, γνωστά και ως πράσινες στέγες (greenroofs), ταρατσόκηποι, οροφόμενοι, οικοστέγες, πράσινες οροφές, συμβάλλουν στην αύξηση των υπαίθριων χώρων πρασίνου, με πολλαπλά περιβαλλοντικά, ενεργειακά και οικονομικά οφέλη. Η

δημιουργία φυτοδωμάτων αποτελεί μια περιβαλλοντικά υπεύθυνη προσέγγιση για τη βελτίωση των υποβαθμισμένων αστικών τοπίων. Η ψυχολογική ευχαρίστηση που δημιουργείται από το πράσινο, μαζί με την ευρεία επιθυμία εμπλουτισμού της αστικής οικολογίας, έχει δώσει ώθηση στην έρευνα των φυτοδωμάτων (Benvenouti, 2006). Προκειμένου να προωθηθεί η ανάπτυξη της τεχνολογίας φυτοδωμάτων στο μεσογειακό κλίμα, οι ερευνητικές εργασίες θα πρέπει να απευθύνονται κυρίως στην επιλογή ενδημικών φυτικών ειδών ικανών να επιβιώσουν κάτω από σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες (Macdonor et al., 2011). Εκτός από λόγους βιοποικιλότητας, η ανάμειξη πολλών ειδών σε ένα φυτοδώμα αποδείχθηκε ότι βελτιώνει την απόδοση των φυτών και τις οικολογικές υπηρεσίες μέσω της βέλτιστης αφαίρεσης νερού και της ψύξης της επιφάνειας της στέγης (Dvorak and Volder, 2010). Οι διαφορετικές και πολύπλοκες φυτικές κοινότητες δείχνουν μεγαλύτερη αντοχή στην ξηρασία από την μονοκαλλιέργεια, δεδομένου ότι η μονοκαλλιέργεια χαρακτηρίζεται από τον ανταγωνισμό για τους ίδιους πόρους (Nagase, 2010). Η διαδοχή είναι μια μονοκατευθυντική διαδικασία αλλαγής της κοινότητας στην οποία οι κοινότητες αντικαθιστούν η μια την άλλη έως ότου επιτευχθεί μια σταθερή αυτοαναπαραγόμενη κοινότητα (Johnson et al., 2007), αλλά καμιά φυτική κοινότητα δεν είναι σταθερή αν προβληθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα (Greig-Smith, 1964).

1.1.2 Ιστορικά στοιχεία

Οι πράσινες στέγες μπορούν να ανιχνευθούν μέχρι τους κήπους της Βαβυλώνας και της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, όπου δέντρα εντοπιζόνταν πάνω στα κτίρια (Peck, 2002). Δένδρα πάνω σε στέγες εντοπίζονται και στην Ελληνική επικράτεια είτε μεμονωμένα (Ιερός ναός Μεγάλης Παναγίας, Σαμαρίνα νομού Γρεβενών), είτε σε συστάδες (Ιερός ναός Αγίας Θεοδώρας, Βάστα νομού Αρκαδίας). Οι πρώτες τεκμηριωμένες στέγες ήταν οι Κρεμαστοί Κήποι του Σεμιράμι στη σημερινή Συρία (Oberndorfer, 2007). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, η μοντέρνα πράσινη οροφή αρχίζει από τη στροφή του 20ου αιώνα στη Γερμανία, όπου η βλάστηση εγκαταστάθηκε στις στέγες για την άμβλυση των επιβλαβών φυσικών επιδράσεων της υπεριώδους ακτινοβολίας. Κατά τη διάρκεια του 19ου και του 20ού αιώνα, οι στέγες σε μεγάλες πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών έγιναν περισσότερο πράσινες, ώστε να αντικαταστήσουν το αυξανόμενο κόστος γης των οικοδομικών πάρκων στις κεντρικές πόλεις (Herman, 2003). Ο Köhler (2005) ανέφερε ότι το πρώτο κύμα κατασκευής πράσινων στεγών στη Γερμανία ήρθε στα τέλη του 19ου

αιώνα. Οι πράσινες στέγες κάλυπταν λιγότερο από το 1% των στεγών στη Γερμανία κατά τη διάρκεια αυτής περιόδου. Η ανάπτυξη των αγορών πράσινης στέγης στην Γερμανία επεκτάθηκε γρήγορα στη δεκαετία του 1980, με μέση ετήσια αύξηση 15 έως 20%. Μέχρι το 1989, 1.000.000 m² εγκαταστάθηκαν, ενώ το 1996 ο αριθμός αυτός είχε αυξηθεί στα 10.000.000 m². Η γερμανική αγορά φυτοδωμάτων είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική και αυτό έχει μειώσει το κόστος. Στην Γερμανία τα εκτατικά φυτοδώματα κόστιζαν το έτος 2006 18,50 \$/m² ενώ στις ΗΠΑ η ίδια στέγη θα κόστιζε 47,50 \$/m² (Philipi, 2006). Στον Καναδά, το Τορόντο προώθησε επίσης την ευρύτερη κατασκευή πράσινων στεγών με βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση των αστικών περιβαλλοντικών προκλήσεων (Banting et al., 2005). Μελέτες στο Βανκούβερ έδειξαν ότι τη θερμή περίοδο (μέσα Απριλίου έως τέλη Σεπτεμβρίου) η πράσινη στέγη διατήρησε το 90% των ομβρίων υδάτων, ενώ την ψυχρή περίοδο το 17% (Hutchinson, 2003). Οι πράσινες στέγες στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιούνταν επίσης σε περιοχές συγκέντρωσης, ώστε να μπορούν να αντικαταστήσουν τους κήπους ή τα τοπικά πάρκα στο επίπεδο του εδάφους (Herman, 2003). Από τη δεκαετία του 1980, οι ερευνητές έχουν δοκιμάσει πολλά ποώδη και ξυλώδη φυτά σε διαφορετικές συνθήκες στέγης (Heinze, 1985).

1.1.3 Τύποι φυτοδωμάτων

Ανάλογα με τις αντοχές του κάθε κτίσματος, τη μέθοδο κατασκευής, το βάθος του υποστρώματος και κατ' επέκταση των φυτικών ειδών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς και της έντασης της διαχείρισής τους, τα φυτοδώματα διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: τον εκτατικό, τον εντατικό, τον ημι-εντατικό, και τον ημι-εκτατικό τύπο (εικ. 5).



Εικόνα 5: Σύγκριση των διαφορετικών τύπων φυτοδωμάτων

(πηγή: <https://greenuptheroof.com/gallery/photos>)

1.1.3.1 Εκτατικός τύπος (Extensive)

Στα εκτατικού τύπου φυτοδώματα, ανήκουν οι ταρατσόκηποι που έχουν κατασκευαστεί κυρίως για περιβαλλοντικούς σκοπούς και το κοινό δεν έχει πρόσβαση σε αυτούς, εκτός από τους διαδρόμους κίνησης (Κοκκίνου, 2015). Οι κατασκευές του συγκεκριμένου τύπου αποτελούνται από μικρό βάθος υποστρώματος (5-15 cm), μικρό βάρος (έως 120 kg m^{-2}) και ελαχιστοποιημένες ανάγκες διαχείρισης και εισροής πόρων (Νεκτάριος et al., 2011). Τα φυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτό τον τύπο πρέπει να έχουν υψηλή αντοχή στις ακραίες θερμοκρασίες, στους ισχυρούς ανέμους και στην έλλειψη άρδευσης και να είναι ικανά για αυτό-πολλαπλασιασμό (FLL, 2002). Συνήθως, χρησιμοποιούνται αυτοφυή φυτά της εκάστοτε περιοχής, βρύα, παχύφυτα (όπως είδη του γένους *Sedum*), ποώδη φυτά και φυτά εδαφοκάλυψης καθώς και συνδυασμός των παραπάνω (Getter and Rowe, 2006). Τα εκτατικά φυτοδώματα είναι πιο σημαντικά καθώς είναι ελαφρύτερα και μπορούν να εγκατασταθούν σε περισσότερες στέγες (Benvenuti, 2010).

1.1.3.2 Εντατικός τύπος (Intensive)

Εάν τα μέσα περιέχουν υλικά που έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα, το φυτοδώμα θα συγκρατήσει περισσότερο νερό καταιγίδας (Berghage et al., 2007). Το σύστημα του εντατικού τύπου συνίσταται στη δημιουργία ενός κανονικού κήπου, χωρίς περιορισμό βάθους και κατ' επέκταση φορτίων (Νεκτάριος et al., 2011). Το εντατικό σύστημα χαρακτηρίζεται ως η προσομοίωση του φυσικού τοπίου, ενώ έχει αυξημένες απαιτήσεις διαχείρισης και συντήρησης. Συνήθως σχεδιάζονται ως οροφόμενοι για ανθρώπινη χρήση και απαιτούν άρδευση, τακτική συντήρηση και πρόσθετη δομική ενίσχυση της οροφής (Oberndorfer et al., 2007). Ο εντατικός τύπος περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία βλάστησης από ποώδη φυτά, μέχρι δεινόφυτα και θαμνώδη είδη. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτού του τύπου τα φυτοδώματα έχουν κανονικές ή αυξημένες απαιτήσεις όσον αφορά την υποδομή, τη διαθεσιμότητα νερού και των θρεπτικών στοιχείων. Στα φυτοδώματα εντατικού τύπου, ανήκουν οι παραδοσιακού ύφους ταρατσόκηποι, διαθέτουν διαδρόμους καθιστικά, συντριβάνια και άλλα στοιχεία, που τελικά δίνουν στο φυτεμένο δώμα τη μορφή ενός πάρκου (Wong et al., 2003).

1.1.3.3 Ημι-εντατικός τύπος (Semi-Intensive)

Στα ημι-εντατικού τύπου φυτοδώματα ανήκουν οι ταρατσόκηποι που έχουν κατασκευαστεί για αισθητικούς και περιβαλλοντικούς λόγους και η πρόσβαση του κοινού σε αυτά είναι περιστασιακή (Αδάμη, 2016). Για τη φύτευση ενός ημι-εντατικού συστήματος συμπεριλαμβάνεται η χρήση χλοοταπήτων, αυτοφυών φυτών και θάμνων, φυτών εδαφοκάλυψης και θαμνοσυστάδων. Οι απαιτήσεις του εγκατεστημένου φυτικού υλικού τόσο σε άρδευση όσο και σε επάρκεια θρεπτικών στοιχείων είναι μειωμένες σε σχέση με τις απαιτήσεις των φυτών των εντατικών φυτοδωμάτων. Ως εκ τούτου η οικονομική επιβάρυνση είναι μικρότερη από ότι των εντατικών φυτοδωμάτων (FLL, 2002). Το βάθος του υποστρώματος κυμαίνεται από 8 cm έως και πάνω από 15 cm (max 30 cm), ενώ το φορτίο κυμαίνεται από 171-244 kg m⁻² (Green Roofs for Healthy Cities, 2008).

1.1.3.4 Ημι-εκτατικός τύπος (Semi-extensive)

Ο ημι-εκτατικός τύπος φυτοδωμάτων, αποτελεί μια ενδιάμεση κατηγορία, η οποία χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά των εκτατικών φυτοδωμάτων, προσθέτοντας εισροή πόρων (άρδευση) και επιτρέποντας την πρόσβαση στους χρήστες (Νεκτάριος et al., 2011). Ο συγκεκριμένος τύπος προτάθηκε 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.

1.1.4 Πλεονεκτήματα φυτοδωμάτων

Η Angelika Kowalczyk αναφέρει ότι τα φυτοδώματα συνήθως απαιτούν περισσότερη προσπάθεια και δαπάνες από τις παραδοσιακές στέγες, ωστόσο τα προσφερόμενα οφέλη από την μακροπρόθεσμη προοπτική αντισταθμίζουν τα χρήματα που επενδύθηκαν. Βιβλιογραφικές μελέτες δείχνουν ότι ο αριθμός των δημοσιεύσεων σχετικά με τα φυτοδώματα έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, και ειδικότερα οι μελέτες που τεκμηριώνουν τα περιβαλλοντικά οφέλη των φυτοδωμάτων είναι οι συχνότερες και συνηθέστερες (Blank et al., 2013). Η αισθητική του φυτοδώματος υπερβαίνει την απλή απόλαυση που μπορεί να βιώσει κάποιος στην επιφάνεια ενός συμβατικού κήπου (Sutton, 2014).

1.1.4.1 Περιβαλλοντικά – οικονομικά

Τα φυτοδώματα είναι μια πολλά υποσχόμενη στρατηγική επίλυσης πολλών περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η βελτίωση του μικροκλίματος των πόλεων (Simons et al., 2008). Νεόκτιστα κτήρια στην Πολωνία με φυτοδώματα έχουν μικρότερη φορολογία ως επιβράβευση για τις φιλικές προς το περιβάλλον δράσεις (Sokolowska et al., 2004). Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι τα φυτοδώματα θα μπορούσαν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη (Dunnnett και Kingsbury, 2008). Η θερμική απόδοση της πράσινης στέγης εξαρτάται από την κλιματική ζώνη, τα δομικά υλικά, την εποχή και την επιλογή τύπου φυτοδώματος (La Roche P. et al., 2014). Το μεγαλύτερο όφελος για την θερμική απόδοση ενός φυτοδώματος προσφέρεται από μια υγιή και πυκνή βλάστηση (Jim C. Y. et al., 2012). Σε περιοχές με ψυχρό κλίμα, ένα βαθύ υπόστρωμα ανάπτυξης ενισχύει τη θερμική απόδοση σε σύγκριση με ένα ρηχό υπόστρωμα (Liu K. et al., 2003). Σε περιοχές με υγρό και ζεστό κλίμα ένα ρηχό υπόστρωμα βάθους 10 cm αρκεί για να μειώσει σημαντικά την ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη του χώρου (Jim, C. Y. et al., 2012). Οι Steven Peck και Monica Kuhn αναφέρουν πως έπειτα από μια προσομοίωση στην στέγη του δημαρχείου του Σικάγο διαπιστώθηκε ότι, μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Fahrenheit προκαλεί πτώση κατά 1,2% της χρησιμοποιούμενης ενέργειας ψύξης. Η άρδευση των φυτών σε ένα φυτοδώμα είναι συνήθως απαραίτητη για την διατήρηση της υγείας των φυτών, την μείωση της θερμοκρασίας του υποστρώματος και της ροής θερμότητας (Williams et al., 2014), ωστόσο, το κόστος που σχετίζεται με την άρδευση των φυτοδωμάτων σε ξηρά κλίματα μπορεί να εξουδετερώσει την εξοικονόμηση ενέργειας από κλιματισμό (Berardi U., 2014).

1.1.4.2 Διατήρηση και αύξηση της βιοποικιλότητας

Τα φυτοδώματα δημιουργούν αυτόνομα οικοσυστήματα και συνεισφέρουν στη διατήρηση του τοπικού ενδιαιτήματος των εντόμων και των πτηνών. Οι πληθυσμοί εντόμων όπως, σκαθάρια, μυρμηγκία, μύγες, μέλισσες, αράχνες, ακρίδες (Coffman and Davis, 2005) αλλά και πτηνών (εικ. 6 & 7), είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με την ποικιλία της βλάστησης και την τοπογραφική διακύμανση (Gedge and Kadas, 2004). Τα φυτοδώματα είναι ένα μέσο για την αύξηση της βιοποικιλότητας και των ενδιαιτημάτων (Cook-Patton et al., 2012).



Εικόνα 6: Φυτά *Lomelosia hymettia* αποτέλεσαν τροφή για πτηνά του είδους *Streptopelia decaocto*

Έρευνα στην Ελβετία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχει αποδείξει ότι οι πράσινες στέγες μπορούν να αποτελούν σημαντικά καταφύγια για σπάνιους ασπόνδυλους πληθυσμούς. Τα φυτοδώματα επιτρέπουν σε ένα βαθμό κάποια αποκατάσταση οικοτόπων για μερικούς οργανισμούς. Ανθοφόρα φυτά σε φυτεμένες στέγες επιτρέπουν την εισαγωγή μελισσών και υποστηρίζουν άλλους επικονιαστές. Ενώ τα φυτοδώματα δεν μπορούν ποτέ να υποκαταστήσουν πλήρως την βιοποικιλότητα και την πολυπλοκότητα άθικτων οικοσυστημάτων, μετριάζουν ορισμένες από αυτές τις αλλαγές και μπορούν με την δημιουργία διαδρόμων να παρέχουν τα απαραίτητα ενιαιήματα σε έντομα και πουλιά στις πόλεις (Sutton, 2014). Η ευρωπαϊκή έρευνα έχει δείξει ότι ο βιότοπος μπορεί να αναπαραχθεί αλλά ποτέ να αναδημιουργηθεί (Sutton, 2014).

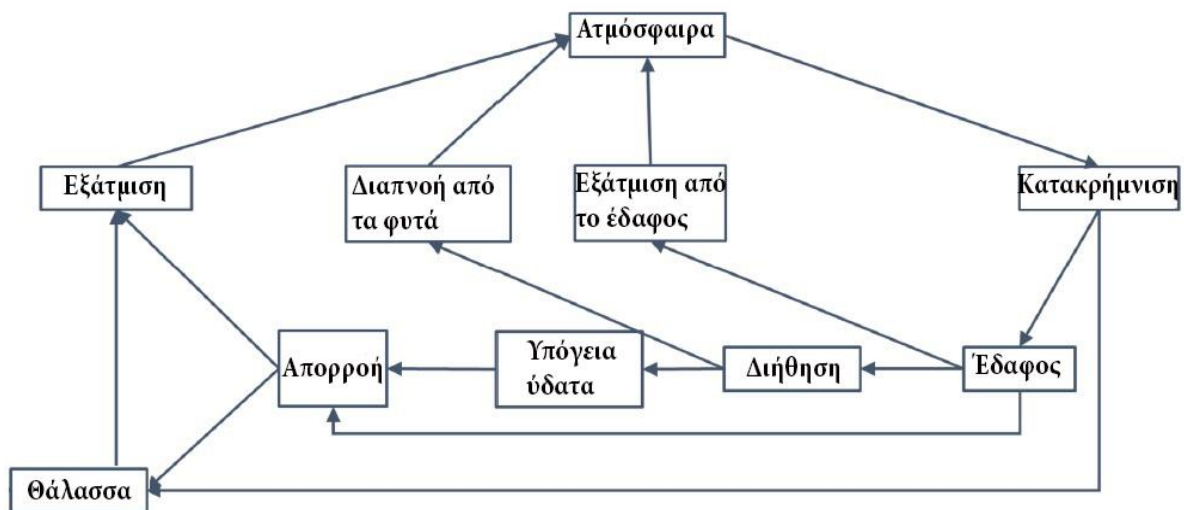


Εικόνα 7: Λεπιδόπτερο του είδους *Pieris brassicae* απομυζά νέκταρ από άνθος *Lomelosia hymettia*

1.1.4.3 Διαχείριση ομβρίων υδάτων

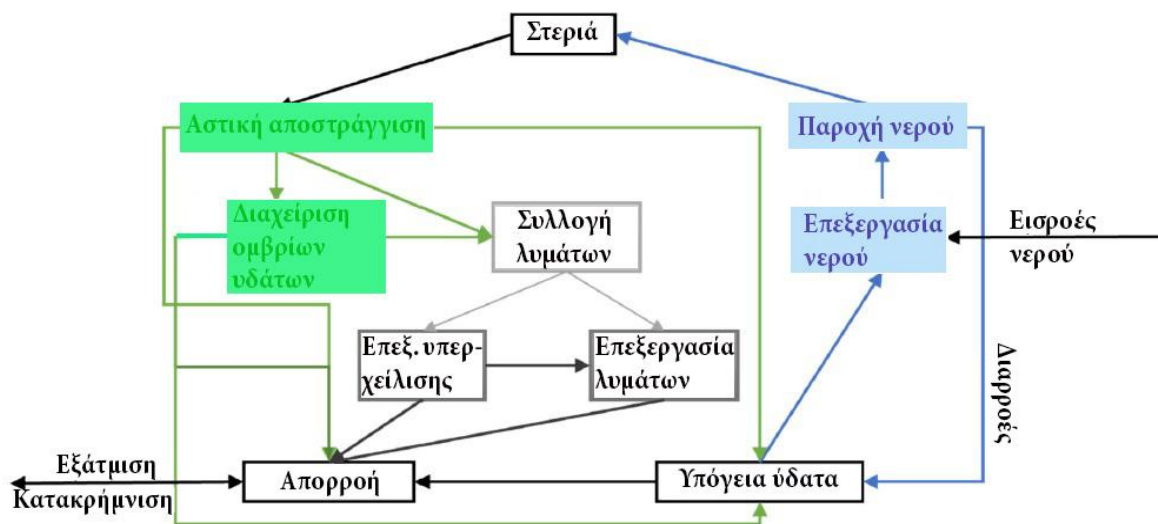
Ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει την κίνηση του νερού από την επιφάνεια της γης (ξηρά και ωκεανούς) μέσω εξάτμισης και διαπνοής σε ατμόσφαιρα και επιστροφή του νερού μέσω της καθίζησης και της επιφανειακής απορροής στους ωκεανούς (Kinga Elzbieta Owzarek, 2017) (εικ. 8). Όμβρια ύδατα ονομάζονται τα κατακρημνίσματα που πέφτουν σε αδιαπέραστες επιφάνειες, ρέοντας στο χαμηλότερο σημείο ως απορροή της επιφάνειας. Ένα μέρος των όμβριων υδάτων που περνάει από μια στέγη αστικής ρύθμισης καταλήγει στο δημοτικό σύστημα υπονόμων. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που πέφτει σε επιφάνειες που καλύπτονται από βλάστηση, απορροφάται από τα φυτά και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της διαπνοής. Όσα περισσότερα είναι τα φυτά και η ποικιλία αυτών, τόσο αυξάνεται η δυνατότητά τους να συγκρατήσουν το νερό, καθώς μειώνεται σημαντικά η τριβή και έτσι προκαλείται μικρότερη διάβρωση (Μιχαηλίδου, 2011). Μέσα στις πέντε πρώτες μέρες μετά από μια καταιγίδα, η βλάστηση είναι αυτή που επαναφέρει την ικανότητα συγκράτησης νερού του υποστρώματος ανάπτυξης (Berghage et al., 2007). Ανάλογα με το βάθος και τις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος, τη διαστρωμάτωση της πράσινης στέγης, τη γωνία κλίσης της καθώς και την έκταση της φυλλικής επιφάνειας (Velazquez 2005, Dunnet and Kingsbury,

2008) η απορροή του νερού μπορεί να μειωθεί έως και 90% τους θερινούς μήνες, ενώ τους χειμερινούς μήνες, το αντίστοιχο ποσοστό είναι 40-50%, με αποτέλεσμα την αποφόρτιση των δικτύων ομβρίων των αστικών κέντρων (Αδάμη, 2016). Όπου είναι δυνατόν, μια ελάχιστη κλίση (2% βέλτιστο) είναι πιο αποτελεσματική για την συγκράτηση των ομβρίων υδάτων (Getter et al., 2007). Από δώματα με κήπο μόνο το 30% του νερού, οδηγείται στην αποχέτευση, ενώ το 70% αποθηκεύεται στο χώμα και στην αποστραγγιστική στρώση (Scholz-Barth, 2001, Getter and Rowe, 2006). Τα φυτοδώματα μπορούν ενδεχομένως να ανακουφίσουν την υπερφόρτωση των δημοτικών συστημάτων των υπονόμων σταθεροποιώντας τη ροή του νερού και μειώνοντας την απορροή των ομβρίων από 70% έως 90% ετησίως (εικ. 9). Οι πράσινες στέγες μειώνουν τον όγκο απορροής των ομβρίων υδάτων και την μέγιστη ροή συγκρατώντας το νερό στο μέσο καλλιέργειας (Connolly et al., 2005).



Εικόνα 8: Ο υδρολογικός κύκλος όπως συμβαίνει στην φύση

(Προσαρμογή από πηγή: Kinga Elzbieta Owczarek, 2017)



Εικόνα 9: Ο υδρολογικός κύκλος όπως συμβαίνει στην πόλη

(Προσαρμογή από πηγή: Kinga Elzbieta Owczarek, 2017)

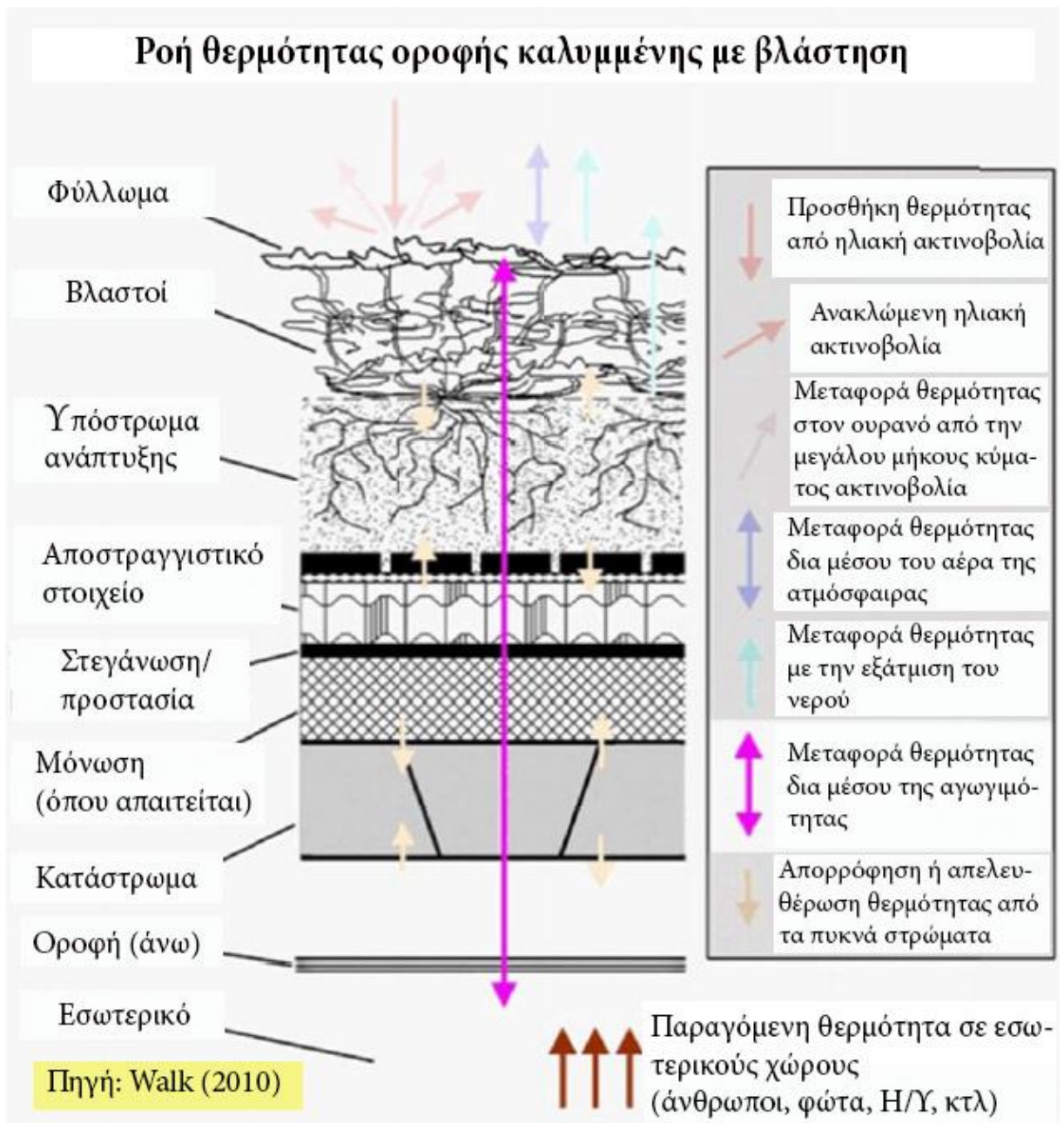
1.1.4.4 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου ή ακτινοβολίας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να προκληθούν αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα. Οι κυριότερες μορφές ρύπανσης στις πόλεις εντοπίζονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στην ηχορύπανση. Η βλάστηση των φυτοδωμάτων δεσμεύει από τον αέρα διοξείδιο του άνθρακα και παράγει οξυγόνο, όπως συμβαίνει με όλα τα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Όσο αυξάνεται το φύλλωμα διατηρείται το πλεονέκτημα της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα και της αποθήκευσης του στα φυτά. (Liu K., Minor J., 2005). Έχει βρεθεί επίσης ότι, τα φυτοδώματα μπορούν να αφαιρέσουν πάνω από το 95% του καδμίου, του χαλκού και του μολύβδου, καθώς και το 16% του ψευδαργύρου του νερού της βροχής (Johnston and Newton, 1993). Τα αιωρούμενα σωματίδια συγκρατούνται από την επιφάνεια των φύλλων και τους βλαστούς και στη συνέχεια εκπλένονται με τις βροχοπτώσεις. Παράλληλα, τα επιβλαβή αέρια απορροφώνται μέχρι κάποιο ποσοστό από τα φύλλα και στη συνέχεια αποτίθενται στους ιστούς όπου και αδρανοποιούνται. Ένα φυτεμένο δώμα με γρασίδι δεσμεύει κατά έτος 200 g/m² σκόνης και ρύπων, ενώ παράγει ανά 6 – 10 m² το οξυγόνο που χρειάζεται ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια ενός έτους.

1.1.4.5 Μείωση του φαινομένου της θερμικής αστικής νησίδας

Η θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των πόλεων, σε σχέση με τα περίχωρα, κατά τη διάρκεια μιας ζεστής καλοκαιρινής περιόδου, που οφείλεται στην αλλαγή του κλίματος που προκαλεί η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας στις αστικές επιφάνειες, όπως είναι τα κτίρια και οι δρόμοι στη διάρκεια της ημέρας. Στη διαμόρφωση της θερμικής νησίδας συμβάλλουν τα σκούρα και θερμά υλικά αστικών επιφανειών που έχουν χαμηλή αντανακλαστικότητα (χαμηλό albedo), που παρακρατούν τη θερμότητα την ημέρα και την αποδίδουν τη νύχτα, εμποδίζοντας τη φυσική ψύχρανση της ατμόσφαιρας (<http://www.ecocity.gr>). Το φαινόμενο αυτό, δημιουργεί ανοδικά ρεύματα αέρα τα οποία θεωρούνται υπεύθυνα για την εμφάνιση έντονων βροχοπτώσεων με τη μορφή καταιγίδας και για την αυξημένη συγκέντρωση ρύπων στον αέρα της πόλης (Μιχαηλίδου, 2011). Επιπλέον, οδηγεί στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των πόλεων από 7 έως 10 °C, σε σύγκριση με τα προάστια και σε υψηλότερη συγκέντρωση όζοντος και αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Πειραματικές μελέτες αναφέρουν ότι εγκατεστημένα φυτά στην επιφάνεια ενός δώματος αποτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών και συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (εικ. 10). Το φύλλωμα των φυτών προστατεύει την επιφάνεια του δώματος από την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα οι επιφανειακές θερμοκρασίες να είναι πολύ χαμηλότερες συγκριτικά με ένα συμβατικό δώμα. Αυτό το ψυκτικό αποτέλεσμα ενισχύεται και από τη δράση της εξατμισοδιαπνοής. Μέσω της εξατμισοδιαπνοής, δεσμεύεται η ηλιακή ενέργεια η οποία θα διοχετευόταν στο αστικό περιβάλλον με μορφή θερμότητας και επιτυγχάνεται φυσικός δροσισμός. Πειραματικές μελέτες δείχνουν 1,6% υψηλότερες αποδόσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων όταν βρίσκονται πάνω από οροφόμενους σε σύγκριση με συμβατικές επιφάνειες οροφής. Αυτό οφείλεται στις μειωμένες θερμοκρασίες κατά 1-20 °C στις επιφάνειες των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σύγκριση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι εγκατεστημένα σε συμβατικές στέγες (εικ. 11).



Εικόνα 10: Θερμοκρασιακές αλληλεπιδράσεις όπως συμβαίνουν σε ένα φυτοδώμα.

(Προσαρμογή από πηγή: Walk, 2010)

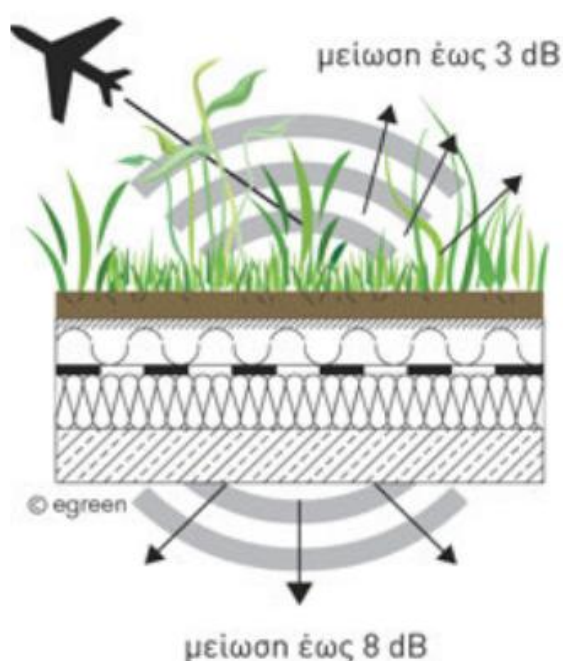


Εικόνα 11: Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πάνω από εκτατικό φυτοδώμα. Η πρώτη διάταξη είναι αποδοτικότερη.

(πηγή: Ali Jahanfar et al., 2019)

1.1.4.6 Μείωση της ηχορύπανσης

Οι σκληρές επιφάνειες στις αστικές περιοχές ανακλούν τον ήχο, ενώ τα φυτεμένα δώματα απορροφούν τα κύματα του ήχου, εξαιτίας της φύσης του υποστρώματος και της βλάστησης. Επιπλέον, τα φυτοδώματα απορροφούν τους θορύβους της πόλης, καθώς ο συνδυασμός του εδάφους, των φυτών και των παγιδευμένων στρωμάτων του αέρα μπορεί να λειτουργήσει ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι τα φυτοδώματα μπορούν να μειώσουν την ένταση του ήχου που ανακλάται κατά 3 db και ταυτόχρονα βελτιώνουν την ηχομόνωση του κτιρίου κατά 8 db, εξαιτίας του υποστρώματος και της βλάστησης. (Peck and Kuhn, 2001) (εικ. 12). Όταν η γωνία πρόσπτωσης του ήχου είναι κάθετη, το φυτικό στρώμα συμβάλει σε μια μικρή μείωση του ήχου υψηλών συχνοτήτων λόγω απορρόφησης, ενώ η ηχομονωτική ικανότητα του χώματος πάχους 12 cm φτάνει τα 40 db (Peck et al., 2001). Το χώμα, τα φυτά και ο αέρας, λειτουργούν ως φίλτρα απομόνωσης του ήχου με αποτέλεσμα να μειώνεται ο εξωτερικός θόρυβος 10 db περισσότερο από την συμβατική μόνωση.



Εικόνα 12: Οι ηχομονωτικές ιδιότητες του φυτοδώματος βελτιώνονται με φυσικά και τεχνικά μέσα.

(πηγή:<https://www.egreen.gr>)

1.1.4.7 Πυροπροστασία

Οι φυτεμένες στέγες θεωρούνται άκαυστες και αξιολογούνται ως σκληρή επικάλυψη. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο για την ανθεκτικότητα των φυτοδωμάτων στη φωτιά, απέδειξε ότι τα φυτοδώματα ήταν πιο ανθεκτικά στη φωτιά από στέγες που είχαν χαλίκι (οι κλιματικές συνθήκες στο Βερολίνο είναι διαφορετικές από τις ξηροθερμικές των Αθηνών , μόνο με καλά ποτισμένα φυτά θα μπορούσε να συμβεί, όπως επισήμανε η επιβλέπουσα).

1.1.4.8 Αισθητική αναβάθμιση

Αναμφίβολα μια πράσινη στέγη είναι οπτικά ελκυστική και στην περίπτωση ενός δημόσιου κτιρίου, εγγυημένη για να προσελκύσει την προσοχή. Ένα φυτεμένο δώμα αναβαθμίζει και βελτιώνει την αστική εικόνα, ενώ παράλληλα αυξάνει την αξία του ακινήτου και της γύρω περιοχής. Οι άνθρωποι θέλουν την αισθητικά ευχάριστη αρχιτεκτονική και οι πράσινες στέγες συχνά παίζουν μεγάλο ρόλο στο συνολικό σχεδιασμό. Για τα μεγάλα κτίρια με επίπεδες στέγες, ο κήπος της στέγης μπορεί επίσης να αυξήσει τον χρηστικό χώρο που προσφέρει ένα κτίριο. Αυτό μπορεί να είναι ένα πλεονέκτημα, ειδικά αν υπάρχει λίγος υπαίθριος ή πράσινος χώρος διαθέσιμος στην ιδιοκτησία. Ο χώρος της στέγης συχνά παραμένει ανεκμετάλλευτος. Ωστόσο, ως φυτεμένο δώμα, γίνεται ένας όμορφος, χρήσιμος χώρος με αισθητή βελτίωση της ποιότητας ζωής.

1.1.5 Μειονεκτήματα φυτοδωμάτων

Τα φυτοδώματα περιορίζονται από οικονομικά και οικολογικά ζητήματα. Συγκεκριμένα, η διαθεσιμότητα νερού είναι ο πιο περιοριστικός παράγοντας και είναι πιθανό να είναι πιο περιορισμένη στο μέλλον (Benvenuti, 2010). Η υπερβολική χρήση νερού για άρδευση είναι αντίθετη στην προώθηση ενός βιώσιμου κτηρίου (Sutton, 2014). Ο σωστός σχεδιασμός για την εγκατάσταση μιας πράσινης οροφής μειώνει σημαντικά τα μειονεκτήματα που μπορεί να συνοδεύουν. Ωστόσο, ορισμένοι τύποι πράσινων στεγών έχουν πιο απαιτητικά δομικά πρότυπα από άλλα. Σε ορισμένα υπάρχοντα κτίρια δεν μπορούν να εγκατασταθούν συγκεκριμένες πράσινες στέγες εξαιτίας του φορτίου βάρους των υποστρωμάτων και της βλάστησης που υπερβαίνουν την επιτρεπόμενη στατική φόρτιση, που επίσης αναφέρεται ως

εξωτερική δύναμη που εφαρμόζεται σε σταθερή θέση για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ανάλογα με τον τύπο του φυτοδώματος, το κόστος συντήρησης μπορεί να είναι υψηλό. Ορισμένοι τύποι φυτοδωμάτων, ειδικά ο εντατικός τύπος, απαιτούν ένα πολύ ισχυρό υλικό στεγανοποίησης για την αποφυγή διείσδυσης νερού και ριζών στη μεμβράνη στεγανοποίησης νερού. Η εγκατάσταση κατάλληλων υλικών στεγανοποίησης και ριζικών φραγμών απαιτεί σημαντικό χρηματικό ποσό. Η βλάστηση στους κήπους απαιτεί ειδικά λιπάσματα που μπορεί μερικές φορές να είναι πολύ δαπανηρά.

1.1.6 Γενικές αρχές σχεδιασμού και κατασκευής ενός φυτοδώματος

Δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μια βέλτιστη διάρθρωση φυτοδώματος (στρώμα αποστράγγισης, υπόστρωμα ανάπτυξης ή μέσο καλλιέργειας και φυτά) που θα μεγιστοποιήσει τα θερμικά οφέλη της πράσινης στέγης σε όλες τις χώρες ή τις κλιματικές ζώνες. Επομένως απαιτείται επιτόπια έρευνα για την επιλογή υποστρωμάτων και φυτών για φυτοδώματα σε διάφορες τοποθεσίες (Pianella, 2016). Ο Le Corbusier αντιλήφθηκε τους κήπους οροφής ως μορφή επαφής μεταξύ ανθρώπων και φύσης και κατατάχθηκε η κατασκευή τους ως βασικό στοιχείο στο πρόγραμμα της νέας αρχιτεκτονικής (Dunnett, 2004), ενώ για τον Steven Peck και την Monica Kuhn, ο Le Corbusier χρησιμοποίησε τις στέγες ως μια άλλη θέση αστικού πρασίνου και ο Frank Lloyd Wright ως εργαλείο για την ενσωμάτωση των κτηρίων του περισσότερο στενά με το τοπίο. Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος προϋποθέτει τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, που θα πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το φυσικό. Κατά τη δημιουργία του φυτεμένου δώματος πρέπει να περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες οδηγίες που αφορούν στην προετοιμασία του υπό διαμόρφωση χώρου, την εγκατάσταση της βλάστησης, την επιλογή των κατάλληλων υλικών πολυεπίπεδης διαστρωμάτωσης, την εφαρμογή των υλικών υποδομής πάνω από την στεγανοποιητική στρώση του κτιρίου, την επιλογή και εγκατάσταση της βλάστησης και του αυτόματου δικτύου άρδευσης, καθώς και τις οδηγίες διαχείρισης/συντήρησης του φυτεμένου δώματος.

Η φύτευση δώματος είναι δυνατό να εφαρμοστεί τόσο στα νέα κτίρια όσο και στα υφιστάμενα. Για να εξασφαλιστεί μεγάλη διάρκεια ζωής του φυτεμένου δώματος είναι απαραίτητο να προσδιορισθούν και να αναλυθούν οι διάφοροι παράγοντες που καθιστούν μια στέγη κατάλληλη για φύτευση. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- η αντοχή του κτιρίου ώστε να δέχεται πρόσθετο μόνιμο φορτίο
- ο τρόπος κατασκευής του δώματος (στέγης)
- οι συνθήκες περιβάλλοντος στην επιφάνεια που θα εγκατασταθούν φυτά
- το κόστος κατασκευής σε συνδυασμό με το επιθυμητό αισθητικό, λειτουργικό και ενεργειακό αποτέλεσμα.

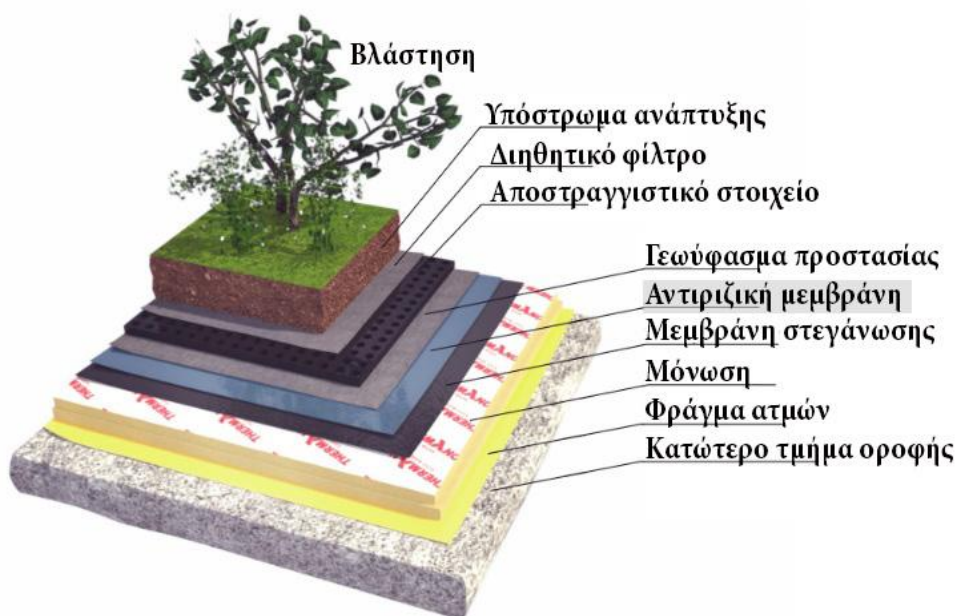
Ύστερα από την ανάλυση και την αξιολόγηση των παραγόντων αυτών, ακολουθεί η επιλογή του τύπου του φυτεμένου δώματος και το είδος της βλάστησης που πρόκειται να εγκατασταθεί. Ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε στέγης, τις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον όπου βρίσκεται το κτίριο και το είδος βλάστησης, επιλέγεται το κατάλληλο σύστημα υποδομής (πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών), προστασίας, αποθήκευσης νερού, αποστράγγισης, αλλά και από εξειδικευμένα υποστρώματα ανάπτυξης φυτών (Γιαννακούλα, 2012). Τα εκτατικού τύπου φυτοδώματα δεν είναι κατάλληλα για χρήση από τους ανθρώπους. Η πρόσβαση σε αυτά θα πρέπει να περιορίζεται κατά την συντήρηση ή την επισκευή τους, σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα. Η χρήση των φυτοδωμάτων από τους χρήστες του κτηρίου γίνεται κυρίως στα ημιεντατικού και εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα, τα οποία έχουν την κατάλληλη στατική επάρκεια. Οι αστοχίες της στέγης περιλαμβάνουν την υπερφόρτωση της δομής της οροφής, που οδηγεί σε κατάρρευση, διείσδυση ριζών στις μεμβράνες οροφής, υποβάθμιση αρδευτικών γραμμών, την απόφραξη του δικτύου αποστράγγισης και την απώλεια εδάφους που προκαλείται από την αποστράγγιση του νερού, την έκπλυση της οργανικής ύλης του εδάφους (Osmunolsen, 1999), μαζική απώλεια φυτών και προσβολή ζιζανίων αντίθετα με την πρόθεση σχεδιασμού (Magill et al., 2011).

1.1.7 Στρώσεις και υλικά

Τα υλικά για την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων είναι (**εικ. 13**):

- Το φυτικό υλικό
- Τα υλικά υποδομής τα οποία αποτελούν την απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση της βλάστησης
- Τα υλικά του συστήματος άρδευσης, το οποίο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της βλάστησης

Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φυτοδώματος και την εγκατάσταση της βλάστησης πρέπει να επιλεγούν με τέτοιο τρόπο που να εξασφαλίζεται αμοιβαία χημική συμβατότητα. Ο κατασκευαστής κάθε υλικού θα πρέπει να παρέχει στοιχεία σχετικά με τους περιορισμούς της χρήσης του λόγω ασυμβατότητας. Εάν για ένα οποιοδήποτε υλικό διαπιστωθεί ότι η χρήση του είναι ασύμβατη, είτε θα πρέπει να αναθεωρηθεί η επιλογή του υλικού ή θα πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα κατά την εγκατάσταση.



Εικόνα 13: Οι στρώσεις υλικών που μεσολαβούν μεταξύ της βλάστησης και του εσωτερικού ενός κτηρίου που έχει εγκατεστημένο οροφόκηπο.

(Προσαρμογή από πηγή: <https://thermano.eu>)

Η διαστρωμάτωση των υλικών για την κατασκευή ενός φυτοδώματος είναι η εξής (Τα κατωτέρω στοιχεία έχουν προέλθει σε σημαντικό βαθμό από “Κατευθυντήριες οδηγίες για τη μελέτη και την κατασκευή των φυτεμένων δωμάτων και στεγών” του ΓΕΩΤ.Ε.Ε.),

(https://www.geotee.gr/lnkFiles/20110707_diavoulefsi_katefth_odigies.pdf):

- **Διαχωριστική μεμβράνη** (σε περίπτωση μη χημικής συμβατότητας των υλικών στεγανοποίησης και του δώματος). Η διαχωριστική μεμβράνη

τοποθετείται σε περίπτωση μη χημικής συμβατότητας των υλικών στεγανοποίησης και του φυτεμένου δώματος, μεταξύ των μεμβρανών.

- **Μεμβράνη στεγάνωσης.** Η μεμβράνη στεγάνωσης αποτελεί την πρώτη στρώση που τοποθετείται στην επιφάνεια της οροφής και έχει την ικανότητα να μην επιτρέπει σε οποιασδήποτε υγρής μορφής στοιχείο, ειδικά του νερού, να τη διαπερνά.
- **Αντιριζική μεμβράνη.** Η παρουσία αντιριζικής μεμβράνης εξαρτάται από το φυτικό υλικό και τοποθετείται ώστε να προσφέρει κατάλληλη και διαρκή συγκράτηση υγρασίας ($3-7 \text{ l/m}^2$) και μηχανική προστασία της μόνωσης εμποδίζοντας τη διέλευση των ριζών των φυτών προς τη μόνωση του δώματος. Η αντιριζική μεμβράνη είναι κατασκευασμένη από υλικά με πυκνή δομή τα οποία εμποδίζουν τη διείσδυση των ριζών και προστατεύουν την ακεραιότητα της στεγανοποιητικής στρώσης του κτιρίου και έχει πάχος από 2-15 mm.
- **Υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης.** Το υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης της υγρασίας χρησιμεύει ως πρόσθετη συσκευή συγκράτησης νερού (Getter et al., 2007)
- **Αποστραγγιστικό σύστημα (εικ. 14).** Το Αποστραγγιστικό σύστημα είναι φτιαγμένο σε μια διάταξη από κυψέλες και έχει μελετηθεί ώστε να συγκρατεί τη μέγιστη ποσότητα νερού που δεν απορροφάται από το μέσο ανάπτυξης των φυτών σε ξηροθερμικές συνθήκες. Είναι σχεδιασμένο ώστε να επιτρέπει την βέλτιστη απορροή της περίσσειας νερού (η ικανότητα αποστράγγισης νερού είναι από $0,5- 8,1 \text{ l/m}^2$ και η ικανότητα αποθήκευσης Νερού $>3 \text{ l/m}^2$) και να την αποδίδουν στο ριζικό σύστημα των φυτών. Αν δεν μπορεί να επιτευχθεί η απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού, αφενός αυξάνεται το βάρος του συστήματος και αφετέρου μπορεί να προκληθεί σάπισμα των ριζών. Το πάχος της αποστραγγιστικής ζώνης καθορίζεται από τις απαιτήσεις και το είδος της προβλεπόμενης φύτευσης και από το πάχος του υποστρώματος ανάπτυξης που θα τοποθετηθεί. Διακρίνονται ανάλογα με τον κάθε τύπο φυτεμένου δώματος. Το αποστραγγιστικό σύστημα πρέπει να λειτουργεί σαν αποθήκη νερού και να επιτρέπει την ενιαία αποστράγγιση, τον αερισμό του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών και να αποτελεί ισχυρή προστατευτική στρώση για τις υποκείμενες μεμβράνες.



Εικόνα 14: Ποικιλία αποστραγγιστικών στοιχείων

(πηγή: Auckland Regional Council, 2010)

Όταν το δώμα είναι προσπελάσιμο, το αποστραγγιστικό σύστημα θα πρέπει να έχει υψηλή μηχανική αντοχή. Ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος μεταβάλλεται το πάχος του αποστραγγιστικού δικτύου. Στα φυτεμένα δώματα εντατικού τύπου (με ύψος υποστρώματος άνω των 80 cm) μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποστραγγιστικά συστήματα τα οποία δεν αποθηκεύουν νερό και χρησιμοποιούνται ως ισχυρή προστατευτική στρώση των υποκείμενων μεμβρανών, για την υποδομή εγκατάστασης πλακοστρώσεων, καθιστικών, υδάτινων στοιχείων κλπ.

- **Αποστραγγιστικό / Θερμομονωτικό σύστημα.** Το αποστραγγιστικό / θερμομονωτικό σύστημα είναι φτιαγμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύει την θερμομόνωση του κτιρίου, να λειτουργεί σαν αποθήκη νερού και να επιτρέπει την ενιαία αποστράγγιση, τον αερισμό του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών καθώς αποτελεί και ισχυρή προστατευτική στρώση για τις υποκείμενες μεμβράνες.
- **Διηθητικό φύλλο.** Το διηθητικό φύλλο είναι κατασκευασμένο από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο και είναι σχεδιασμένο ώστε να αποτρέπει τη μεταφορά τεμαχιδίων από το υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών στο αποστραγγιστικό σύστημα. Ουσιαστικά λειτουργεί ως φίλτρο ώστε να μην φράσσεται το κυψελωτό αποστραγγιστικό δίκτυο διευκολύνοντας έτσι τη ροή του νερού. Είναι ανθεκτικό σε λιπάσματα, οξέα, αλκάλια και οργανικές ενώσεις (φυτοφάρμακα, εκκρίσεις ριζών κλπ). Συνιστάται να είναι βιολογικά και χημικά ουδέτερο. Τα φύλλα διαχωρισμού και διήθησης ανάλογα με τον τύπο φυτεμένου δώματος, τοποθετούνται μετά το αποστραγγιστικό δίκτυο και πριν το φυτικό υπόστρωμα.
- **Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών.** Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών δίνει τη δυνατότητα στα φυτά να αναπτύξουν ένα πυκνό ριζικό σύστημα και να ικανοποιεί τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ανάγκες των φυτών. Απαιτείται να έχει συγκεκριμένο πορώδες, pH και κοκκομετρία, ανάλογα με το φυτικό υλικό που θα επιλεγεί. Πρέπει να είναι σταθερό, να απορροφά και να συγκρατεί νερό για την ανάπτυξη των φυτών και να επιτρέπει μόνο την περίσσεια νερού να οδηγείται στο αποστραγγιστικό σύστημα. Θα πρέπει επίσης να επιτρέπει τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμα και όταν είναι κορεσμένο με νερό. Σε βάθος χρόνου υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης στο μηχανικό υπόστρωμα ανάπτυξης φυτικού υλικού γι' αυτόν το λόγο χρειάζεται προσοχή. Σε κάθε τύπο φυτεμένου δώματος αντιστοιχεί ένα είδος φυτικού υποστρώματος. Στον εκτατικό τύπο χρησιμοποιείται το SEM (ελαφρύ φυτικό υπόστρωμα πάχους 8-20 cm), στον ημιεντατικό το SRM (ελαφρύ φυτικό υπόστρωμα πάχους 20-45 cm), ενώ στον εντατικό το SIM (ελαφρύ φυτικό υπόστρωμα πάχους 15-100 cm), (www.Landco.gr). Και τα τρία είδη χαρακτηρίζονται για το χαμηλό ειδικό βάρος τους, για τη σύστασή τους, η οποία επιτρέπει να προσδίδουν στα φυτά τις κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης και να περιορίζουν τη συμπίεση του υποστρώματος στο πέρασμα του χρόνου.

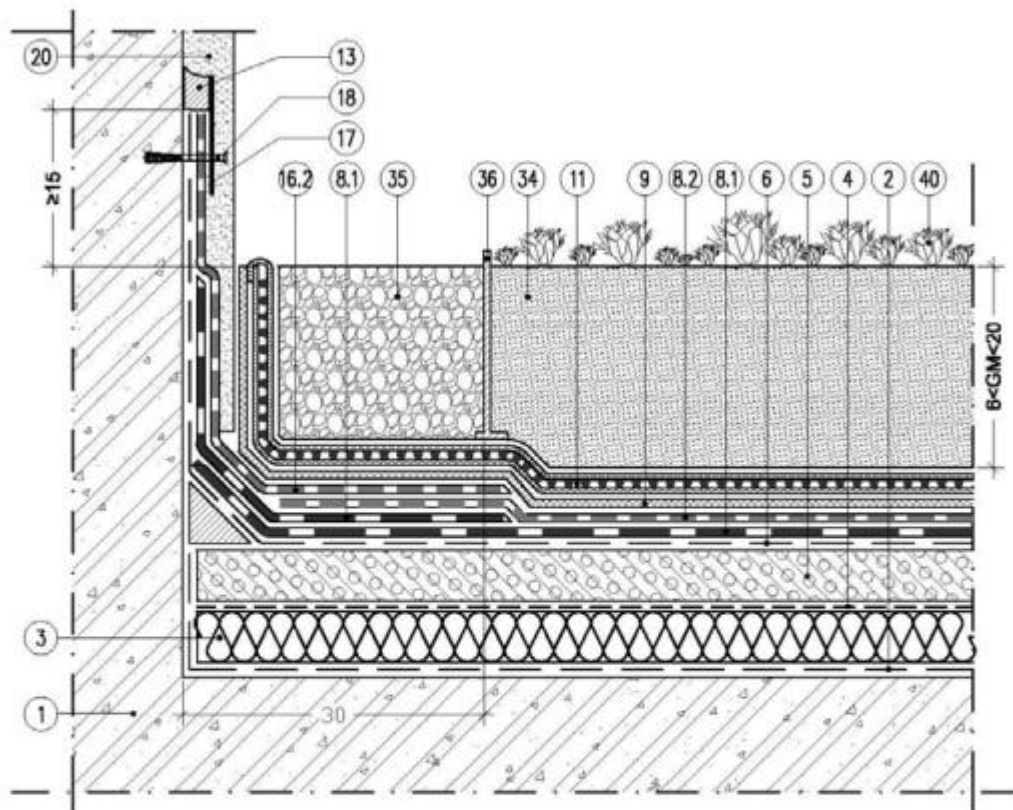
Τα υποστρώματα ανάπτυξης που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, έχουν και αυξημένες ποσότητες φωσφόρου και καλίου στην απορροή των ομβρίων υδάτων.

- **Ειδικά τεμάχια διαχωρισμού επιφανειών.** Τα ειδικά τεμάχια διαχωρισμού επιφανειών είναι εξειδικευμένα διάτρητα μεταλλικά τεμάχια από αλουμίνιο ή ανακυκλωμένο πλαστικό και έχουν διαφορετικά μεγέθη ανάλογα με το συνολικό βάθος διαστρωμάτωσης του φυτεμένου δώματος. Αν χρησιμοποιείται δεν πρέπει να εκτίθεται στον ήλιο. Χρησιμοποιούνται για τον εγκιβωτισμό ή τον διαχωρισμό του συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος από σκληρά δάπεδα ή ζώνες αποστράγγισης. Τα εξειδικευμένα τεμάχια έχουν εγκάρσιες οπές για την απορροή του νερού από και προς τον χώρο φύτευσης ανεξάρτητα από την κλίση της στέγης. Υπάρχουν προσαρμοζόμενα στοιχεία ή κυκλικές οπές στην βάση των τεμαχίων ώστε να επιτρέπουν την σταθεροποίησή τους χωρίς την διάτρηση της μεμβράνης στεγανοποίησης.
- **Βότσαλο / Αδρανές υλικό.** Το ποτάμιο βότσαλο ή αδρανές υλικό με στρογγυλεμένες ακμές εφαρμόζεται μετά την εγκατάσταση των ειδικών τεμαχίων διαχωρισμού στην περίμετρο του στηθαίου καθώς και στα φρεάτια ελέγχου των υδρορροών. Χρησιμοποιείται στη δημιουργία ζωνών διακοπής της φύτευσης στην περίμετρο του στηθαίου. Κατά τη εφαρμογή του είναι απαραίτητο να έχει προηγηθεί η διασφάλιση της προστασίας της αντιριζικής μεμβράνης στην περίμετρο με την διάστρωση και επικόλληση του υποστρώματος προστασίας σε ύψος μεγαλύτερο από το ύψος εφαρμογής του ποτάμιου βότσαλου/αδρανούς υλικού. Η περιμετρική διάστρωση αδρανούς υλικού λειτουργεί σαν ζώνη υπερχείλισης, ενώ επιτρέπει ταυτόχρονα τον έλεγχο και την επισκευή της αντιριζικής μεμβράνης. Η διαβάθμιση του αδρανούς υλικού, το πλάτος της ζώνης και το συνολικό βάθος εξαρτώνται από την συνολική αποστραγγιστική ικανότητα της υποδομής του φυτεμένου δώματος και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.
- **Φρεάτια ελέγχου υδρορροών.** Τα ειδικά διάτρητα φρεάτια υδρορροών τοποθετούνται στα σημεία των υδρορροών πάνω από το υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας. Είναι φτιαγμένα από ανοξείδωτο μέταλλο, αλουμίνιο, πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο για την πρόσβαση και τον καθαρισμό των υδρορροών, καθώς και τον έλεγχο της απορροής της πλεονάζουσας ποσότητας νερού. Οι επεκτάσεις επιτρέπουν την εφαρμογή

των φρεατίων σε οποιοδήποτε βάθος, ώστε σε κάθε περίπτωση να είναι ελεγχόμενη η υδρορροή. Έχουν εγκάρσιες οπές στο αποσπώμενο ή ανοιγόμενο καπάκι τους ενώ επιτρέπουν την κυκλοφορία ανθρώπων. Έχουν διάφορες διαστάσεις και διαφορετικά ύψη, ενώ με πρόσθετα τεμάχια επέκτασης, καλύπτουν το επιθυμητό ύψος τοποθέτησης. Μετά την τοποθέτηση ακολουθεί η επικάλυψη τους με διηθητικό φύλλο και η τοπική διάστρωση αδρανούς υλικού / ποτάμιου βότσαλου για την ενίσχυση της αποστραγγιστικής ικανότητας.

- **Κανάλια αποστράγγισης (εικ. 15).** Τα κανάλια και οι εξειδικευμένες σχάρες αποστράγγισης τοποθετούνται στα σημεία συναρμογής της υποδομής του φυτεμένου δώματος ή σκληρού δαπέδου με το κτίριο, επάνω σε προστατευτική στρώση και όχι απευθείας στην μεμβράνη στεγανοποίησης ή την αντιριζική μεμβράνη. Κανάλια και σχάρες αποστράγγισης διαφόρων διαστάσεων σταθερού και ρυθμιζόμενου ύψους, κατασκευασμένες από ανοξείδωτο μέταλλο ή επικαλυμμένες με ανακυκλωμένο πολυπροπυλένιο, με σχάρα από ασάλι, αλουμίνιο ή πλαστικό. Δημιουργούνται ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη απορροή των υδάτων, η καθαριότητα, και η ασφάλεια του κτιρίου. Το ύψος τους ρυθμίζεται ώστε να είναι συνεπίπεδο με το σκληρό δάπεδο ή την τελική στάθμη της υποδομής του φυτεμένου δώματος.

ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ
ΕΚΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΜΕ ΚΛΑΣΣΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΘΑΙΟΥ



ΤΠΟΜΝΗΜΑ ΣΤΜΒΟΛΙΣΜΩΝ

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. ΠΛΑΚΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΩΔΕΜΑ | 16.2 ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ |
| 2. ΦΡΑΓΜΑ ΤΔΡΑΤΜΩΝ | ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΨΗΦΙΔΑΣ |
| 3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ | 17. ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΛΑΜΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ |
| 4. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ | 18. ΒΙΔΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ |
| 5. ΡΥΣΕΙΣ | 20. ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ |
| 6. ΑΣΤΑΡΙ | 22. ΤΔΡΟΡΡΟΗ |
| 8.1 ΠΡΩΤΗ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ | 23. ΚΕΦΑΛΗ ΤΔΡΟΡΡΟΗΣ |
| ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 24. ΔΙΑΤΡΗΤΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΤΔΡΟΡΡΟΗΣ |
| 8.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ | 34. ΤΠΟΣΤΡΩΜΑ ΓΙΑ ΕΚΤΑΤΙΚΗ ΦΥΤΕΥΣΗ GM |
| ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 35. ΘΡΑΤΣΤΟ ΤΛΙΚΟ 16-32 mm |
| 9. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ ΗΔΡΕ | 36. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ |
| 10. ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΚΟΛΛΑ ESHA | 37. ΔΙΑΤΡΗΤΟΣ ΣΙΔΗΡΙΑΣ |
| 11. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 38. ΓΕΩΤΦΑΣΜΑ |
| 12. ΚΟΡΔΟΝΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΑΡΜΩΝ | 39. ΚΑΛΥΜΜΑ ΣΙΔΗΡΙΑΣ |
| 13. ΜΑΣΤΙΚΗ ΣΦΡΑΓΙΣΗΣ | 40. ΦΥΤΕΥΣΗ ΕΚΤΑΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ |
| 14. ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ (ΛΟΤΚΙ) | |
| 15. ΣΤΗΘΑΙΟ ΑΠΟ ΣΚΥΡΩΔΕΜΑ | |

Εικόνα 15: Κατασκευαστική λεπτομέρεια εκτατικού τύπου φυτοδώματος (το βάθος του υποστρώματος στις υλοποιημένες κατασκευές είναι μικρότερο)

(πηγή: http://library.tee.gr/digital/m2316/m2316_evaggeliou.pdf)

- **Φυτικό Υλικό.** Το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στο δώμα θα πρέπει να συγκεντρώνει κάποια γενικά χαρακτηριστικά και να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις, ώστε να εξασφαλιστεί η μακροβιότητά του και να

αποφευχθούν τυχόν ζημιές στα υποκείμενα στρώματα του συστήματος. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης
- Επιφανειακό ριζικό σύστημα
- Ανθεκτικότητα στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία, την ξηρασία και τον παγετό

1.1.8 Επιλογή φυτικού υλικού

Είναι σημαντική η αξιολόγηση της εγκατάστασης φυτών σε φυτοδώματα γιατί η αποτυχία εγκατάστασης έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό εμπόδιο για την ανάπτυξη επιτυχημένων πράσινων στεγών ιδιαίτερα στις περιοχές που η βιομηχανία φυτοδωμάτων είναι στα σπάργανα (Williams et al., 2010). Οι Pianella et al., αφού εξέτασαν πολλές παραμέτρους που σχετίζονται με το έδαφος και την βλάστηση σε εκτατικά φυτοδώματα διαπίστωσε ότι στη Μελβούρνη, που χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα, η φυλλική επιφάνεια (LAI) είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τη μείωση της θερμότητας του υποστρώματος όσο και της ροής θερμότητας. Υποστρώματα με εκτεταμένη κάλυψη από τα φυτά έχουν λιγότερη εξάτμιση υγρασίας και καλύτερη χρήση νερού από τα φυτά, οδηγώντας τα σε περαιτέρω ανάπτυξη (Papafotiou et al., 2013).

Όσον αφορά το φυτικό υλικό για κάθε τύπο φυτοδώματος, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη (<https://www.nps.gov/tps/sustainability/new-technology/green-roofs/plants.htm>):

- Το τελικό μέγεθος ή βάρος των φυτών
- Αν πρόκειται να εγκατασταθεί το φυτικό υλικό σε ιστορικό κτήριο
- Το κόστος συντήρησης
- Την ενδεχόμενη απαίτηση εγκατάστασης συστήματος άρδευσης

Σε εντατικού ή ημιεντατικού τύπου φυτοδώματα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται:

- Φυτά που ομοιάζουν με αυτά ενός συμβατικού κήπου ή πάρκου

- Φυτά με βαθύτερο ριζικό σύστημα ή και μεγαλύτερο μέγεθος, σε σχέση με αυτά του εκτατικού τύπου
- Φυτά που το κτήριο μπορεί να αντέξει
- Αλλά και φυτά που ταιριάζουν με την φυσιογνωμία του κτηρίου, ειδικά αν πρόκειται για ιστορικό

Στον εκτατικό τύπο θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα εξής:

- Φυτά ανθεκτικά σε ακραίες συνθήκες (θερμοκρασία, άνεμος, ξηρασία), όπως φυτά του γένους *Sedum*
- Είδη με ταχεία ανάπτυξη/εξάπλωση (π.χ. γρασίδι)
- Είδη με θυссανώδες ριζικό σύστημα

1.2 Τα φυτά *Globularia alypum* και *Lomelosia hymettia*

Οι Dimopoulos et al. (2013) ανέφεραν ότι η Ελληνική χλωρίδα αποτελείται από 5752 είδη φυτικών ειδών (1278 ενδημικά). Πολλά από αυτά είναι βότανα, αρωματικά και φαρμακευτικά, που θα μπορούσαν να θεωρηθούν κατάλληλα για βιώσιμη ανάπτυξη σε μεσογειακά συστήματα πράσινης στέγης σε συνδυασμό με ελάχιστες εισροές νερού (Benvenuti and Bacci, 2010).

1.2.1 Το φυτό *Globularia alypum* L.

Σύμφωνα με την WWF (World Wide Fund for Nature) οι περιοχές γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου χαρακτηρίζονται από τη σπάνια βιοποικιλότητά τους (Μαμούχα Σ, Χριστοδουλάκης Ν., 2014). Ένα κοινό Μεσογειακό φυτό είναι η γλοβουλαρία (*Globularia alypum*) ή στουρέκι (εικ. 16). Το στουρέκι είναι φαρμακευτικό φυτό με καθαρτικές ιδιότητες, το οποίο φύεται σε χέρσες πετρώδεις τοποθεσίες, φρύγανα και θαμνότοπους (Chograni et. al., 2012).

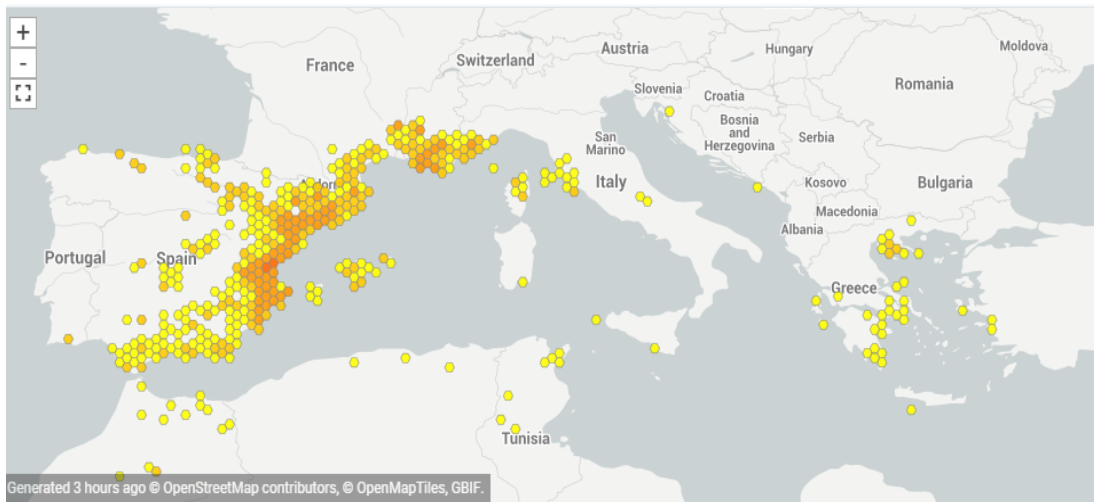


Εικόνα 16: Αυτοφυές φυτό *Globularia alypum*

1.2.1.1 Ιστορικά στοιχεία – Καταγωγή και εξάπλωση

Το στουρέκι κατάγεται από την κεντρική και νότια Ευρώπη, τη βορειοδυτική Αφρική και τη νοτιοδυτική Ασία (<https://en.wikipedia.org/wiki/Globularia>) (εικ. 17). Έχει εξαπλωθεί σε όλη την Ελλάδα, καθώς συναντάται στο βορειοανατολικό τμήμα της, τη Στερεά Ελλάδα, την Πελοπόννησο, τα Νησιά Ιονίου, τη Κρήτη, και το Ανατολικό Αιγαίο (<https://www.greekflora.gr/el/flowers/0289/Globularia-alypum>). Στην αρχαία Ελλάδα, ήταν πολύ γνωστό φυτό με την ονομασία ἄλυπον, και θεωρείτο ως φαρμακευτικό φυτό. Ο Διοσκουρίδης, ως σημαντικός γιατρός, φαρμακολόγος και βοτανολόγος αναφέρει ότι το ἄλυπον, ήταν πολύ καλό καθαρικό της χολής, αντιρρευματικό, εφιδρωτικό, και αντιπυρετικό

(<http://athanasopoulos.farm/products/globularia-alypum>).



Εικόνα 17 : Εξάπλωση του φυτού *Globularia alypum*

(πηγή: <https://www.gbif.org/species/7703240>)

1.2.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το στουρέκι είναι ένας χαμηλός πολυετής θάμνος που δε ξεπερνά τα 60 cm, αιθαλής, με ξυλώδη κλαδιά, και πράσινους ανθεκτικούς πολύκλωνους βλαστούς. Τα φύλλα του είναι πράσινα, αντιλογχοειδή, ακέραια ή με λίγους αβαθείς λοβούς, κατανεμημένα σε όλο το μήκος του βλαστού. Είναι μακρόστενα με ένα νεύρο και μυτερά με μικρή διαπλάτυνση προς το άκρο τους. Τα μικρά κυανοϊώδη και αρωματικά του άνθη είναι ημισφαιρικά οδοντωτά, με διάμετρο μέχρι 3 cm και είναι συγκεντρωμένα σε κεφαλόμορφες ταξιανθίες (εικ. 18 & 19).



Εικόνες 18 & 19: Λεπτομέρειες από το υπέργειο αλλά και το ριζικό σύστημα αυτοφυούς φυτού *Globularia alypum*

1.2.1.3 Ταξινόμηση και ονομασία

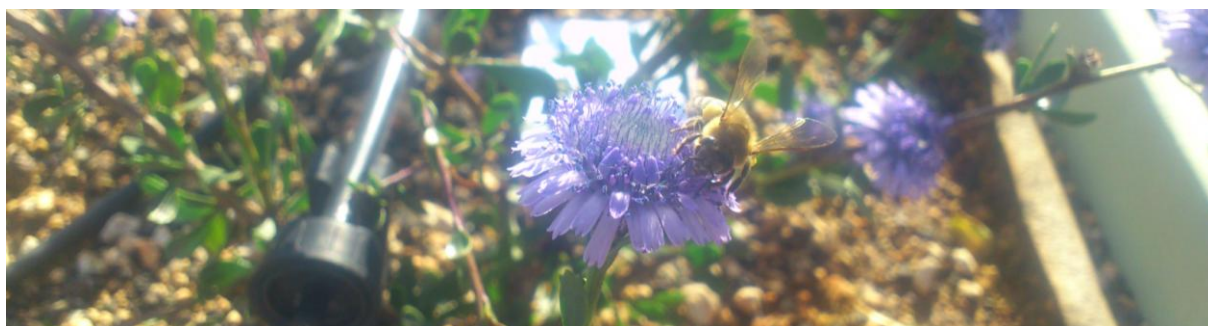
Το γένος *Globularia* ανήκει στην οικογένεια *Globulariaceae* και αποτελείται από φυτά τα οποία είναι βότανα, χαμαίφυτα ή θάμνοι, κοινά στις μεσογειακές περιοχές, την Ευρώπη και τη Βόρεια Αφρική (Ελλάδα, Τυνησία, Μαρόκο, Λιβύη και Αλγερία) (Khlifi et al, 2011). Υπάρχουν παγκοσμίως είκοσι δύο παρόμοια είδη. Το όνομα του γένους προέρχεται από το λατινικό «Globulus» υποκοριστικό του «Globus», δηλαδή «υδρόγειος» εξαιτίας του σφαιρικού σχήματος της ταξιανθίας του φυτού. Η ονομασία *globularia* δόθηκε από τον Linnaeus, το 1753, από τη λατινική λέξη που επεξηγεί το σχήμα του άνθους, ενώ το όνομα του είδους από το ελληνικό «άλυπος», δηλαδή άλφα στερητικό και «λύπη»= θλίψη, πόνος (Milletti and Jarvis, 1987).

1.2.1.4 Βιολογικός κύκλος

Το στουρέκι φύτεται σε υψόμετρο που δε ξεπερνά τα 600 m, σε πετρώδεις πλαγιές, πετρώδεις θαμνότοπους, και βραχώδη εδάφη με ασβεστολιθικό υπόβαθρο (<https://www.greekflora.gr/el/flowers/0289/Globularia-alypum>). Συναντάται επίσης σε θέσεις με ανθρωπογενή επιβάρυνση, όπως άκρες δρόμων, ή ακαλλιέργητους αγρούς και σε όρια καλλιεργούμενων αγρών. Το στουρέκι ανθίζει συνήθως το Φεβρουάριο.

1.2.1.5 Χρησιμότητα

Το φυτό είναι πλούσιο σε πολυφαινόλες και φλαβονοειδή. Σε σχετικές πανεπιστημιακές έρευνες που έχουν καταχωρηθεί στη US National Library of Medicine τεκμηριώθηκαν οι έντονα αντιοξειδωτικές ιδιότητες του φυτού (Taleb-Dida et al, 2011). Επιπρόσθετα το εκχύλισμα του έχει ευεργετική επίδραση στο πλάσμα και δίνει μια πολλά υποσχόμενη προοπτική για τη θεραπεία της υπερτριγλυκεριδαιμίας (Skim et al, 1999). Ακόμη δρα ευεργετικά στους μυς και τους νεφρούς, μειώνοντας την υπεροξειδωση των λιπιδίων και βελτιώνει τα αντιοξειδωτικά ένζυμα. Σε σχετική μελέτη του Farhat Hached τεκμηριώθηκαν οι ανδρογεννητικές (παραγωγή σπερματοζωαρίων) ιδιότητες του φυτού που συντελούν στη θεραπεία της στειρότητας (Fehri et al., 2012). Τα φύλλα του, αναφέρεται ότι χρησιμοποιούνται στη θεραπεία του διαβήτη και στις νεφρικές και καρδιαγγειακές παθήσεις. Χρησιμοποιούνται επίσης ως καθαρτικό, στομαχικό, καθαριστικό, καταπραϋντικό, αντιυπερτασικό και υπογλυκαιμικό (Wahiba, 2016). Το στουρέκι είναι επίσης άριστο μελισσοκομικό φυτό (**εικ. 20**). Δίνει άφθονη γύρη και νέκταρ πολύ νωρίς, αφού η ανθοφορία του ξεκινά Φεβρουάριο (ή και Ιανουάριο).



Εικόνα 20 : Επίσκεψη συλλέκτριας μέλισσας του είδους *Apis mellifera cecropia* σε άνθος φυτού *Globularia alypum*, που αναπτύσσεται σε πλαστικό κιβώτιο για την απόσπαση γύρης, κατά τον μήνα Φεβρουάριο.

1.2.2 Το φυτό *Lomelosia hymettia*

Η *Lomelosia hymettia* (Boiss. & Spruner) Greuter & Burdet in Greuter & Raus 1985 με συνώνυμο *Scabiosa hymettia* Boiss. & Spruner 1843 και κοινή ονομασία Σκαμπιόζα του Υμηττού (<https://www.greekflora.gr/el/flowers/0515/Scabiosa-hymettia>) (εικ. 21), είναι ένας χαμηλός, πυκνός, πολυετής θάμνος, που αναπτύσσεται σε ρωγμές βράχων. (<http://floraattica.blogspot.com/2010/05/lomelosia-hymettia.html>)



Εικόνα 21 : Αυτοφυές φυτό *Lomelosia hymettia*

(πηγή: <https://www.greekflora.gr/el/flowers/0515/Scabiosa-hymettia>)

1.2.2.1 Καταγωγή – Εξάπλωση

Η λομελόσια ανήκει στην οικογένεια *Dipsacaceae* και είναι ενδημικό είδος της Κεντρικής Ελλάδας, της Πελοποννήσου, καθώς και της περιοχής του Βορείου Αιγαίου (εικ. 22). Εντοπίζεται κυρίως στην Αττική, στον Υμηττό, την Πάρνηθα, τα Γεράνια Όρη έως το Όρος Πατέρα (Christopoulou et al., 2008).



Εικόνα 22: Εξάπλωση του φυτού *Lomelosia hymettia*

(πηγή: <https://www.gbif.org/species/4103057>)

1.2.2.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η λομελόσια είναι ένας πολυετής θάμνος, με ξυλώδη βάση (**εικ. 23**). Οι βλαστοί είναι λεπτοί, τριχωτοί, ύψους 30-80 cm και τα φύλλα είναι έλοβα λογχοειδή. Έχει ανθοφόρα μονήρη κεφάλια με διάμετρο μέχρι 4 cm στις κορυφές των βλαστών, και ανθίδια ροδινοϊώδη, με τα περιφερειακά αρκετά μεγαλύτερα από τα κεντρικά. (<https://www.greekflora.gr/el/flowers/0515/Scabiosa-hymettia>).



Εικόνα 23: Το υπέργειο τμήμα φυτού *Lomelosia hymettia* όπως έχει αναπτυχθεί σε πλαστικό κιβώτιο μετά την πάροδο 7 μηνών, κατά τον μήνα Ιανουάριο.

1.2.2.3 Ταξινόμηση

Η οικογένεια *Dipsacaceae* περιλαμβάνει 12-13 γένη, και 250 – 350 είδη, ανάλογα με την περιοχή που διανέμονται στην Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική, με κέντρο τη λεκάνη της Μεσογείου (Caruto et. al., 2004). Κοινό χαρακτηριστικό των ειδών αποτελεί ο κάλυκας, ο οποίος περιβάλλει τον καρπό, του οποίου το σχήμα και η συμμετρία σχετίζεται με την ταξινόμηση του είδους (Ehrendorfer 1964). Το γένος *Scabiosa* L., στο οποίο ανήκει η λομελόσια, είναι το σημαντικότερο μέλος της οικογένειας *Dipsacaceae*, όσον αφορά την πολυπλοκότητα (Verlaque, 1983).

1.2.2.4 Βιολογικός κύκλος

Το φυτό φύεται σε υψόμετρο 50-1300 m, σε πετρώδεις τοποθεσίες και πλαγιές. Ανάλογα με το υψόμετρο και τη θέση του φυτού ανθίζει από Μάιο έως και νωρίς το φθινόπωρο (<http://www.perennials.com/plants/scabiosa-vivid-violet.html>). Η λομελόσια είναι ανθεκτική στην ξηρασία και ανέχεται ένα μεγάλο εύρος τιμών pH, καθώς συναντάται τόσο σε όξινα όσο και σε αλκαλικά περιβάλλοντα.

1.2.2.5 Χρησιμότητα

Διάφορα taxa που ανήκουν στο γένος *Scabiosa* έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραδοσιακή ιατρική για την καταπολέμηση του καρκίνου, των όγκων και των οιδημάτων, ενώ χρησιμοποιείται επίσης ενάντια στη δημιουργία πολλών μικρών λίθων που σχηματίζονται στα νεφρά (Hartwell, 1982 και Περδετζόγλου 1994). Επιπλέον, το φυτό μπορεί να καταναλωθεί ως σαλάτα.

1.3 Υλικά υποστρωμάτων

Οι Parafotiou et al. (2013) χρησιμοποίησαν στο μεσογειακό κλίμα της Ελλάδας, έδαφος ως πρόσθετο στο μείγμα υποστρώματος (μείγμα εδάφους, περλίτη, compost), για να αυξηθεί η ικανότητα συγκράτησης υγρασίας. Οι Best et al. (2015), επιβεβαίωσαν τις ανησυχίες ότι τα λεπτά σωματίδια αυξάνουν το φορτίο της στέγης και την απρόβλεπτη βιολογική δραστηριότητα όταν χρησιμοποιούν φυσικό έδαφος,

αλλά επίσης ανέφεραν ότι η χρήση φυσικού εδάφους μπορεί να προσφέρει οικολογικό όφελος για τις πράσινες στέγες, παρέχοντας έναν γρήγορα διαθέσιμο βιότοπο.

1.3.1 Περλίτης

Ο περλίτης είναι ανόργανο υλικό, αργιλοπυριτικό με κρυσταλλικό νερό, ηφαιστειογενούς προέλευσης. Στην Ελλάδα παράγεται στην Νίσυρο και τη Μήλο (Κυρίτσης και Μαυρογιαννόπουλος, 1996). Ο περλίτης ως πρώτη ύλη εξορύσσεται από τα ορυχεία, αλέθεται, διαχωρίζεται και υφίσταται θερμική επεξεργασία 900-1000°C, όπου διογκώνεται και αποστειρώνεται (Ολύμπιος, 1994). Στα εδαφικά μείγματα ο περλίτης που χρησιμοποιείται είναι κόκκοι, διαμέτρου 1,5-3 mm, πυκνότητας 128 kg/m³ και μπορεί να συγκρατήσει έως και πενταπλάσιο νερό σε σχέση με τον όγκο του. Το pH του είναι 7,0-7,5 αλλά δεν παρουσιάζει ρυθμιστική ικανότητα και επίσης δεν προσφέρει θρεπτικά στοιχεία (Ευσταθιάδης 1987, Ολύμπιος 1994). Ο περλίτης συνδυάζεται πολύ καλά σε μείγμα με τύρφη, όπου βελτιώνει το πορώδες, ενώ υποστρώματα από καθαρό περλίτη ή μείγματα που περιέχουν περλίτη σε μεγαλύτερο ποσοστό στραγγίζουν και αερίζονται πολύ καλά.

1.3.2 Ελαφρόπετρα

Η κίσηρη ή κίσσηρη, κοινώς ελαφρόπετρα (ετυμ. ανάλυση: ελαφρύς + πέτρα = ελαφριά πέτρα) είναι ένα πορώδες ηφαιστειογενές ορυκτό, χημικά αδρανές. Δημιουργείται από την ηφαιστειακή δράση και το πορώδες του υλικού οφείλεται στα κενά που δημιουργούνται από τη διαφυγή ατμού κατά την ψύξη της λάβας. Λόγω του μικρού της βάρους/χαμηλής πυκνότητας, της ακαυστότητάς της και των άλλων θερμομονωτικών και ηχοαπορροφητικών ιδιοτήτων αποτελεί ένα ιδανικό αδρανές υλικό για την κατασκευή δομικών προϊόντων. Η ελαφρόπετρα είναι κατάλληλη για την παραγωγή ελαφροβαρών δομικών στοιχείων (κισσηρόλιθων) ελαφροσκυροδέματος (δομικού και πληρώσεως), ελαφροβαρών προκατασκευασμένων στοιχείων και ελαφροβαρών μονωτικών επιχρισμάτων. Ως φυσική πρώτη ύλη είναι κατάλληλη για υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών, βελτιωτικό εδαφών, συστατικό υποστρώματος φυτοδωμάτων καθώς και για την επικάλυψη εδαφών.

1.3.3 Κομπόστες

Οι οργανικές ύλες μπορούν να βελτιώσουν τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους, αύξηση της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας (Angelides and Londra, 2000), παίζουν σημαντικό ρόλο στη θερμική αγωγιμότητα, την υφή του εδάφους, την περιεκτικότητα σε νερό, τη συγκέντρωση αλάτων και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (Abu-Hamdeh and Reeder, 2000) και ενισχύουν την γονιμότητα του εδάφους (Pinamonti, 1997). Η κομποστοποίηση ή αερόβια χώνευση, είναι μια από τις πιο αρχαίες γεωργικές διεργασίες, η οποία άρχισε να συστηματοποιείται στις αρχές του 1900 από τον Sir Albert Howard, στην περιοχή Indore της Ινδίας (Golueke, 1972). Ως κομποστοποίηση ορίζεται η βιολογική, αερόβια, θερμοφιλή και ελεγχόμενη διεργασία μερικής αποσύνθεσης των οργανικών αποβλήτων που οδηγεί στην παραγωγή κομπόστ, ενός δηλαδή οργανικού εδαφοβελτιωτικού που προσομοιάζει στο χούμους του εδάφους και προωθεί την ανάπτυξη των φυτών (Weissbart et al., 2002). Η κομποστοποίηση μετατρέπει τα οργανικά υλικά σε μια πλούσια σκούρα ουσία. Πρόκειται για μία βιολογική οξειδωτική διεργασία. Για την υλοποίησή της, πρωταρχικό ρόλο παίζουν οι αερόβιοι μικροοργανισμοί (βακτήρια και μύκητες), χωρίς ωστόσο να αποκρύπτεται η ανάγκη για διερεύνηση της παρουσίας και της πιθανής δραστηριότητας αναερόβιων μικροοργανισμών σε αναερόβιους θύλακες του οργανικού μείγματος (Cabanas-Vargas & Stentiford, 2006). Κατά την αερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ύλης καταναλώνεται O_2 , ενώ με παράλληλη έκλυση θερμότητας, παράγονται CO_2 , NH_3 , και οργανικά οξέα (Day & Shaw, 2001). Το τελικό αποτέλεσμα είναι το κομπόστ (πλούσιο, σκούρο, και άοσμο). Η κομποστοποίηση είναι ένας πολύ άμεσος και σημαντικός τρόπος πρόληψης και ανακύκλωσης. Έχει υπολογιστεί ότι το 35% των οικιακών απορριμμάτων μπορούν να κομποστοποιηθούν. Η Ελληνική πολιτεία έχει μεριμνήσει για την εκπόνηση μελέτης που αφορά οδηγό εφαρμογής προγραμμάτων. Τα μείγματα υποστρωμάτων για φυτοδώματα δεν πρέπει να περιέχουν περισσότερο από 20% κατ' όγκο οργανική ύλη (π.χ. βρύα τύρφης) για την μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς, την ελαχιστοποίηση της συρρίκνωσης των υποστρωμάτων μέσω της αποσύνθεσης και την αποφυγή της έκπλυσης υπερβολικών θρεπτικών ουσιών όπως άζωτο και φώσφορο (Sailor and Hagos, 2011).

1.3.3.1 Διαδικασία κομποστοποίησης

Η διεργασία της κομποστοποίησης ελέγχεται κυρίως από τις ενδογενείς ιδιότητες του αρχικού μείγματος (σύσταση, διαστάσεις τεμαχιδίων), αλλά και ορισμένες εξωγενείς παραμέτρους (περιεκτικότητα σε υγρασία, οξύτητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα και περιεκτικότητα σε οξυγόνο). Κοινός παρονομαστής όλων είναι η επίδρασή τους στην υποστήριξη και τη δράση των μικροοργανισμών που συμμετέχουν στη διεργασία της κομποστοποίησης. Τα βακτήρια, οι μύκητες και άλλα μικρόβια είναι οι "εργάτες" της κομποστοποίησης. Αυτοί υποβοηθούνται κι από πολλούς άλλους οργανισμούς. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, αυτά τα μικρόβια παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), θερμότητα και νερό καθώς αποικοδομούν τα οργανικά υλικά του σωρού. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το κομπόστ (πλούσιο, σκούρο, θριφτό και άοσμο). Για την αποτελεσματική κομποστοποίηση χρειάζονται:

- Οργανικό μίγμα υλικών (σε σωστές αναλογίες)
- Αερισμός
- Ελεγχόμενη μέγιστη δυνατή σχετική υγρασία
- Μικρό μέγεθος υλικών

Η ποιότητα του κομπόστ, αποτελεί σημαντικό αντικείμενο διερεύνησης στον τομέα της διαχείρισης οργανικών αποβλήτων, καθώς καθορίζει τη διαχείριση της διεργασίας της κομποστοποίησης, τις εφαρμογές του κομπόστ και την οικονομική του αποδοτικότητα.

1.3.3.2 Πρώτες ύλες για κομποστοποίηση

Τα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή κομποστών είναι:

- Οργανικά υλικά (κοπριά ζώων και άχυρο)
- Ξηρά υπολείμματα μετά από συγκομιδή, φυτική ύλη (φύλλα, κλαδιά, ζιζάνια)
- Υπολείμματα επεξεργασίας εργοστασίων (υπολείμματα από οινοποιεία, ελαιουργεία, εκκοκκιστήρια βαμβακιού)
- Χωνεμένο κομπόστ

- Φύκη και άλλα φυτικά υπολείμματα

1.3.3.3 Υλικά ακατάλληλα για κομποστοποίηση

Τα υλικά που πρέπει να αποφεύγονται κατά την παραγωγή κομπόστ είναι:

- Ανόργανα υλικά και συνθετικές ύλες (πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί)
- Υπολείμματα φαγητών που περιέχουν κρέας, λίπη, κόκκαλα, λάδια, υλικά καθαρισμού και απορρυπαντικά)
- Φυτικά υπολείμματα που έχουν προσβληθεί από μύκητες (περονόσπορο, ωίδιο)
- Ζωικά και φυτικά λίπη

1.3.3.4 Κομπόστ από Στέμφυλα Οινοποιίας

Τα στέμφυλα οινοποιίας (εικ. 24) είναι το υπόλειμμα από την έκθλιψη των σταφυλιών για παραγωγή γλεύκους. Αποτελούνται από τους μίσχους, τα υπολείμματα της σάρκας, τους φλοιούς και τα σπέρματα των σταφυλιών, η μεταξύ των οποίων αναλογία εξαρτάται από την ποικιλία, την ανάπτυξη των βότρυων και από τη μέθοδο της έκθλιψης. Αυτά τα στέμφυλα ονομάζονται «μη εξαντλημένα» και διαφέρουν από αυτά που προκύπτουν έπειτα από απόσταξη και καλούνται «εξαντλημένα». Τα στέμφυλα, όσο παραμένουν φρέσκα, διατίθενται ως ζωοτροφή, κυρίως ως συμπλήρωμα διατροφής για αγελάδες. Αργότερα, αφού έχει ολοκληρωθεί η χώνευση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα βελτιωτικό εδάφους αυτούσια, ή έπειτα από εμπλουτισμό. Τα οινοποιητικά υποπροϊόντα, εκτός από το γεγονός ότι παρουσιάζουν σημαντικές βιολογικές ιδιότητες, λόγω όγκου και οργανικού φορτίου, αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Κατά την οινοποίηση παράγεται ένας πολύ μεγάλος όγκος στερεών αποβλήτων (στέμφυλα) που συνιστά το 17% του βάρους των χρησιμοποιούμενων σταφυλιών.



Εικόνα 24: Στέμφυλα οينوποιίας στο καρότσι και κοσκινισμένο χώμα στα πλαστικά κιβώτια, απετέλεσαν τις δύο από τις τέσσερις πρώτες ύλες για την παρασκευή των υποστρωμάτων ανάπτυξης

Το κομπόστ στεμφύλων βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στις αμπελοοινικές περιοχές και έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε υποστρώματα εκτατικών φυτοδωμάτων (Parafotiou et al., 2013). Τα στέμφυλα οينوποιίας, αποτελούν καλή αρχική ύλη για κομποστοποίηση λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε οργανική ουσία. Αποδομούνται εύκολα και γρήγορα ακόμη και μόνα τους, ενώ το παραγόμενο κομπόστ χαρακτηρίζεται από πολύ ήπιες τιμές pH και EC (Μανιαδάκης et al., 2010). Οι Parafotiou et al., (2013) διαπίστωσαν ότι η χρήση κομπόστ στεμφύλων οينوποιίας αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού στο υπόστρωμα, επιτρέποντας την μείωση του βάθους του υποστρώματος, χωρίς αυτή η μείωση να επηρεάζει την ανάπτυξη και επιβίωση των φυτών κατά την φάση εγκατάστασης και κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων. Σε πειράματα όπου χρησιμοποιήθηκε κομπόστ στεμφύλων ως υπόστρωμα, παρουσιάστηκε αποτελεσματική καταστολή των ασθενειών που οφείλονται στους μύκητες *Rhizoctonia solani* και *Sclerotium rolfsii* (Mandelbanm et al., 1985), ενώ οι Santos et al., (2008) παρατήρησαν ότι κομπόστ από στέμφυλα μείωσε την εξάπλωση του παθογόνου μύκητα *Pythium*. Επίσης, πειραματικές μελέτες του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών έδειξαν ότι, κομπόστ από στέμφυλα μπορεί να υποκαταστήσει σημαντική ποσότητα της τύρφης του υποστρώματος καλλιέργειας

ανθοκομικών, επιτυχώς (Parafotiou et al., 2009). Χαρακτηριστικό των στεμφύλων είναι η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε N, που όμως δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς αποδόμησης. Η σχετική ανθεκτικότητα των γιγάρτων στη μικροβιακή αποδόμηση συμβάλλει στη μεγάλη διάρκεια παραμονής του παραγόμενου κομπόστ στο έδαφος. Το εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, έχει διερευνήσει τη δυνατότητα χρήσης διαφόρων ειδών κομπόστας για την καλλιέργεια διαφόρων ανθοκομικών ειδών, καθώς και την αξιοποίηση διαφόρων ειδών κομπόστας σε εκτατικά αστικά φυτοδώματα. Στο ίδιο εργαστήριο, όπου πραγματοποιήθηκαν μελέτες σε μεσογειακά ξηροφυτικά είδη, όπως *A. Absinthium*, *H. Italicum* και *H. Orientale*, βρέθηκε ότι η αντικατάσταση της τύρφης από κομπόστ στέμφυλων, ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών (Parafotiou et al., 2013). Μελέτη των Παπαφωτίου et al., (2009), για τη διερεύνηση της συνεργιστικής δράσης λίπανσης και διαφόρων ειδών κομπόστ στην υπέργεια και υπόγεια ανάπτυξη του *Ficus benjamina*, έδειξε ότι το κομπόστ στέμφυλων ευνόησε την ανάπτυξη του φυτού, αντικαθιστώντας επιτυχώς το 75% της τύρφης του υποστρώματος.

Συμπερασματικά, τα στέμφυλα είναι κατάλληλα για κομποστοποίηση, λόγω της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων που περιέχουν, προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον και τη ρύπανση που προκαλείται από τη λανθασμένη χρήση τους (Diaz et al., 2002).

1.4 Σκοπός της μελέτης

Η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στα δομημένα περιβάλλοντα και η εξοικονόμηση πόρων, επιβάλλει λύσεις που συναρτώνται και από την αύξηση των χώρων πρασίνου. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί και με την επικάλυψη των σκληρών επιφανειών με φυτά, αφού προηγηθεί κατάλληλη διερεύνηση. Στην κατεύθυνση αυτή επιχειρεί να συνδράμει η παρούσα μελέτη, πως δηλαδή με τις μικρότερες εισροές μπορούμε να επιτύχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα. Ειδικότερα, κατά πόσο η ανάπτυξη δύο φυτών της μεσογειακής χλωρίδας, *Globularia alypum* και *Lomelosia hymettia*, σε συνθήκες περιορισμένης άρδευσης και μικρού βάθους υποστρώματος (που διαθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά: βάρος, σύσταση), μπορούν να αποτελέσουν ενδεχομένως, πρόταση εγκατάστασης ενός αντιστοίχου φυτοδώματος. Για τη διεξαγωγή των συμπερασμάτων πραγματοποιήθηκαν

μετρήσεις που αφορούσαν την ανάπτυξη των φυτών όπως το μήκος των βλαστών, το πλάτος και το ύψος της κόμης καθώς και τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Φυτικό υλικό

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν έριζα μοσχεύματα των φυτικών ειδών *Globularia alypum* (48) και *Lomelosia hymettia* (48) που παρήχθησαν σε θερμοκήπιο του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΓΠΑ (εικ. 25). Τα έριζα μοσχεύματα παρέμειναν ένα 24ωρο σε σκιαζόμενο χώρο, πριν την φύτευση στην οριστική τους θέση.



Εικόνα 25: Τα νεαρά φυτά πριν την φύτευσή τους στην οριστική τους θέση. Αριστερά στους πλαστικούς δίσκους είναι τα φυτά *Lomelosia hymettia* και δεξιά στα πλαστικά κιβώτια τα φυτά *Globularia alypum*

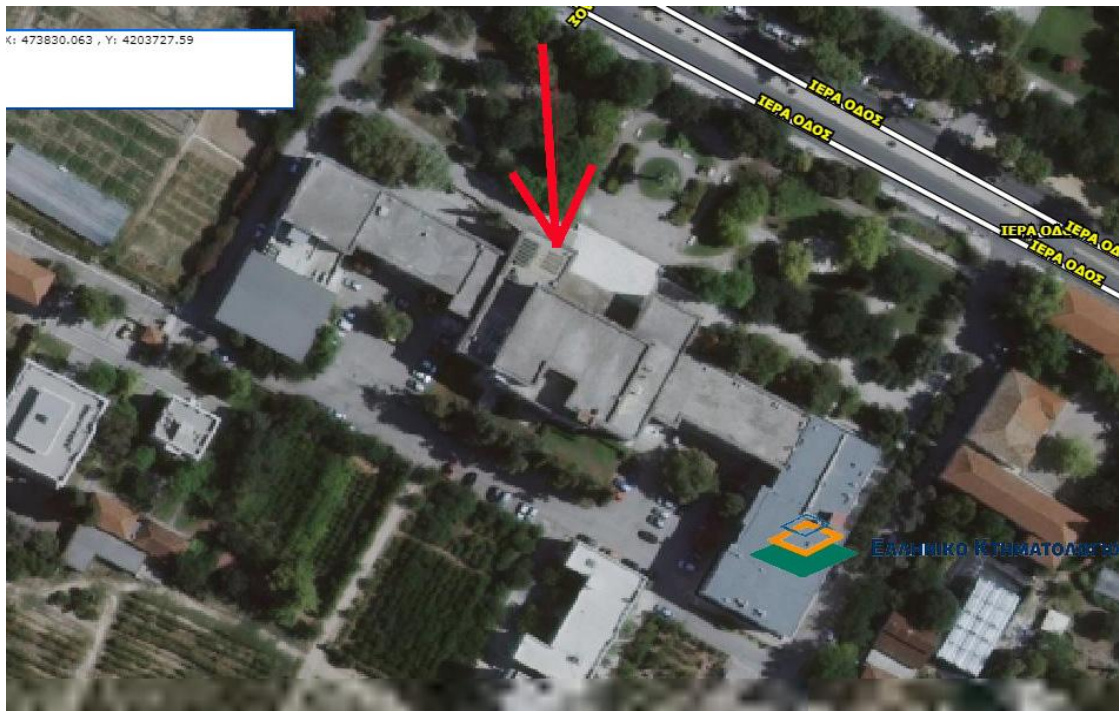
2.2 Μεταφύτευση μοσχευμάτων – Κιβώτια φυτοδώματος

Η μεταφύτευση των έριζων μοσχευμάτων πραγματοποιήθηκε στις 6 Ιουνίου 2015. Η εγκατάστασή τους, έγινε στον μεγάλο άξονα που τέμνει ισομερώς και κάθετα το πλαστικό κιβώτιο (εικ. 26). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη εκμετάλλευση ύδατος, θρεπτικών συστατικών, αέρα και φωτός από τα φυτά.



Εικόνα 26: Ενδεικτική φωτογραφία κιβωτίου που υποδηλώνει τις θέσεις των φυτών καθώς και των σταλακτών

Η τοποθέτηση των κιβωτίων δημιουργούσε σχήμα κανάβου σε δώμα του κεντρικού κτιρίου του ΓΠΑ (εικ. 27).



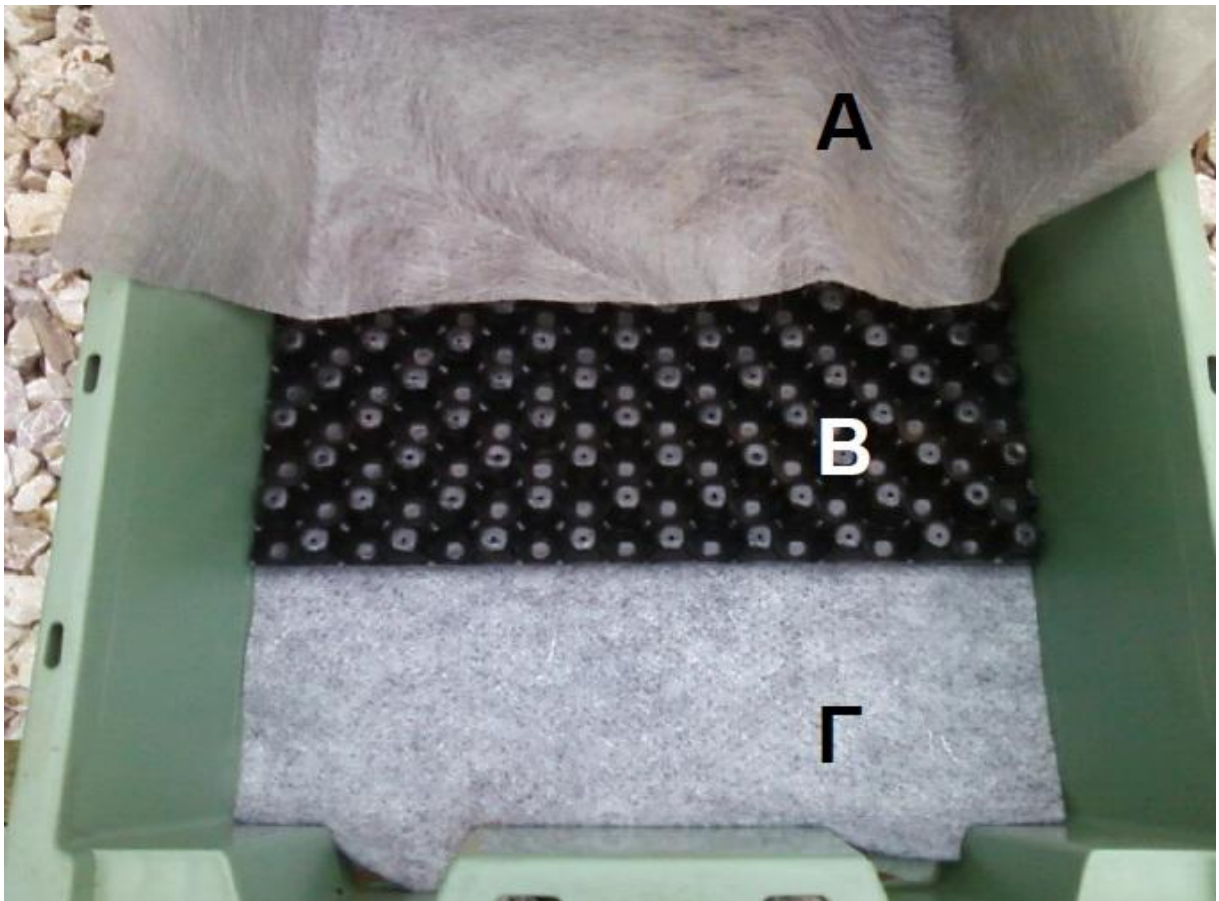
Εικόνα 27: Το κόκκινο βέλος καταδεικνύει την πειραματική εγκατάσταση σε δώμα του ΓΠΑ, επίσης αναγράφονται οι συντεταγμένες που την ορίζουν γεωγραφικά. Το βέλος έχει την κατεύθυνση από βορά προς νότο.

(Προσαρμογή από αρχική πηγή: <https://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>)

Τα πλαστικά κιβώτια ήταν της εταιρείας Holiday Land A.E. (Πειραιάς, Αττική), με κωδικό AR 7925.760.415 με εξωτερικές διαστάσεις (600 x 400 x 220) mm, εσωτερικές διαστάσεις (490 x 340 x 215) mm, βάρος 1,9 kg και χωρητικότητα 40 l.

2.3 Υλικά εγκατάστασης συστήματος φυτεμένου δώματος

Στα πλαστικά κιβώτια, τοποθετήθηκε αρχικά ένα διηθητικό φύλλο, αποστραγγιστικό στοιχείο και στη συνέχεια μια ειδική προστατευτική μεμβράνη σαν τσόχα, η οποία συγκρατεί την υγρασία, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει τη μόνωση της στέγης από μηχανικές φθορές (**εικ. 28**).



Εικόνα 28: Τα υλικά που απετέλεσαν το υπόβαθρο φυτοδώματος, A: Διηθητικό φίλτρο, B: Αποστραγγιστικό στοιχείο, Γ: Υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας

(πηγή: Περγαλιώτη Νίκη, 2010)

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προϊόντα της εταιρείας ZinCo (ZinCo, GmbH, Grabenstrasse 33, Handelsregister nummer HR 22 43 12 Stuttgart), η οποία έχει ως αντιπρόσωπο στην Ελλάδα την εταιρεία «egreen» (Σίνα 32, Αθήνα).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών με βάση τα στοιχεία της εταιρείας είναι τα εξής:

Διηθητικό φύλλο SF: Το διηθητικό φύλλο στρέφεται προς τα πάνω στις τέσσερις πλευρές του πλαστικού κιβωτίου και σταθεροποιείται καλά. Κατασκευάζεται από θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, πάχους 0,6mm βάρους 0,1 kg/m² και αποτρέπει τη μεταφορά τεμαχιδίων από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών στο αποστραγγιστικό σύστημα.

Αποστραγγιστικό στοιχείο FLORADRAIN FD 25-E: Το στοιχείο της αποστράγγισης κατασκευάζεται από ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο. Έχει ύψος 2,5

cm, βάρος $1,5 \text{ kg/m}^2$, χωρητικότητα νερού 3 l/m^2 και μέγιστο επιτρεπόμενο όριο φορτίου 250 kN/m^2 . Το στοιχείο αυτό, περιέχει κενούς χώρους, τις κυψέλες, στις οποίες αποθηκεύεται νερό, και ταυτόχρονα επιτρέπεται η απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού μέσω των καναλιών του προς τις υδροροές του δώματος. Οι οπές που φέρει στην ανώτερη επιφάνεια των κυψελών επιτρέπουν τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών και βοηθούν στην εξάτμιση της υγρασίας προς το υπόστρωμα.

Προστατευτική μεμβράνη TSM 32: Κατασκευάζεται από συνθετικό υλικό με πολυεστερικές ίνες και έχει ικανότητα συγκράτησης υγρασίας 3 l/m^2 , πάχος 3 mm , και βάρος $0,32 \text{ kg/m}^2$. Συγκρατεί υγρασία και θρεπτικά στοιχεία και εξασφαλίζει την προστασία της μόνωσης της στέγης από μηχανικές φθορές.

2.4 Υπόστρωμα καλλιέργειας

Το υπόστρωμα καλλιέργειας εισάγεται στο πλαστικό κιβώτιο μέχρι του ύψους των 10 cm , αφού πρώτα έχει γίνει η τοποθέτηση των στρώσεων της προστατευτικής μεμβράνης, του αποστραγγιστικού / αποθηκευτικού στοιχείου και του διηθητικού φύλλου με την σειρά που αναφέρθηκαν, δηλαδή από κάτω προς τα επάνω.

Τα δύο είδη υποστρωμάτων απαρτίζονται από την κατ' όγκο ανάμειξη των κατωτέρω υλικών:

Υπόστρωμα **με έδαφος** 3Κ:3Π:2Ε:2ΕΛ

Υπόστρωμα **χωρίς έδαφος** 3Κ:3Π:4ΕΛ

Όπου: (Κ): κομπόστ στεμφύλων οينوποιίας, (Π): περλίτης (Ε): έδαφος, (ΕΛ): ελαφρόπετρα.

Απαιτήθηκαν συνολικά 350 l κομπόστ στεμφύλων οينوποιίας, 350 l περλίτη, 350 l ελαφρόπετρας και 115 l εδάφους. Το κάθε κιβώτιο δέχθηκε 24 l μείγματος υποστρώματος. Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν αμμοπηλώδες και είχε 87% άμμο, 3% ιλύ, 10% άργιλο και $0,70\%$ οργανική ύλη, $\text{pH} = 8,6$, ηλεκτρική αγωγιμότητα $(\text{EC})=80 \text{ }\mu\text{S/cm}$, $\text{CaO}_3= 1,1$. Η κομπόστα από στέμφυλα οينوποιίας, αγοράστηκε από τοπικό παραγωγό (παλαιότητας 14 μηνών).

Πίνακας 1: Τυπική περιεκτικότητα κομπόστας στέμφυλων οينوποιίας σε ανόργανα στοιχεία (μέση τιμή ± SE), (Πηγή: Washington Department of Ecology, 1990).

Ανόργανο στοιχείο	Περιεκτικότητα κομπόστας
Άζωτο N (%) ± SE	2,044 ± 0,0162
Φώσφορος P (ppm) ± SE	1.662,199 ± 61,4834
Κάλιο K (ppm) ± SE	404,58 ± 16,5396
Νάτριο Na (ppm) ± SE	21,51 ± 1,5864
Ασβέστιο Ca (ppm) ± SE	0,353 ± 0,0147
Μαγνήσιο Mg (ppm) ± SE	0,0254 ± 0,0003
Σίδηρος Fe (ppm) ± SE	10,40 ± 0,3820
Χλώριο Cl (ppm) ± SE	0,000 ± 0,0000

Η ελαφρόπετρα χορηγήθηκε από την εταιρεία ΛΑΒΑ Μεταλλευτική & Λατομική Α.Ε., (Παιανία 19002, Αθήνα) (**εικ. 29**). Χρησιμοποιήθηκαν σωματίδια ελαφρόπετρας διαμέτρου 1-8 mm και η χημική σύστασή τους σύμφωνα με την εταιρεία δίδεται στον παρακάτω πίνακα (**πίν. 2**).

Πίνακας 2 : Τυπική χημική σύσταση ελαφρόπετρας (ΛΑΒΑ ΑΕ)

Στοιχείο	Περιεκτικότητα
Οξείδιο του πυριτίου SiO ₂	71,91%
Οξείδιο του Αργιλίου Al ₂ O ₃	12,66%
Τριοξείδιο του Σιδήρου Fe ₂ O ₃	1,13%
Οξείδιο του Ασβεστίου CaO	1,46%
Οξείδιο του Μαγνησίου MgO	0,32%
Τριοξείδιο του Θείου SO ₃	0,03%
Οξείδιο του Καλίου K ₂ O	4,30%
Οξείδιο του Νατρίου Na ₂ O	3,45%
Απώλεια Πυρώσεως	4,53%
Απροσδιόριστα	0,21%
Σύνολο	100,00%



Εικόνα 29: Ελαφρόπετρα προερχόμενη από την εταιρεία LAVA mining & Quarrying Co

2.5 Άρδευση

Στην παροχή του αστικού δικτύου ύδρευσης του δώματος είχε εγκατασταθεί χειροκίνητος διακόπτης on/off και στην συνέχεια προγραμματιστής μπαταρίας με δύο ηλεκτροβάνες της εταιρείας Galcon (αντιπρόσωπος «Αγροδομή» – Μ. & Ζ. Κακαβά Ο.Ε.). Χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτροβάνες δεδομένου ότι υπήρχαν δύο χειρισμοί άρδευσης (κανονική και αραιή). Στην συνέχεια με την βοήθεια των κατάλληλων εξαρτημάτων συνδεσμολογίας, πρωτεύοντες σωλήνες άρδευσης Φ20 μετέφεραν το νερό, όπως αρχικά είχε σχεδιαστεί με την βοήθεια δευτερευόντων σωλήνων Φ6 στα φυτά, έχοντας στο άκρο τους σταλάκτες με σταθερή παροχή 4 l/h, ανεξαρτήτως πίεσεως του αστικού δικτύου. Για να αποφευχθούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι φραγής των σταλακτών, στην αρχή του εγκατεστημένου δικτύου υπήρχε φίλτρο. Επίσης πραγματοποιούνταν έλεγχοι με αυτοσχέδιο σύστημα, για το αν οι σταλάκτες είχαν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος την παροχή που προέβλεπε ο κατασκευαστής (**εικ. 30**). Οι σωλήνες άρδευσης, τα εξαρτήματα συνδεσμολογίας καθώς και οι σταλάκτες ήταν της εταιρείας agrodrip (Βιομηχανική Περιοχή Σίνδου Θεσσαλονίκης).



Εικόνα 30: Έλεγχος παροχής σταλακτών με διαφανή βαθμονομημένα δοχεία.

Με την χρήση υγρασιμέτρου λαμβάνονταν μετρήσεις της υγρασίας του υποστρώματος, αρχικά καθημερινά και μετέπειτα κάθε εβδομάδα, πρωινή ώρα, έτσι

ώστε, αφενώς να επιτευχθεί υδατικό στρες στα φυτά που λάμβαναν την αραιή άρδευση, αφετέρου να μην υπάρχει κίνδυνος με απώλειες αυτών, εγκαθιστώντας κάθε φορά το ενδεδειγμένο πρόγραμμα άρδευσης, μιας και οι συνθήκες ήταν διαρκώς μεταβαλλόμενες. Το φορητό όργανο που λαμβάνονταν οι μετρήσεις ήταν το HH2 Moisture Meter version 2.3 αποτελούμενο από το ηλεκτρόδιο και το καταγραφικό.

Με το πέρας της εγκατάστασης των φυτών στα πλαστικά κιβώτια την 6/6/2015, εφαρμόστηκε άρδευση χειρωνακτικά μέχρι απορροής, πράγμα που συνέβαινε και στο μετέπειτα διάστημα υποβοηθητικά. Παράλληλα, έγινε εγκατάσταση προγράμματος άρδευσης στον προγραμματιστή άρδευσης, με χρόνο έναρξης 05:00 και 06:00 για κάθε μια από τις δύο στάσεις κάθε ημέρα από 10 min (πίν. 3).

Πίνακας 3: Πρόγραμμα αρδεύσεων του πειράματος

Ημερομηνία αλλαγής προγράμματος άρδευσης	Επαναλήψεις ανά ημέρες		Διάρκεια άρδευσης (min)
	ΚΑΝΟΝΙΚΗ	ΑΡΑΙΗ	
6/6/2015	1	1	10
18/6/2015	2	2	10
3/7/2015	4	6	30
12/7/2015	4	6	20
20/7/2015	4	6	25
23/7/2015	4	6	15
7/10/2015	4	6	5
5/4/2016	4	6	10
12/4/2016	4	6	20
19/4/2016	4	6	25
17/5/2016	4	6	30
7/6/2016	4	6	35
25/7/2016	4	6	40
23/8/2016	4	6	20
13/11/2016	4	6	5
18/12/2016	ΠΑΥΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ		

Η διάρκεια και η συχνότητα αραιής άρδευσης προγραμματιζόταν να είναι λίγο μεγαλύτερη από τη διάρκεια και την συχνότητα άρδευσης, που θα οδηγούσε τα φυτά που δέχονταν την αραιή άρδευση, σε μόνιμη (μη αναστρέψιμη) μάρανση. Η κανονική ποσότητα άρδευσης για τα υπόλοιπα φυτά, ρυθμιζόταν έτσι ώστε αυτά να μην

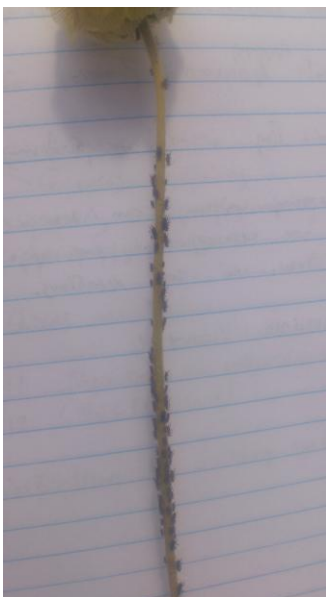
υπόκεινται σε φαινόμενα μάρανσης κατά την ανάπτυξή τους. Οι αλλαγές του προγράμματος άρδευσης σχετίζονταν κατά κύριο λόγο με την αλλαγή της διάρκειας άρδευσης και λιγότερο με τις αλλαγές των επαναλήψεων άρδευσης (έχοντας ως δεδομένο υπάρχουσες πειραματικές μελέτες).

2.6 Λίπανση

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος δεν πραγματοποιήθηκε λίπανση.

2.7 Φυτοπροστασία

Δεν εφαρμόστηκε κάποιο φυτοπροστατευτικό σκεύασμα. Η εμφάνιση αφίδων σε μεμονωμένα ανθικά στελέχη *Lomelosia hymettia* (εικ. 31) παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα. Τα ζιζάνια αντιμετωπίζονταν με βοτάνισμα (εικ. 32).



Εικόνες 31 & 32: Στην αριστερή φωτογραφία προσβολή αφίδων σε ανθικό στέλεχος του φυτού *Lomelosia hymettia* και στην δεξιά βοτάνισμα ζιζανίου σε πρώιμο στάδιο

2.8 Μικροκλιματικές συνθήκες ανάπτυξης

Η πειραματική εγκατάσταση χωροθετήθηκε σε δώμα του κεντρικού κτιρίου του ΓΠΑ που έχει ΒΑ προσανατολισμό. Περιμετρικά του δώματος υπάρχει συμπαγές στηθαίο 0,5 m περίπου και κατά τα τρία τέταρτα περίπου υπάρχει ανοικτός ορίζοντας με αποτέλεσμα οι επικρατούντες άνεμοι να πνέουν σχεδόν ανεμπόδιστα. Η υψομετρική διαφορά από το φυσικό έδαφος είναι 7 m. Οι μετεωρολογικές καταγραφές χορηγήθηκαν από το εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του ΓΠΑ. Από τις καταγραφές του αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού του εργαστηρίου παραχωρήθηκαν τα δεδομένα που αφορούσαν μέγιστες θερμοκρασίες αέρος, μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρος, μέσες ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας, ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης, ημερήσιες τιμές ολικής ακτινοβολίας (**Παράρτημα Α**).

2.9 Περιγραφή πειράματος

Το πειραματικό τμήμα της παρούσας μελέτης, αφορούσε το χρονικό διάστημα από την φύτευση των έριζων μοσχευμάτων στα πλαστικά κιβώτια στις 6 Ιουνίου 2015 (υπήρχαν βέβαια και κάποιες προπαρασκευαστικές διαδικασίες νωρίτερα, όπως η σύνθεση των δύο υποστρωμάτων), έως τις 18 Δεκεμβρίου 2016 όπου έγινε η καταστροφή των φυτών (τα πλαστικά κιβώτια παρέμειναν στο χώρο μελέτης έως και τον Αύγουστο του 2017, όπου παρατηρήθηκε να έχουν βλαστήσει σπόροι που προήλθαν από τα μητρικά φυτά). Ο αυτοπολλαπλασιασμός των φυτών σε συνθήκες δώματος, είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών. Σε κάθε ένα από τα 48 πλαστικά κιβώτια διαστάσεων 40 x 60 cm έγινε η τοποθέτηση των στρώσεων της προστατευτικής μεμβράνης, του αποστραγγιστικού / αποθηκευτικού στοιχείου και του διηθητικού φύλλου και έπειτα το υπόστρωμα καλλιέργειας μέχρι του ύψους των 10 cm. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί υπήρχαν δύο υποστρώματα καλλιέργειας. Τα 24 κιβώτια πληρώθηκαν με το ένα υπόστρωμα και τα υπόλοιπα 24 με το άλλο. Το κάθε κιβώτιο περιείχε δύο φυτά του ίδιου είδους. Στα 12 από τα 24 κιβώτια του ίδιου υποστρώματος (3Κ:3Π:2Ε:2ΕΛ) έγινε φύτευση του ενός είδους φυτού και στα υπόλοιπα 12 κιβώτια του δεύτερου είδους φυτού. Ακριβώς το αντίστοιχο συνέβη και με τα άλλα 24 κιβώτια με το δεύτερο υπόστρωμα (3Κ:3Π:4ΕΛ).

Τα κιβώτια εγκαταστάθηκαν τυχαία σε θέσεις όμως που σχηματίζουν κανάβο 6 X 8 (εικ. 33 & 34). Το κάθε κιβώτιο αρδεύεται επίσης τυχαία είτε με κανονική ποσότητα νερού, είτε με αραιή. Στο κάθε είδος φυτού εφαρμόστηκαν 4 επεμβάσεις ή διαφορετικά, συνολικά υπήρξαν 8 εξάδες πλαστικών κιβωτίων όπου η κάθε εξάδα είχε ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά (είδος υποστρώματος, φυτού και άρδευση). Κατά την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνταν μηνιαίες μετρήσεις του ύψους, καθώς και του μέσου όρου της μεγίστης οριζόντιας διαμέτρου και της καθέτου αυτής, για τα φυτά του είδους *Lomelosia hymettia*, ενώ για τα φυτά του είδους *Globularia alypum* γινόταν καταγραφή του μήκους των βλαστών.

A1 Lo a b	A2 Gl εδ a b	A3 Lo εδ a b	A4 Gl a b	A5 Gl εδ a b	A6 Lo εδ a b
B1 Lo εδ a b	B2 Gl εδ a b	B3 Gl a b	B4 Gl εδ a b	B5 Lo a b	B6 Gl a b
C1 Lo a b	C2 Gl εδ a b	C3 Gl εδ a b	C4 Lo a b	C5 Gl a b	C6 Lo εδ a b
D1 Gl a b	D2 Gl a b	D3 Lo a b	D4 Lo εδ a b	D5 Lo a b	D6 Gl εδ a b
E1 Lo εδ a b	E2 Lo εδ a b	E3 Lo a b	E4 Gl a b	E5 Lo εδ a b	E6 Gl a b
F1 Lo εδ a b	F2 Lo a b	F3 Gl εδ a b	F4 Lo a b	F5 Lo εδ a b	F6 Lo a b
G1 Gl a b	G2 Gl εδ a b	G3 Lo εδ a b	G4 Gl εδ a b	G5 Lo a b	G6 Gl a b
H1 Gl a b	H2 Gl εδ a b	H3 Gl a b	H4 Lo a b	H5 Gl εδ a b	H6 Lo εδ a b



Εικόνα 33: Αποτύπωση της τελικής διάταξης κανάβου όπως προήλθε με εντελώς τυχαιοποιημένη μέθοδο

Πίνακας 4: Συμβολισμός και επεξήγηση του πειραματικού σχεδίου

Συμβολισμός	Επεξήγηση
A1,A2...H6	Θέση κιβωτίου στον κάναβο
a,b	Θέση φυτού στο κιβώτιο
Μπλε/άσπρο κελί	Κανονική/αραιή άρδευση
Γκρι γράμματα	Υπόστρωμα με έδαφος
Μαύρα γράμματα	Υπόστρωμα χωρίς έδαφος
Gl	<i>Globularia alypum</i>
Lo	<i>Lomelosia hymettia</i>

Πίνακας 5: Συμβολισμός και επεξήγηση ανά επέμβαση

Συμβολισμός	Επεμβάσεις
GIEA	<i>Gl. alypum</i> σε υπόστρωμα εδάφους και αραιή συχνότητα άρδευσης
GIEK	<i>Gl. alypum</i> σε υπόστρωμα εδάφους και κανονική συχνότητα άρδευσης
GIXA	<i>Gl. alypum</i> σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος και αραιή συχνότητα άρδευσης
GIXK	<i>Gl. alypum</i> σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος και κανονική συχνότητα άρδευσης
LoEA	<i>Lo. hymettia</i> σε υπόστρωμα εδάφους και αραιή συχνότητα άρδευσης
LoEK	<i>Lo. hymettia</i> σε υπόστρωμα εδάφους και κανονική συχνότητα άρδευσης
LoXA	<i>Lo. hymettia</i> σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος και αραιή συχνότητα άρδευσης
LoXK	<i>Lo. hymettia</i> σε υπόστρωμα χωρίς εδάφους και κανονική συχνότητα άρδευσης



Εικόνα 34: Κάτοψη πειράματος, στο στηθαίο η ένδειξη του Βορά

2.10 Μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους

Τον Δεκέμβριο του 2016, μετά από 19 μήνες καλλιέργειας, πραγματοποιήθηκε καταστροφή των φυτών. Έγινε διαχωρισμός τους σε υπέργειο και υπόγειο τμήμα, τοποθέτηση σε χάρτινα σακουλάκια με τον μοναδιαίο κωδικό τους και καταγραφή του νωπού τους βάρους (μετά την τοποθέτησή τους σε ξηραντήριο για 5 ημέρες στους 75⁰C έγινε και καταγραφή του ξηρού τους βάρους, αντίστοιχα). Τα κιβώτια με τα υποστρώματα παρέμειναν στη θέση τους μέχρι και τον Αύγουστο του 2017.

2.11 Προσδιορισμός χημικών ιδιοτήτων: ΡΗ και ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC

Η μέτρηση του pH και της EC των υποστρωμάτων, πραγματοποιήθηκε πριν την εγκατάσταση των φυτών και μετά το τέλος του πειράματος, στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Για τη μέτρηση του pH και της EC, έγινε προσθήκη 100 g υποστρώματος (το οποίο είχε παραμείνει στο φούρνο του εργαστηρίου για 2 μέρες στους 60 °C), σε 500 ml απιονισμένου νερού, έτσι ώστε η αναλογία υπόστρωμα: απεσταγμένο νερό να είναι 1:5. Το διάλυμα αυτό αναδεύονταν μέχρι να γίνει ομοιογενής ανάμιξη του μίγματος και στη συνέχεια λαμβανόταν η μέτρηση. Μετά την ανάδευση και τη μέτρηση του pH με πεχάμετρο γινόταν διήθηση του διαλύματος με ειδικές συσκευές απόκτησης εκχυλίσματος και μετρίονταν η EC των υποστρωμάτων με τη συσκευή EC-meter (Consort, C931).

2.12 Παρατηρήσεις

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, βάσει καθημερινών παρατηρήσεων, πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω ενέργειες:

- Στις 18 Ιουνίου 2015 διαπιστώθηκε σημαντική απορροή μετά από την προγραμματισμένη άρδευση και στα κιβώτια που δέχονται την αραιή άρδευση. Πραγματοποιήθηκε μεταβολή του προγράμματος άρδευσης από κάθε μέρα άρδευσης σε κάθε δύο ημέρες από 10 min.
- Στις 21 Ιουνίου 2015, παρατηρήθηκε ξήρανση ενός φυτού *Globularia alypum* στο κιβώτιο A5, το οποίο αντικαταστάθηκε την επόμενη ημέρα (εικ. 35 & 36). Επίσης διαπιστώθηκε ξήρανση κορυφών στο 10% των φυτών GI.
- Στις 24 Ιουνίου 2015, η ξήρανση των κορυφών αφορούσε το 50% περίπου των φυτών GI.
- Την 1 Ιουλίου 2015, εμφανίστηκαν συμπτώματα μάρανσης σε δύο φυτά GI στα κιβώτια A4 και B4 τα οποία και αντικαταστάθηκαν στις 13 Ιουλίου (εικ. 37 & 38).



Εικόνες 35 & 36: Φωτογραφίες του ίδιου κιβωτίου A5. Στην άνω ξήρανση φυτού *Globularia alypum* και κάτω αντικατάστασή του από νέο.



Εικόνες 37 & 38: Φυτά *Globularia alypum* που αντικαταστάθηκαν στις 13 Ιουλίου 2015 από νέα, λόγω της ξηράνσεώς τους

- Στις 6 Ιουλίου 2015, πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση φυτού *Lomelosia hymettia* στην θέση E1, α λόγω ξηράνσεώς του (**εικ. 39**)



Εικόνα 39: Ξήρανση φυτού *Lomelosia hymettia* στη θέση E1, a

- Στις 12 Ιουλίου 2015, έγινε προσθήκη αυτοσχέδιου συστήματος ελέγχου άρδευσης με διαφανή δοχεία 1,5 l το κάθε ένα (**εικ. 40**). Η παρουσία τους σχετιζόταν με το αν πραγματοποιήθηκε η προγραμματισμένη άρδευση.
- Στις 17 Ιουλίου 2015, έγινε θραύση ενός βλαστού *Lomelosia hymettia* στη θέση F2, a από λάθος χειρισμό.



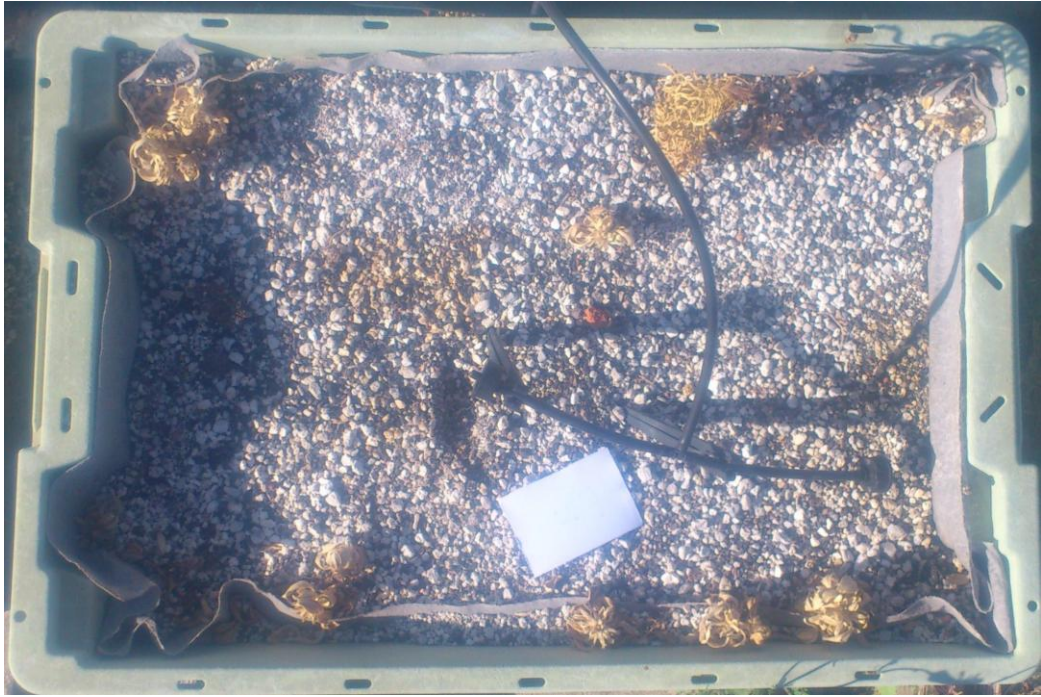
Εικόνα 40: Αυτοσχέδια εγκατάσταση ελέγχου δικτύου άρδευσης

- Στις 2 Σεπτεμβρίου 2015, εντοπίστηκαν φύλλα *Lomelosia hymettia* να έχουν αποτελέσει τροφή πτηνών του είδους *Streptopelia decaocto* (**εικ. 6**)

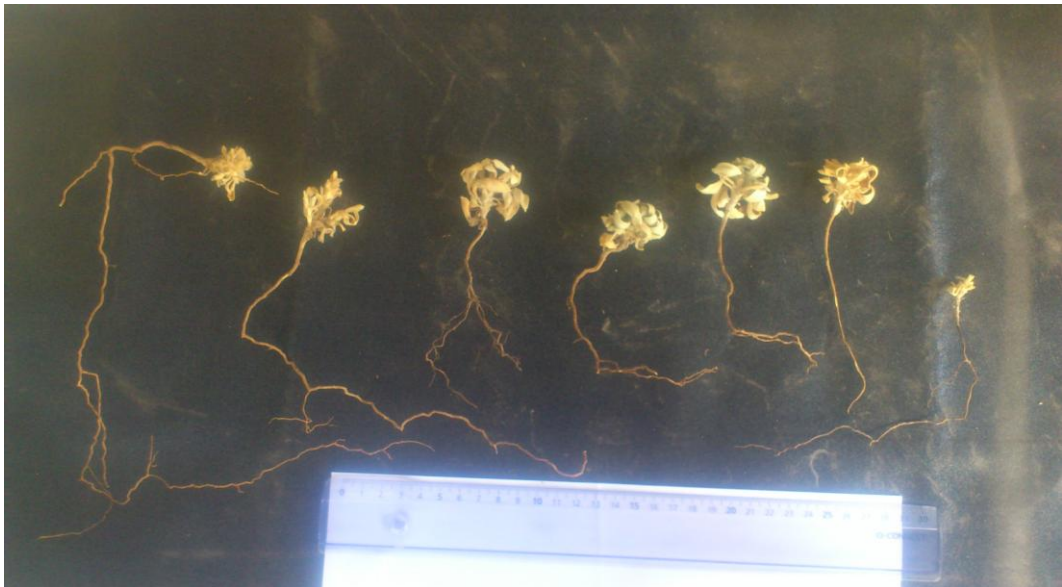
- Στις 18 Ιανουαρίου 2016, παρατηρήθηκε να έχουν ανθίσει 3 φυτά GI και ένα Lom. Και τα τέσσερα βρίσκονταν σε κιβώτιο που περιείχε έδαφος στο υπόστρωμα ανάπτυξης.
- Την 1 Φεβρουαρίου 2016, υπήρχαν ανθισμένα 11 φυτά GI (7 σε μείγμα εδάφους και 4 χωρίς έδαφος) και 6 Lom (4 σε μείγμα εδάφους και 2 χωρίς έδαφος). Δηλαδή τα ανθισμένα φυτά που βρίσκονταν σε μείγμα εδάφους ήταν διπλάσια από τα άλλα ανθισμένα φυτά που δεν περιείχαν έδαφος στο υπόστρωμά τους.
- Στις 8 Φεβρουαρίου 2016 υπήρχαν ανθισμένα 13 φυτά GI (10 σε έδαφος και 3 χωρίς έδαφος) και 5 φυτά Lom (3 σε έδαφος και 2 χωρίς έδαφος).
- Στις 8 Μαρτίου 2016, υπάρχουν ενδείξεις απόρριψης των ανθέων GI όταν υπόκειται σε υδατικό στρες.
- Στις 19 Απριλίου 2016 παρατηρήθηκε προσβολή από αφίδες σε ανθικό στέλεχος Lom στη θέση E5, α χωρίς να γίνει χρήση χημικού σκευάσματος δεδομένης της μικρής έντασης προσβολής.
- Στις 7 Ιουνίου 2016, δεν υπάρχουν άνθη φυτών Lom εκτός από ένα στη θέση H6, α.
- Στις 23 Αυγούστου 2016 εντοπίστηκαν νέα σπορόφυτα GI στο κιβώτιο B2.
- Στις 13 Νοεμβρίου 2016 εντοπίστηκαν και άλλα νεαρά σπορόφυτα GI στα κιβώτια A2 και C2.
- Καταστροφή 18 Δεκεμβρίου 2016, όπου έκλεισε η παροχή νερού στο δίκτυο άρδευσης
- Μέχρι τις 27 Αυγούστου 2017 τα κιβώτια παρέμειναν στην θέση τους χωρίς να αρδεύονται όπως προανέφερα.

2.12.1 Αυτοσπορά

Η παραμονή της πειραματικής εγκατάστασης και μετά το πέρας της καταστροφής των μητρικών φυτών έδωσε την δυνατότητα στην ανάπτυξη σποροφύτων που ήδη είχαν εμφανιστεί σε πρωιμότερο στάδιο (**εικ. 41, 42 & 43**).



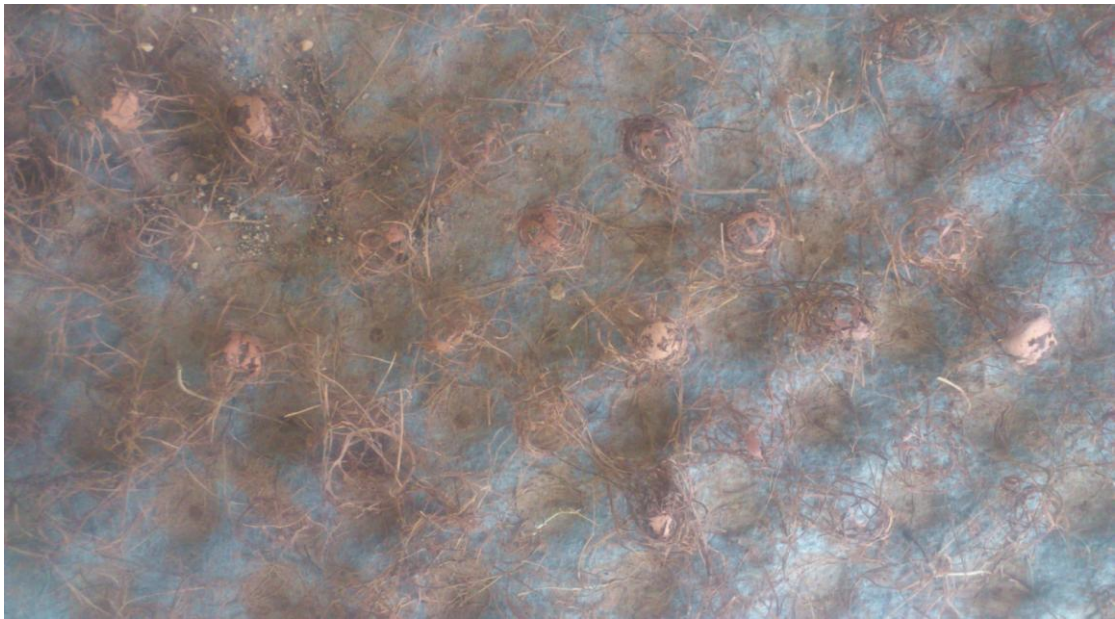
Εικόνα 41: Μια ενδεικτική φωτογραφία του κιβωτίου E4, όπου είναι ορατά ξερά νεαρά σπορόφυτα *Lom*



Εικόνα 42: Νεαρά ξερά σπορόφυτα *Lomelosia hymettia* που αναπτύχθηκαν από σπόρους που προήλθαν από τα μητρικά φυτά.



Εικόνα 43: Νεαρά ξερά σπορόφυτα *Globularia alypum* που αναπτύχθηκαν από σπόρους που προήλθαν από τα μητρικά φυτά.



Εικόνα 44: Το ριζικό σύστημα έχει διαπεράσει το διηθητικό φίλτρο και έχει σχηματίσει την μορφή των εγκολπώσεων του στοιχείου αποστράγγισης

Πίνακας 6: Κατάσταση και αριθμός σποροφύτων σε κάθε κιβώτιο την 27.08.2017

A1 Lom: 5 Ξερ.	A2 εδ Lom: 1 Ξερ.	A3 εδ Gl: 1 Ξερ. Lom: 5 Ξερ.	A4 -----	A5 εδ Gl: 3Ξερ	A6 εδ Gl: 1 Χλ , 1 Ξερ. Lom: 3 Ξερ.
B1 εδ Lom: 5 Ξερ.	B2 εδ Gl: 3 Ξερ Lom: 5 Ξερ.	B3 Lom: 1 Χλ.	B4 -----	B5 Lom: 14 Ξερ.	B6 Gl: 1 Ξερ. Lom: 1 Ξερ.
C1 Lom: 5 Ξερ.	C2 εδ Gl: 3 Ξερ Lom: 1 Ξερ.	C3 εδ Gl: 1 Χλ. Lom: 5 Ξερ.	C4 εδ Lom: 7 Ξερ.	C5 -----	C6 εδ Gl: 4 Ξερ Lom: 4 Ξερ.
D1 Lom: 3 Χλ.	D2 Lom: 2 Ξερ. 1Χλ.	D3 Gl: 2 Ξερ. Lom: 7 Ξερ.	D4 εδ Gl: 2 Ξερ Lom: 5 Ξερ.	D5 Lom: 7 Ξερ.	D6 εδ Gl: 2 Ξερ Lom: 2 Ξερ.
E1 εδ Lom: 1 Ξερ.	E2 εδ Gl: 5 Χλ Lom: 16 Χλ.	E3 Gl: 2 Χλ. Lom: 4 Χλ.	E4 Lom: 9 Ξερ.	E5 εδ Lom: 6 Ξερ.	E6 Lom: 1 Ξερ, 2 Χλ
F1 εδ Gl: 1 Χλ. Lom: 5 Ξερ, 6 Χλ	F2 Lom: 4 Ξερ. 2Χλ.	F3 εδ Gl: 2 Χλ. Lom: 2 Χλ.	F4 Lom: 3 Ξερ.	F5 εδ Lom: 8 Ξερ.	F6 Lom: 3 Ξερ.
G1 Lom: 1 Ξερ.	G2 εδ Lom: 2 Ξερ.	G3 εδ Gl: 1 Χλ. Lom: 3 Χλ.	G4 εδ -----	G5 Gl: 1 Χλ Lom: 1 Ξερ.	G6 Gl: 1 Ξερ. Lom: 2 Ξερ.
H1 -----	H2 εδ Lom: 2 Ξερ.	H3 -----	H4 Lom: 6 Ξερ.	H5 εδ -----	H6 εδ Lom: 13 Ξερ.

Ομαδοποίηση των ευρημάτων που περιγράφονται στον **πίνακα 6:**

- Η άρδευση έπαυσε, στην ‘καταστροφή’ των φυτών την 18 12 2016
- Τα κιβώτια με κίτρινο φόντο **A4 και B4** αφαιρέθηκαν τον Ιούνιο/2016 γιατί εμπόδιζαν την καταστροφή διαδοχικών σφηκοφωλιών
- Το κιβώτιο με κόκκινο φόντο στην θέση H3 έλειπε την 27 8 2017
- 41 κιβώτια από τα 45 διαθέτουν σπορόφυτα είτε Lom, είτε Gl, είτε και από τα δύο είδη
- 40 κιβώτια, από τα 45 (89%), περιείχαν τουλάχιστον 1 σπορόφυτο Lom
- Όλα τα κιβώτια (24) (100%) που είχαν μητρικά φυτά Lom, απέκτησαν και σπορόφυτα Lom
- 17 κιβώτια από τα 45 (38%) περιέχουν τουλάχιστον 1 σπορόφυτο Gl
- Από τα 21 κιβώτια που είχαν μητρικά φυτά Gl, τα 8 (38%) απέκτησαν και σπορόφυτα Gl

- Από τα 190 συνολικά σπορόφυτα Lom, την 27 8 2017 είχαν ξεραθεί τα 151 (79%), ενώ χλωρά ήταν τα 39 (21%)
- Από τα 37 συνολικά σπορόφυτα Gl, την 27 8 2016 είχαν ξεραθεί τα 23 (62%) ενώ τα 14 ήταν χλωρά (38%)
- Τα κιβώτια με αραιή άρδευση πριν την 18 12 2016 (μετά έπαυσε η άρδευση) περιείχαν 14 σπορόφυτα Gl, όλα ξερά
- Τα 12 κιβώτια με έδαφος και κανονική άρδευση πριν την 18 12 2016 (μετά έπαυσε η άρδευση) περιείχαν 66 σπορόφυτα Lom (39 ξερά και 27 χλωρά) και 19 σπορόφυτα Gl (8 ξερά και 11 χλωρά)

Πίνακας 7: Κατάσταση και αριθμός σποροφύτων σε σχέση με τις επεμβάσεις

ΣΠΟΡΟΦΥΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ						
ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΥ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 27.08.2017 <small>(ΠΑΥΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΑΠΟ 18.12.2016)</small>	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ / ΠΡΟΓΡ. ΑΡΔΕΥΣΗΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΩΝ <small>(45 ΚΙΒΩΤΙΑ)</small>
		ΚΑΝΟΝΙΚΗ		ΑΡΑΙΗ		
		ΕΔΑΦΟΣ <small>(11 ΚΙΒΩΤΙΑ)</small>	Χ. ΕΔΑΦΟΣ <small>(12 ΚΙΒΩΤΙΑ)</small>	ΕΔΑΦΟΣ <small>(12 ΚΙΒΩΤΙΑ)</small>	Χ. ΕΔΑΦΟΣ <small>(10 ΚΙΒΩΤΙΑ)</small>	
GL	ΧΛΩΡΕΣ	11	3	-----	-----	14
	ΞΕΡΕΣ	8	1	11	3	23
LOM	ΧΛΩΡΕΣ	27	9	-----	3	39
	ΞΕΡΕΣ	39	23	41	48	151
ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΩΝ		85	36	52	54	227
ΦΥΤΑ / ΚΙΒΩΤΙΟ		7.7	3	4.3	5.4	Μ.Ο.=5

Κατηγοριοποίηση καταγραφών. (Κατά την καταστροφή των μητρικών φυτών υπήρξε έντονη αναμόχλευση του υποστρώματος, με αποτέλεσμα την πιθανή καταστροφή σποροφύτων):

- Τα περισσότερα σπορόφυτα (7.7 φ/κ) εμφανίστηκαν σε κιβώτια με κανονική άρδευση και έδαφος
- Τα λιγότερα σπορόφυτα (3 φ/κ) εμφανίστηκαν σε κιβώτια με κανονική άρδευση χωρίς έδαφος
- Τα κιβώτια με αραιή άρδευση και χωρίς έδαφος περιείχαν περισσότερα σπορόφυτα (5.4 φ/κ) σε σχέση με τα κιβώτια με αραιή άρδευση και έδαφος

(4.3 φ/κ), αλλά και σε σχέση με τα κιβώτια που δέχονταν κανονική άρδευση και ήταν χωρίς έδαφος (3 φ/κ).

Ερμηνεία καταγραφών κατά την 27.08.2017:

- Η Lom διαθέτει μεγαλύτερη ικανότητα πολλαπλασιασμού (υπερ4πλάσια) σε σχέση με την GI (επεκτατικό)
- Η Lom αντέχει περισσότερο σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας αλλά και υγρασίας υποστρώματος σε σχέση με την GI (ξηράνσεις GI-γωνιακό air condition)
- Στα κιβώτια χωρίς έδαφος, προέκυψαν περισσότερα σπορόφυτα Lom όταν αρδεύονταν με αραιό πρόγραμμα, σε σχέση με αυτά που αρδεύονταν με κανονικό
- Τα κιβώτια με αραιή άρδευση μέχρι την καταστροφή, δεν είχαν χλωρές GI, και οι Lom ήταν 3 σε κιβώτια χωρίς έδαφος

2.13 Στατιστική επεξεργασία

Οι παράγοντες παραλλακτικότητας της πειραματικής εγκατάστασης ήταν τα δύο είδη υποστρωμάτων (3Κ:3Π:2Ε:2ΕΛ και 3Κ:3Π:4ΕΛ) και οι δύο συχνότητες άρδευσης (κανονική και αραιή). Πραγματοποιήθηκε μονοπαραγοντική και διπαραγοντική ανάλυση των δεδομένων. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα JMP 11 όπου έγινε ανάλυση της διασποράς για την μελέτη των απλών κύριων επιδράσεων των παραγόντων και αλληλεπιδράσεων. Η σημαντικότητα του πειράματος εκτιμήθηκε με ανάλυση της διασποράς (F test) και έγινε σύγκριση των μέσων των επεμβάσεων και των μέσων των παραγόντων σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($P \leq 0,05$) με τη μέθοδο student's t . Οι μέσοι που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά επισημαίνονται με διαφορετικά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου (a, b, c) στους πίνακες όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Στο κάτω μέρος των προαναφερθέντων πινάκων αναγράφεται η σημαντικότητα του F για τις κύριες επιδράσεις των παραγόντων (υπόστρωμα, άρδευση) και της αλληλεπιδράσεις τους (υπόστρωμα και άρδευση). Ο αστερίσκος (*) δίπλα στην τιμή του F , υποδηλώνει ότι η τιμή του F είναι σημαντική σε επίπεδο 5%,

ενώ ο συμβολισμός με τα γράμματα NS δίπλα από την τιμή του F υποδηλώνουν ότι η τιμή δεν είναι σημαντική σε επίπεδο 5%. Ο αριθμός των επαναλήψεων κάθε επέμβασης ήταν από 10 έως 12 ($n=10$, $n=11$ ή $n=12$) για την *Globularia alypum* (πίν. 8) και 12 για την *Lomelosia hymettia*, για τις μετρήσεις ύψους, διαμέτρου, μήκους, νωπού και ξηρού βάρους δεδομένου ότι υπήρξαν απώλειες φυτών.

Πίνακας 8: Απώλειες φυτών *Gl. alypum*

<i>Gl. alypum</i>		
Επέμβαση	Επαναλήψεις	Απώλειες φυτών
GLEA	$n=11$	A5 b (1)
GLXA	$n=10$	A4 a,b (2)
GLEK	$n=10$	B4 a,b (2)
GLXK	$n=12$	-