

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2011

Πρόγραμμα:

# Πράσινα Δώματα σε Δημόσια Κτήρια

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ



ΕΝΩΣΗ  
ΤΑΜΕΙΟ ΣΥΝΟΧΗΣ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &  
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ  
ΑΛΛΑΓΗΣ



ΚΑΠΕ  
CRES | ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΕΠΠΕΡΑΑ  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Περιβάλλον και Ανάπτυξη Αιολισμός  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ

ΜΕ ΤΗ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ



# Προδιαγραφές φυτεμένου δώματος

---

## Περίληψη

Στο παρόν κείμενο αναλύονται τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η κατασκευή των φυτεμένων ή πράσινων δωματίων. Συγκεκριμένα αναλύονται τα δομικά στοιχεία που καθιστούν ένα κτήριο ικανό να δεχθεί την εφαρμογή πράσινου δώματος, τα είδη των πράσινων δωματίων και τα διακριτικά χαρακτηριστικά του κάθε είδους, τα υλικά του υποστρώματος, τις προδιαγραφές της βλάστησης, τη μεθοδολογία άρδευσης, κτλ.

## Περιεχόμενα

1	Σκοπός .....	4
2	Ορισμοί.....	5
2.1	Εκτατικός τύπος .....	5
2.2	Ημιεντατικός τύπος.....	5
2.3	Εντατικός τύπος .....	5
3	Δομικά χαρακτηριστικά κτηρίου εγκατάστασης πράσινου δώματος.....	7
3.1	Στατική αντοχή.....	7
3.2	Κλίση του δώματος-στέγης .....	8
3.3	Χρήση και χρηστικότητα της στέγης.....	8
3.4	Ρύσεις του δώματος / στέγης.....	8
3.5	Κατασκευαστικά στοιχεία δώματος / στέγης .....	9
4	Τεχνικές προδιαγραφές υλικών και κατασκευής φυτεμένου δώματος.....	11
4.1	Διαχωριστική μεμβράνη.....	12
4.2	Αντιριζική μεμβράνη .....	12
4.2.1	Φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου .....	13
4.2.2	Φυτεμένο δώμα ημιεντατικού - εντατικού τύπου .....	13
4.3	Υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης .....	14
4.4	Αποστραγγιστικό σύστημα.....	14
4.5	Διηθητικό φύλλο.....	15
4.6	Χαρακτηριστικά εδαφικού υποστρώματος.....	15
4.7	Επιλογή και τεχνικές προδιαγραφές βλάστησης .....	17
4.7.1	Εκτατικός τύπος .....	17
4.7.2	Ημιεντατικός τύπος.....	17
4.7.3	Εντατικός τύπος .....	18
4.8	Είδη βλάστησης .....	18
4.8.1	Σπόροι .....	18
4.8.2	Τάπητες βλάστησης .....	18
4.8.3	Προκατασκευασμένοι χλοοτάπητες .....	18
5	Βιβλιογραφία.....	20

## 1 Σκοπός

Τα φυτεμένα δώματα ως παθητική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια στο εξωτερικό, με προεξέχουσα χώρα εφαρμογής τη Γερμανία, όπου μετά από πολλές εφαρμογές φυτεμένων δωματίων υπάρχουν οι γνώσεις και τα δεδομένα για την κατασκευή Προτύπων και απαιτούμενων προδιαγραφών για την κατασκευή τους. Άλλη μία χώρα με πολλές κατασκευές φυτεμένων δωματίων είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, οι οποίες έχουν από το 2006 τις δικές τους προδιαγραφές, βασισμένες στο Γερμανικό Πρότυπο αλλά προσαρμοσμένες στις Αμερικανικές συνθήκες. Οδηγοί για την κατασκευή φυτεμένων δωματίων έχουν συνταχθεί και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Επίσης, πληροφορίες για τα φυτεμένα δώματα παρέχονται από Γερμανικούς ιστότοπους των Professional Green Roof Association (FBB) <http://www.fbb.de/en/>, και International Greenroof Association (IGRA) <http://www.igra-world.com>

Τα πιο γνωστά Πρότυπα σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης πράσινων δωματίων **στα οποία θα πρέπει να υπακούουν οι πιλοτικές εφαρμογές των τεχνικών Πράσινων Δωματίων σε δημόσια κτήρια** είναι τα εξής:

- *FLL- Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. –Green Roofing Guideline-*
- *ASTM E2400 - 06 Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Green Roof Systems*
- *ASTM E2398 - 05 Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Green Roof Systems*
- *CIBSE Guide L: Sustainability [CIBSE, 2007]*
- *The GRO Green roof code – Green roof code of best practice for the UK 2011*
- *Κατευθυντήριες οδηγίες φυτοτεχνικής μελέτης κατασκευής και συντήρησης φυτεμένων δωματίων/ στεγών όπως εκπονήθηκε με την υπ' αριθμ. 2471/16-9-2010 Απόφαση «Συγκρότηση Ομάδας Εργασίας για τη δημιουργία Φυτεμένων Επιφανειών».*

Στις επόμενες ενότητες αναλύονται οι τεχνικές προδιαγραφές των πιλοτικών εφαρμογών Πράσινων Δωματίων, που αποτελούν Πρόγραμμα του Υπουργείου ΠΕΚΑ και του ΚΑΠΕ, συγχρηματοδοτούμενο από το ΕΣΠΑ και το ΕΠΠΕΡΑΑ και το Ταμείο Συνοχής.

## 2 Ορισμοί

Φυτεμένο ή Πράσινο Δώμα ορίζεται το κομμάτι της επιφάνειας της οροφής κτηρίων, που καλύπτεται με φυτά σύμφωνα τις οδηγίες που δίνονται από κανονισμούς ή/και την εκάστοτε εθνική νομοθεσία και αποτελείται από την κατάλληλη υποδομή (αντιριζική μεμβράνη, αποσραγγιστικό σύστημα, φίλτρα, υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών), τα φυτά και το σύστημα άρδευσης. Τα φυτεμένα δώματα αναφέρονται και ως πράσινες στέγες, οροφόκηποι και green roofs [GRO,2011;EST, 2005].

**Οι τύποι Πράσινων Δωμάτων που είναι επιλέξιμοι για την πιλοτική εφαρμογή σε δημόσια κτήρια είναι:**

### 2.1 Εκτατικός τύπος

Ο εκτατικός τύπος οργανώνεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 15εκ. το οποίο μαζί με το φυτικό υλικό δημιουργεί ένα μόνιμο οικοσύστημα, για τη συντήρηση του οποίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα. Το φορτίο κυμαίνεται από 70 ως 140 kg/m<sup>2</sup> κορεσμένο, και το ριζικό σύστημα των φυτών είναι επιφανειακό. Το περιορισμένο βάρος της κατασκευής στο σύνολο της επιτρέπει την εγκατάστασή της σχεδόν σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση έως και 45°. Σε κλίσεις άνω των 20° είναι απαραίτητη η πρόσθετη χρήση κυψελών ή στοιχείων συγκράτησης του υποστρώματος. Ιδανικά για αυτό το είδος είναι τα φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτικοί τάπητες, αγριολούλουδα και φυτά εδαφοκάλυψης.

Ο εκτατικός τύπος είναι ο πιο ενδεδειγμένος για τη βιοκλιματική εφαρμογή σε υφιστάμενα κτήρια. Για την επίτευξη των βέλτιστων αποτελεσμάτων σε επίπεδο ενεργειακής συμπεριφοράς είναι απαραίτητη η φυτοκάλυψη της επιφάνειας των στεγών/δωμάτων σε ποσοστό 95%.

### 2.2 Ημιεντατικός τύπος

Αποτελείται από σύστημα υποδομής και ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 25εκ., με κορεσμένο φορτίο 120-250 kg/m<sup>2</sup>. Είναι ο ενδιάμεσος τύπος εντατικού και εκτατικού τύπου, εφαρμόζεται σε επικλινείς ή επίπεδες οροφές και απαιτεί συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ). Η ποικιλία των ειδών που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνει φυσικούς τάπητες, χλοοτάπητες, ποώδη φυτά και μικρούς/μεσαίους θάμνους.

### 2.3 Εντατικός τύπος

Συνίσταται στη δημιουργία ενός κήπου, με σύστημα υποδομής και υπόστρωμα ανάπτυξης ύψους 15 έως 150 εκ. και κορεσμένο φορτίο τουλάχιστον 250 kg/m<sup>2</sup>. Η πράσινη στέγη-φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου απαιτεί τακτική συντήρηση

(άρδευση, λίπανση, κλπ.) και περιλαμβάνει ποικιλία φυτών, μικρών δένδρων και θάμνων. Ο εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να υποστηρίξει κατασκευές όπως μονοπάτια, στοιχεία νερού, συστήματα σκίασης κοκ.

**Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση εντατικού τύπου σε υφιστάμενα κτήρια είναι η εκπόνηση στατικής μελέτης.**

### **3 Δομικά χαρακτηριστικά κτηρίου εγκατάστασης πράσινου δώματος**

Στην ενότητα αυτή καθορίζονται τα δομικά χαρακτηριστικά του κτηρίου και του δώματος/στέγης σε σχέση τις συνθήκες μικροκλίματος που δημιουργούνται στην επιφάνεια εγκατάστασης των φυτών αλλά και σε σχέση με τις απαιτήσεις της βλάστησης. Η ανάλυση αυτή μπορεί να οδηγήσει στην απαίτηση κατασκευής πρόσθετων ειδικών κατασκευών στο δώμα / στέγη ή **στον αποκλεισμό της χρήσης ορισμένων φυτικών ειδών** [LUCKETT, 2009; FLL, 2008].

Κατά την ανάλυση της καταλληλότητας του κτηρίου για την εγκατάσταση φυτεμένου δώματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι εξής παράμετροι:

- Στατική Αντοχή - επάρκεια του στατικού φορέα του κτηρίου και στην επιπρόσθετη αύξηση του φορτίου που προέρχεται από τα κατασκευαστικά στοιχεία του Πράσινου δώματος
- Κλίση του δώματος/ στέγης
- Χρήση - χρησιμότητα

#### **3.1 Στατική αντοχή**

Ο κρίσιμος παράγοντας στην απόφαση της δυνατότητας κατασκευής πράσινου δώματος/στέγης στην οροφή ενός κτηρίου και της επιλογής του τύπου του πράσινου δώματος που θα κατασκευαστεί είναι η Στατική Αντοχή - Επάρκεια του κτηρίου.

Στα υφιστάμενα κτήρια το συνολικό φορτίο των κατασκευών πράσινου δώματος, όπως το φορτίο του συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος στέγης, η βλάστηση και οποιοδήποτε δομικό στοιχείο δε θα πρέπει να ξεπεράσει το υπολογισμένο φορτίο ή φορτίο επικάλυψης που προβλέπεται από τη στατική μελέτη. Ακόμη και αν υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης φορτίου φυτεμένου δώματος, οι υφιστάμενες στρώσεις θα πρέπει να έχουν πυκνότητα τέτοια ώστε να αποφευχθεί συμπίεσή τους.

Στα νέα κτήρια, κατά τον υπολογισμό της στατικής αντοχής τους, το φορτίο που προκύπτει από την κατασκευή του φυτεμένου δώματος/στέγης υπολογίζεται στα φορτία του κτηρίου. Ο υπολογισμός φορτίων των συστημάτων υποδομής φυτεμένου δώματος / στέγης, (σύστημα υποδομής, υποστρώματα ανάπτυξης) πρέπει να γίνεται σε συνθήκες κορεσμού όπως καθορίζεται από τα αντίστοιχα διεθνή Πρότυπα. Σημαντικός είναι ο υπολογισμός και των δομικών ή φυσικών στοιχείων που συνδυάζονται με την φύτευση στον εντατικό τύπο και ενδέχεται να εφαρμοστούν, όπως οι διάδρομοι κίνησης, τα δάπεδα, τα συστήματα σκίασης, τα στοιχεία νερού κλπ. τα οποία πρέπει να συνεκτιμηθούν.



### **3.2 Κλίση του δώματος-στέγης**

Η κλίση της οροφής σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα και τις **κατευθυντήριες οδηγίες φυτεμένων δωμαίων** [ΚΟ, 2011] πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.5% για κατασκευές εντατικού ή ημι-εντατικού τύπου. Σε περίπτωση που η κλίση του εδάφους δεν υπερβαίνει το 1.5% είναι πιθανή η συγκέντρωση υδάτων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της συνολικής κατασκευής ή/και στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων φυτών. Όσο αυξάνεται η κλίση, αυξάνεται και η απορροή, πρέπει ωστόσο να υπάρχει και πρόβλεψη στήριξης των στρωμάτων για να αποφευχθεί πτώση, ενώ για οροφές με κλίση άνω των 45° δεν πρέπει να γίνεται εγκατάσταση φυτεμένων οροφών. Εναλλακτικά, η στήριξη μπορεί να επιτευχθεί με αγκύρωση σε κάποιο σταθερό δομικό περιμετρικό στοιχείο (στηθαίο, τοίχιο) υπό την προϋπόθεση ότι δεν θα τραυματίσει την μόνωση. Για την άρδευση θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία παροχή νερού/βρύση στην οροφή η οποία θα προστατεύεται κατάλληλα από θερμοκρασίες κάτω του μηδενός και θα παρέχει κατάλληλες συνθήκες παροχής και πίεσης. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της απορροής πρέπει να είναι σύμφωνα με την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η απορροή πρέπει να κατασκευαστεί για τις περιοχές της οροφής που έχουν φυτευτεί αλλά και για τις περιοχές που δεν είναι φυτεμένες. Πρέπει πέραν της κεντρικής απορροής να υπάρχει και η πρόβλεψη για απορροή της υπερχειλίσης.

### **3.3 Χρήση και χρηστικότητα της στέγης**

Τα εκτατικού τύπου δώματα/ στέγες καθώς και οι περιοχές που έχουν δημιουργηθεί με αυτοφυή βλάστηση δεν είναι κατάλληλες 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 φυτεμένων δωμαίων/πράσινων στεγών από τους χρήστες του κτηρίου γίνεται κυρίως στα ημιεντατικού και εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα, τα οποία έχουν την κατάλληλη στατική επάρκεια.

### **3.4 Ρύσεις του δώματος / στέγης**

Από τα δομικά χαρακτηριστικά του κτηρίου που εξετάζονται σε σχέση με τις απαιτήσεις της βλάστησης, είναι και οι ρύσεις του δώματος/στέγης. Οι ρύσεις έχουν σχέση με την κλίση απορροής της επιφάνειας του δώματος.

Γενικά, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή συγκέντρωσης στάσιμου νερού στο σύστημα αποστράγγισης. Η συγκέντρωση στάσιμου νερού και η υπεράρδευση δημιουργούν συνθήκες ασφυξίας στις ρίζες των φυτών και μπορεί να οδηγήσουν στην αποτυχία της εγκατάστασης βλάστησης στο δώμα.

Όταν αυτό δεν είναι εφικτό λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για την προστασία του ριζικού συστήματος και επιλέγονται φυτά που να αντέχουν στις συνθήκες αυτές.

Στον **εκτατικό, ημιεντατικό τύπο**, για την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού στα φυτεμένα δώματα εκτατικού και ημιεντατικού τύπου, οι ρύσεις πρέπει να είναι **τουλάχιστον 1.5%**. Υφιστάμενα δώματα ή στέγες με ρύσεις μικρότερες από 1.5% απαιτούν ιδιαίτερη αντιμετώπιση κατά την εφαρμογή του συστήματος υποδομής φυτεμένων δωμάτων/στεγών εκτατικού και ημιεντατικού τύπου. Το αποστραγγιστικό σύστημα, πρέπει να πληροί την απαραίτητη αποστραγγιστική ικανότητα αλλά και το απαιτούμενο ύψος για την απορροή του πλεονάζοντος νερού.

Ιδιαίτερη αντιμετώπιση απαιτείται και στην στεγανοποίηση των δωμάτων με ρύσεις μικρότερες από 1,5%. Η παρουσία στάσιμου νερού πάνω από ασφατικές μεμβράνες οδηγεί σε σταδιακή αποσύνθεσή τους καθώς περιέχουν οργανικά στοιχεία που φθείρονται από τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στα στάσιμα νερά. Η εφαρμογή συνθετικών μεμβρανών (TPO, PVC, EPDM), ανθεκτικών στους μικροοργανισμούς είναι η ενδεδειγμένη εφαρμογή.

Στον **εντατικό τύπο**, για την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού, οι **ρύσεις θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.5%**. Η εφαρμογή φυτεμένων δωμάτων εντατικού τύπου είναι δυνατή σε στέγες χωρίς ρύσεις με την χρήση εξειδικευμένων αποστραγγιστικών στοιχείων που επιτρέπουν την δημιουργία δεξαμενών αποθήκευσης νερού στο σύστημα υποδομής.

### **3.5 Κατασκευαστικά στοιχεία δώματος / στέγης**

Κατά την εγκατάσταση θα πρέπει να εξετάζονται όλοι οι παράγοντες που έχουν σχέση με τον τρόπο που είναι κατασκευασμένο το δώμα / στέγη και τις συνθήκες περιβάλλοντος στην επιφάνεια του. Αυτές οι συνθήκες έχουν σχέση με την καταλληλότητα όλων των στρώσεων και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του δώματος / στέγης και την μέθοδο η οποία θα ακολουθηθεί.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις κάθετες απολήξεις της στέγης / δώματος (εξαερισμοί, κλπ) και στις θέσεις των Η/Μ μονάδων οι οποίες θα πρέπει να διαχωριστούν από τις περιοχές φύτευσης σε υφιστάμενα κτήρια και να είναι προσβάσιμες για τεχνικό έλεγχο και συντήρηση.

Τέλος, προτείνεται η χρήση συμπληρωματικών υλικών υδροτεχνολογίας όπως σχάρες εισόδου, κανάλια απορροής κτλ, ως αναγκαία σε τεχνικά απαιτητικά σημεία όπως πλησίον απόληξης κλιμακοστασίων, δωμάτων, εισόδων και ανοιγμάτων, για την καλύτερη απορροή των όμβριων και την ασφαλή και εύρυθμη λειτουργία των φυτεμένων δωμάτων[ΚΟ 2011;FLL, 2008].

### **3.6 Προστασία από πτώση**

Η προστασία των συντηρητών του φυτεμένου δώματος/στέγης και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, επιβάλλει την προσθήκη εξειδικευμένων

εξαρτημάτων στήριξης ή την τοποθέτηση κιγκλιδωμάτων στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει στηθαίο ή είναι χαμηλότερο του 1m και ενώ το δώμα/στέγη βρίσκεται σε ύψος μεγαλύτερο των 3μ από το έδαφος.

## 4 Τεχνικές προδιαγραφές των υλικών και της κατασκευής φυτεμένου δώματος

Τα υλικά για την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων / στεγών είναι:

- 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 και τα δομικά στοιχεία για την συγκεκριμένη χρήση πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους, σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή στέγης 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 ληφθούν πρόσθετα μέτρα κατά την εγκατάσταση.

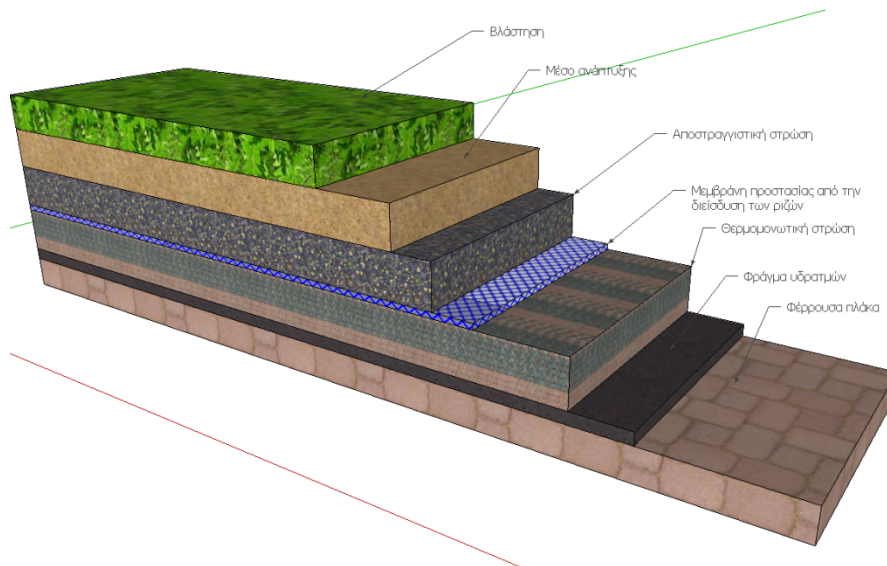
Τόσο οι μεμβράνες στεγανοποίησης, όσο και οι αντιριζικές πρέπει να ελέγχονται για να εξασφαλίζεται ότι είναι ανθεκτικές στην υδρόλυση. Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει επίσης να είναι ανθεκτικά σε συνεχή έκθεση στο νερό, στη βιολογική δράση των μικροοργανισμών, υδατοδιαλυτών ουσιών κλπ.

**Τα υλικά θα πρέπει να φέρουν τις αντίστοιχες πιστοποιήσεις από διεθνείς οργανισμούς πιστοποίησης για την χρήση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.(FLL Root Proof Test, FLL Guidelines, DIN, CE)**

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν δεν πρέπει να δημιουργούν ατμοσφαιρική ρύπανση που οφείλεται σε διεργασίες όπως απόπλυση ή η απελευθέρωση αερίων ουσιών. επίσης, όλα τα υλικά δεν πρέπει να περιέχουν συστατικά τα οποία είναι επιβλαβή για τα φυτά.

Παρακάτω αναφέρονται τα υλικά ανάλογα με την σειρά τοποθέτησης τους στο δώμα .

Η τυπική τομή υποδομής φυτεμένου δώματος/στέγης φαίνεται στην Εικόνα 1, τόσο για τυπική οροφή όσο και για ανεστραμμένο δώμα.



**Εικόνα 1. Τυπική διαστρωμάτωση μιας φυτεμένης οροφής**

Οι στρώσεις είναι:

- Βλάστηση
- Μέσο ανάπτυξης
- Αποστραγγιστική στρώση
- Μεμβράνη προστασίας από την διείσδυση των ριζών
- Θερμομονωτική στρώση
- Φρόνιμα υδρατμών
- Φέρρουσα πλάκα

#### **4.1 Διαχωριστική μεμβράνη**

Η διαχωριστική μεμβράνη τοποθετείται σε περίπτωση μη χημικής συμβατότητας των υλικών στεγανοποίησης και του φυτεμένου δώματος.

#### **4.2 Αντιριζική μεμβράνη**

Η αντιριζική μεμβράνη παρέχει κατάλληλη και διαρκή προστασία από την διείσδυση των ριζών στην στρώση στεγανοποίησης.

Η αντιριζική μεμβράνη θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά με πυκνή δομή τα οποία εμποδίζουν τη διείσδυση των ριζών. Η ανάγκη τοποθέτησής της εξαρτάται από το είδος της μεμβράνης στεγανοποίησης. Οι συνθετικές σπλισμένες μεμβράνες στεγανοποίησης συνήθως δεν απαιτούν την ύπαρξη αντιριζικής Προστασίας. Αντίθετα, η στεγανοποίηση με ασφαλτική μεμβράνη απαιτεί τη διάστρωση πρόσθετης αντιριζικής μεμβράνης. Η προστασία της στεγανοποιητικής στρώσης (υγρομόνωσης) είναι απαραίτητη σε όλους τους τύπους και εξασφαλίζεται με την εφαρμογή ειδικού γεωϋφάσματος πριν την αντιριζική μεμβράνη.

Η αντιριζική μεμβράνη θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από ηλεκτρονικά ελεγμένο πολυαιθυλένιο (PE), πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) ή εύκαμπτη πολυολεφίνη (FPO), ή καουτσούκ EPDM **και να είναι πιστοποιημένη από FLL Root Proof Test**

Επιπλέον οι υγρές μεμβράνες με αντιριζική πιστοποίηση (FLL, κλπ) εξασφαλίζουν ορθότερη εφαρμογή σε μικρά δώματα, ζαρντινιέρες και σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν πολλές κάθετες απολήξεις. Η εφαρμογή τους επιτυγχάνει ενιαία στρώση χωρίς την δημιουργία ενώσεων ή ραφών.

#### **4.2.1 Φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου**

Για την πλήρη προστασία της επιφάνειας του δώματος/στέγης από διάτρηση του ριζικού συστήματος των φυτών στις περιπτώσεις όπου τα αναπτυσσόμενα φυτά έχουν επιφανειακό ριζικό σύστημα, είναι απαραίτητη η διάστρωση ισοπαχούς μεμβράνης ανακυκλωμένου πολυαιθυλενίου PE σε όλη την επιφάνεια της στέγης/δώματος. Η αντιριζική μεμβράνη θα πρέπει να καλύπτει τις επιφάνειες όπου αναπτύσσεται η βλάστηση αλλά και επιφάνειες σκληρών δαπέδων από ξύλο, πέτρα πλάκες ή άλλα βιομηχανικά υλικά.

Η μεμβράνη πολυαιθυλενίου διαστρώνεται ελεύθερα πάνω από την στεγανοποιητική στρώση με **επικάλυψη των άκρων τουλάχιστον κατά 1.5m**. Η εφαρμογή γίνεται με τρόπο ώστε η αντιριζική μεμβράνη να ακολουθεί τις ρύσεις της στέγης/δώματος και το πλεονάζον νερό να μην περνά στο κατώτερο επίπεδο από τα σημεία επικάλυσης. **Στα στηθαία, η μεμβράνη εφαρμόζεται σε ύψος μεγαλύτερο κατά 5-10cm**, από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και στερεώνεται μηχανικά με ειδικό τεμάχιο αλουμινίου.

Οι αντιριζικές μεμβράνες πολυαιθυλενίου καλύπτουν εφαρμογές όταν η υπέργεια ανάπτυξη των φυτών δεν ξεπερνά τα 20-30cm. Εφαρμόζονται πάνω από στεγανοποιητικές στρώσεις που δε διαθέτουν αντιριζική προστασία **όπως οι ασφαλικές μεμβράνες**.

**Απαραίτητη προϋπόθεση για εφαρμογή μεμβράνης PE ως αντιριζικής είναι η πιστοποίηση βάσει διεθνών προτύπων (π.χ. FLL Root Proof Test 2008).**

#### **4.2.2 Φυτεμένο δώμα ημιεντατικού - εντατικού τύπου**

Για την πλήρη προστασία της επιφάνειας του δώματος/στέγης από διάτρηση του ριζικού συστήματος των φυτών στις περιπτώσεις όπου τα αναπτυσσόμενα φυτά έχουν ισχυρό ριζικό σύστημα, είναι απαραίτητη η διάστρωση οπλισμένης συνθετικής μεμβράνης από εύκαμπτη πολυολεφίνη FPO ή πολυβινυλοχλωρίδιο PVC ή καουτσούκ EPDM σε όλη την επιφάνεια της στέγης/δώματος. Η αντιριζική μεμβράνη καλύπτει τις επιφάνειες όπου αναπτύσσεται η βλάστηση αλλά και επιφάνειες σκληρών δαπέδων από ξύλο, πέτρα πλάκες ή άλλα βιομηχανικά υλικά.

Η μεμβράνη διαστρώνεται και συγκολλείται με αλληλοεπικάλυψη των φύλλων κατά τουλάχιστον 10cm με θερμό αέρα. Ακολουθεί έλεγχος των ραφών συγκόλλησης και εφαρμόζεται πίεση με ειδικό ρολό. Στα στηθαία η μεμβράνη εφαρμόζεται σε ύψος μεγαλύτερο κατά 5-10cm από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και στερεώνεται μηχανικά με ειδικό τεμάχιο αλουμινίου. Ακολουθεί σφράγιση του ειδικού μεταλλικού τεμαχίου με πολυουρεθανική μαστίχη.

Οι αντιρριζικές μεμβράνες FPO, PVC, EPDM καλύπτουν εφαρμογές σε φυτεμένα δώματα ημιεντατικού και εντατικού τύπου όπου αναπτύσσονται μεγάλοι θάμνοι και δένδρα. Εφαρμόζονται πάνω από στεγανοποιητικές στρώσεις που δεν διαθέτουν αντιρριζική προστασία ή σαν στρώσεις στεγανοποίησης και αντιρριζικής προστασίας.

**Απαραίτητη προϋπόθεση για εφαρμογή συνθετικών μεμβρανών ως αντιρριζικών είναι η πιστοποίηση βάσει διεθνών προτύπων (π.χ.FLL Proof Test 2008).**

### **4.3 Υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης**

Το υπόστρωμα προστασίας θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικά που καθορίζονται στα διεθνή πρότυπα (π.χ.FLL 2008, **Water retention**). Συνήθη υλικά κατασκευής είναι οι πολυεστερικές συνθετικές και ανακυκλωμένες ίνες. Το υπόστρωμα θα πρέπει να έχει πάχος από 3 ως 15 mm, και να συγκρατεί νερό από 3 l/m<sup>2</sup> ως 10 l/m<sup>2</sup> ώστε να προσφέρει επιπλέον προστασία στην υποκείμενη αντιρριζική μεμβράνη καθώς και στα συστήματα στεγανοποίησης από πλήγματα.

Το υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας πρέπει να εφαρμόζεται ελεύθερα πάνω από την αντιρριζική μεμβράνη με επικάλυψη των άκρων κατά 10-15cm. Στα στηθαία το υπόστρωμα εφαρμόζεται σε ύψος μεγαλύτερο από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και συγκολλάται με ειδική κόλλα.

Σε περίπτωση εφαρμογής ανεστραμμένου τύπου φυτεμένου δώματος όπου τον ρόλο της προστατευτικής στρώσης για την στεγανοποίηση επιτελεί η θερμομόνωση, πάνω από την θερμομόνωση εφαρμόζεται εξειδικευμένο υδροφοβικό διηθητικό φύλλο που επιτρέπει την εξάτμιση του εγκλωβισμένου νερού από το επίπεδο της.

### **4.4 Αποστραγγιστικό σύστημα**

Το αποστραγγιστικό σύστημα μπορεί να είναι κατασκευασμένο από υψηλής πυκνότητας ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο (HDPE) ή ενισχυμένο πλαστικό (ABS) ή υδροφοβική διογκωμένη πολυστερίνη (EPS-SE) ή ανακυκλωμένο πολυστερένιο (Recycled PS) με αμφίπλευρες εγκοπώσεις και κενούς χώρους στους οποίους συσσωρεύεται και αποθηκεύεται το νερό. Η περίσσεια ύδατος οδηγείται στις υδρορροές ή συγκεντρώνεται σε ειδική δεξαμενή για επανάχρηση. 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. 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 σύμφωνα με τις αντίστοιχες μελέτες.

Η επιλογή του αποστραγγιστικού συστήματος θα πρέπει να βασίζεται στα διεθνή Πρότυπα και **να τεκμηριώνεται η συμβατότητα της επιλογής** του τόσο με τον τύπο της βλάστησης και του υποστρώματος όπως και με τις **κλιματικές συνθήκες**, τις συνθήκες έλλειψης νερού και τις απαιτήσεις ικανότητας αποστράγγισης, όγκου πλήρωσης και αποθήκευσης νερού. Επιπλέον η επιλογή του αποστραγγιστικού συστήματος θα πρέπει να είναι συμβατή με τη στατική επάρκεια του κτηρίου.

Θα πρέπει επίσης να αναφέρονται στη μελέτη τα εξής (υπολογισμένα σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα):

- Ικανότητα αποστράγγισης νερού (τυπικές τιμές: 0,5- 8,1 l/m<sup>2</sup>xs)
- Όγκος Πλήρωσης (τυπικές τιμές: 10- 30 l/m<sup>2</sup>)
- Ικανότητα αποθήκευσης Νερού (τυπικές τιμές >3 l/m<sup>2</sup>)

#### **4.5 Διηθητικό φύλλο**

Το διηθητικό φύλλο θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικό υψηλής αντοχής (π.χ. θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο υψηλής αντοχής) και να είναι σχεδιασμένο ώστε να αποτρέπει τη μεταφορά τεμαχίων από το υπόστρωμα στο αποστραγγιστικό σύστημα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το φράξιμό του και να εμποδίσουν τη ροή του νερού.

Θα πρέπει να **τεκμηριώνεται από τον κατασκευαστή η καταλληλότητά του για χρήση σε φυτεμένα δώματα** και να είναι ανθεκτικό σε λιπάσματα, οξέα, αλκάλια και οργανικές ενώσεις π.χ. φυτοφάρμακα, εκκρίσεις ριζών κλπ. Επίσης να είναι βιολογικά και χημικά ουδέτερο. Η κατηγορία αντοχής του σύμφωνα με διεθνή ή εθνικά πρότυπα (π.χ. DIN ISO 12236, EN ISO 11058, EN ISO 10319).

#### **4.6 Χαρακτηριστικά υποστρώματος ανάπτυξης φυτών**

Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών πρέπει να 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, ΡΗ και κοκκομετρία, ανάλογα με το φυτικό υλικό και τον τύπο φυτεμένου δώματος που θα επιλεγεί. Πρέπει να είναι σταθερό, να απορροφά και να συγκρατεί νερό για την ανάπτυξη των φυτών και να επιτρέπει μόνο στην περίσσεια νερού να οδηγείται στο αποστραγγιστικό σύστημα. Πρέπει να επιτρέπει τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμα και όταν είναι κορεσμένο με νερό. Πρέπει, σε βάθος χρόνου, να μη συμπιέζεται.



Κατά τη εφαρμογή των διαφορετικών συστημάτων υποδομής φυτεμένων δωματίων/στεγών δεν πρέπει να χρησιμοποιείται κηπαίο χώμα. Το κηπαίο χώμα είναι ανομοιογενές και λόγω της μεγάλης του πυκνότητας επιβαρύνει τον φορέα με μεγάλα φορτία.

Από την πληθώρα των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχει το υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών, αναφέρουμε παρακάτω την κοκομετρία του υποστρώματος, την σταθερότητα της κατασκευής, το pH του εδάφους και την αλατότητα σύμφωνα με το FLL 2008.

#### Κοκομετρία

Δεν επιτρέπεται περισσότερο από 10% του υλικού να έχει διάμετρο μικρότερη από 0.063 mm.

Η διάμετρος των κόκκων του εδαφικού υλικού πρέπει να διαφέρει ανάλογα με το βάθος της κατασκευής και πρέπει:

- Για βάθος 4 – 10 cm να είναι μεταξύ 2/8 mm και 2/12 mm
- Για βάθος >10 – 20 cm να είναι μεταξύ 4/8 mm και 8/16 mm
- Για βάθος >20 cm να είναι μεταξύ 4/8 mm και 16/32 mm

#### pH υποστρώματος ανάπτυξης φυτών

Το pH του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών για εκτατικές και εντατικές κατασκευές πρέπει να είναι μεταξύ 6.0 και 8.5. Σε περίπτωση που τα φυτά απαιτούν συγκεκριμένο pH αυτό πρέπει να αναφέρεται.

#### Αλατότητα

Για να διατηρηθεί η ανάπτυξη των φυτών πρέπει οι τιμές της αλατότητας του νερού να μην ξεπερνά:

- Για τις εντατικές κατασκευές τα 2.5 g/l
- Για τις εκτατικές κατασκευές τα 3.5 g/l

Δεδομένης της επιβάρυνσης που προκαλούν τα άλατα στο περιβάλλον, οι τιμές τους πρέπει να διατηρούνται στα ελάχιστα δυνατά επίπεδα.

#### Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία

- Για τις εντατικές κατασκευές  $\leq 90$  g/l
- Για τις εκτατικές κατασκευές  $\leq 65$  g/l

Σε κάθε περίπτωση το εδαφικό υπόστρωμα θα πρέπει να είναι συμβατό με τη βλάστηση που θα επιλεγεί και να συμμορφώνεται με τα εθνικά ή διεθνή πρότυπα που προαναφέρθηκαν.

#### **4.7 Επιλογή και τεχνικές προδιαγραφές βλάστησης**

Κύρια κριτήρια για την επιλογή των φυτικών ειδών, που συνθέτουν τη φύτευση του δώματος, είναι οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, το πάχος και το είδος του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος που θα κατασκευαστεί, η δυνατότητα των φυτών για προσαρμογή και ανάπτυξη στο συγκεκριμένο περιβάλλον που δημιουργείται, το επιδιωκόμενο αισθητικό αποτέλεσμα και τον τύπο του φυτεμένου δώματος, η αντοχή των φυτικών ειδών στις υψηλές θερμοκρασίες και στην ένταση του ανέμου και η δυνατότητα αυτών για προσαρμογή. Για το σκοπό αυτό **στις πιλοτικές εφαρμογές Πράσινων Δωμάτων σε Δημόσια Κτήρια θα πρέπει να επιλεγούν ενδημικά είδη και είδη από την ευρύτερη μεσογειακή χλωρίδα**, που προσαρμόζονται γρήγορα στις τοπικές κλιματικές συνθήκες και συνδυάζονται με το αστικό περιβάλλον και τις ιδιαίτερες συνθήκες που αναπτύσσονται σε αυτό, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες και η ατμοσφαιρική ρύπανση.

##### **4.7.1 Εκτατικός τύπος**

Σε αυτό το είδος φυτεμένου δώματος / στέγης θα πρέπει να επιλεγούν **ενδημικά φυτά** χαμηλής ανάπτυξης, όπως φυτικοί τάπητες, χλοοτάπητες, αγριολούλουδα και φυτά εδαφοκάλυψης με επιφανειακό ριζικό σύστημα που αναβλαστάνουν εύκολα. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Sedum
- Ποώδη φυτά
- Αγρωστώδη και ποώδη φυτά

**Ύψος ανάπτυξης της βλάστησης: 100-150 mm**

##### **4.7.2 Ημιεντατικός τύπος**

Καθώς αυξάνεται το ύψος της συνολικής διαστρωμάτωσης του συστήματος υποδομής, αυξάνεται και η παλέτα των ενδημικών φυτών προς εγκατάσταση. Τυπικές μορφές βλάστησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ημιεντατικό τύπο είναι :

- Γρασίδια - πολυετή ποώδη φυτά
- Τοπική ποώδης - θαμνώδης βλάστηση
- Θαμνώδης βλάστηση

**Ύψος ανάπτυξης της βλάστησης ως 250 mm**

#### **4.7.3 Εντατικός τύπος**

Στον Εντατικό τύπο ο μελετητής έχει δυνατότητα επιλογής μεγαλύτερης ποικιλίας φυτικού υλικού και συνθετικών προτάσεων ενδημικής προέλευσης.

**Ύψος ανάπτυξης της βλάστησης από 100 mm χωρίς άνω όριο**

### **4.8 Είδη βλάστησης**

#### **4.8.1 Σπόροι**

Οι σπόροι πρέπει να είναι προσφάτου παραγωγής, καθαροί, ώριμοι, απολυμασμένοι και απεντομωμένοι και να έχουν βλαστικότητα πάνω από 85% και στιλπνή επιφάνεια. Το μίγμα σπόρων πρέπει να είναι πιστοποιημένο και να έχει μεταφερθεί στον τόπο του έργου σε σφραγισμένους σάκους. Θα πρέπει να αναγράφονται:

- α. Τα είδη των σπόρων και η επί τοις εκατό αναλογία τους.
- β. Ο βαθμός καθαρότητας (πρέπει να είναι πάνω από 98%)
- γ. Ο βαθμός βλαστικότητας (πρέπει να είναι πάνω από 85%)
- δ. Ο χρόνος παραγωγής.
- ε. Η επωνυμία του οίκου παραγωγής.

#### **4.8.2 Τάπητες βλάστησης**

Οι τάπητες βλάστησης που μπορούν να επιλεγούν είναι:

- Τάπητας βλάστησης χωρίς ενίσχυση δομής
- Τάπητας βλάστησης ενισχυμένος με οργανικές ίνες
- Τάπητας βλάστησης ενισχυμένος με τρισδιάστατο πλέγμα

#### **4.8.3 Προκατασκευασμένοι χλοοτάπητες**

Οι προδιαγραφές που αναφέρονται παρακάτω έχουν να κάνουν με την ποιότητα, του προπαρασκευασμένου χλοοτάπητα που μπορεί να επιλεγεί:

- Γνωστοποίηση ταυτότητας σπόρου ποικιλιών ή μιγμάτων καθώς και η σύνθεση τους, που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του τάπητα.
- Ηλικία όχι μεγαλύτερη των 10 μηνών.
- Το πάχος της λωρίδας πρέπει να είναι 16 mm χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το φύλλωμα και το πάχος του thatch.
- Το μέγεθος της λωρίδας να είναι κατόπιν συμφωνίας και σύμφωνα με τη μελέτη.
- Η αντοχή της λωρίδας πρέπει να είναι μεγάλη έτσι ώστε όταν την κρατάμε από το ένα άκρο να μην σπάει ή να σχίζεται.

- Άριστη φυτο-υγιεινή κατάσταση του χλοοτάπητα χωρίς μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές.
- Πλήρης απουσία ζιζανίων.
- Άριστη πυκνότητα χλοοτάπητα έτσι ώστε όταν κουρεύεται σε ύψος 4 cm να μην φαίνεται καθόλου το χώμα.

## 5 Βιβλιογραφία

- [CIBSE, 2007] *CHESHIRE, D. G., ZAC; (2007) CIBSE Guide L: Sustainability, U.K., CIBSE.*
- [GRO, 2011] *The GRO Green Roof Code, Green Roof Code of Best Practice for the UK 2011, Groundwork Sheffield and Environmental Protection Agency , 2011(<http://www.nfrc.co.uk/upload/GRO%20CODE%202011.pdf>)*
- [KO, 2011] Κατευθυντήριες οδηγίες φυτοτεχνικής μελέτης κατασκευής και συντήρησης φυτεμένων δωματίων/ στεγών όπως εκπονήθηκε με την υπ' αριθμ. 2471/16-9-2010 Απόφαση «Συγκρότηση Ομάδας Εργασίας για τη δημιουργία Φυτεμένων Επιφανειών».
- [EST 2005] *ENVIRONMENTAL\_SUSTAINABILTY\_TEAM (2005) Green roofs Planning Advice Note 1. U.K., The London Borough of Barking & Dagenham [http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/LA\\_pdfs/green-roof-part-1.pdf](http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/LA_pdfs/green-roof-part-1.pdf).*
- [LUCKETT 2009] *LUCKETT, K. (2009) Green Roof Construction and Maintenance, USA, McGRAW-HILL'S.*
- [FLL 2008] *FLL- Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. –Green Roofing Guideline-, 2008*