



Συστήματα Κάθετης Φύτευσης

ΜΠΟΤΣΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΜ 96178

ΤΕΙ Καλαμάτας

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

1.Εισαγωγή.....	3
2. Κατηγοριοποίηση.....	7
3. Περιβαλλοντική ανάλυση.....	14
4. Οικονομική ανάλυση.....	20
5. Βιβλιογραφία.....	27

1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, η αύξηση της περιβαλλοντικής συνείδησης οδήγησε στη χρήση κριτηρίων αειφορίας στα αστικά συστήματα και το σχεδιασμό κτιρίων. Η αειφόρος ανάπτυξη απαιτεί την εξέταση ενός συνόλου αλληλεξαρτώμενων στοιχείων, όπως η μείωση της ζήτησης ενέργειας και της κατανάλωσης νερού, ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και της ρύπανσης και η παροχή αποτελεσματικών δημόσιων μεταφορών. Ο πράσινος χώρος, συμπεριλαμβανομένου του οικολογικού σχεδιασμού των κτιρίων, είναι μόνο ένα κομμάτι από το παζλ. Σε αυτή την προσέγγιση βιώσιμης κατασκευής, το κλείσιμο των υλικών και των υδάτινων κύκλων και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελούν στόχους προτεραιότητας.

Πρόσφατα, καθορίστηκε η έννοια της Πράσινης Υποδομής ως το σύνολο των ανθρωπογενών παρεμβάσεων που παρέχουν πολλαπλές - φιλικές ως προς το περιβάλλον - λειτουργίες τόσο σε κτιριακές όσο και συνολικά σε αστικές κλίμακες. Μεταξύ αυτών των λειτουργιών, ξεχωρίζουν η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από το κτίριο, η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της μείωσης των θερμοκρασιών περιβάλλοντος και του μετριασμού της αστικής θερμότητας. Από αυτή την άποψη, μερικές από τις πιο καινοτόμες και ενδιαφέρουσες λύσεις για το σκοπό αυτό είναι τα οικολογικά συστήματα κατασκευής κτιρίων, τα οποία κατά κύριο λόγο αποτελούνται από τις πράσινες στέγες και τις πράσινες προσόψεις. Έτσι, ενώ παραδοσιακά η πρασινάδα στην αρχιτεκτονική χρησιμοποιήθηκε κυρίως για αισθητικούς λόγους, σήμερα η χρήση της δικαιολογείται και από οικολογικούς - οικονομικούς λόγους, όπως είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η ανθεκτικότητα των δομικών υλικών, η βελτίωση του αστικού κλίματος, η στήριξη της βιοποικιλότητας κλπ.

Μελέτες υποδεικνύουν ότι το «πρασίνισμα» των τοίχων ενός κτιρίου έχει ενδεχομένως μεγαλύτερη επίδραση στο κτιριακό περιβάλλον από ό,τι οι πράσινες στέγες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η επιφάνεια των τοίχων των κτιρίων είναι πάντα μεγαλύτερη από την περιοχή της οροφής. Σε ψηλά κτίρια αυτή η επιφάνεια μπορεί να είναι ως και 20 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια στέγης. Όσον αφορά το «πρασίνισμα» ως παθητικό σύστημα

εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, υπάρχουν ορισμένα τεχνικά θέματα σχετικά με τη θερμική του συμπεριφορά. Για παράδειγμα, ερωτήσεις εγείρονται ως προς το αποτέλεσμα της σκίασης των φυτών, η της ικανότητάς τους να παρεμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία ή το πόσο αποτελεσματικά ψύχουν το κτιριακό περιβάλλον μέσω της εξατμισοδιαπνοής τους. Αυτά είναι μερικά από τα κύρια θέματα που έχουν μελετηθεί από τους ερευνητές.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η εργασία με τα φυτά δεν αποτελεί εύκολη υπόθεση και συνήθως δεν είναι δυνατόν να γενικευθούν τα αποτελέσματα μιας μελέτης εξαιτίας του καιρού ή της γενικότερης κατάστασης, η οποία επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών ή τη χρήση κάθε φυτικού είδους (φυλλοβόλα ή πολυετή). Επιπλέον, οι διαφορές μεταξύ των σημερινών συστημάτων, όπως οι πράσινες προσόψεις ή των πράσινων τοίχων θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσφαλμένη ερμηνεία των αποτελεσμάτων των διάφορων ερευνών.

Τα τρέχοντα συστήματα για το πρασίνισμα της επιφάνειας των κατασκευών δεν είναι απλές επιφάνειες που καλύπτονται με βλάστηση. Υπάρχουν αρκετά συστήματα πράσινων επιφανειών, όπως οι πράσινες στέγες και οι πράσινοι τοίχοι, στα οποία η τεχνολογία που αναπτύσσεται συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης και της μακροζωίας. Τα συστήματα οικολογικής προστασίας, όπως οι πράσινες οροφές και οι πράσινοι τοίχοι, χρησιμοποιούνται ως αισθητική ιδιότητα σε κτίρια. Αυτά τα συστήματα μπορούν επίσης να αποτελέσουν μέρος μιας βιώσιμης στρατηγικής για την αποκατάσταση των αστικών περιοχών και την ανακαίνιση των κτιρίων. Σε αστική κλίμακα, οι πράσινες οροφές και οι πράσινοι τοίχοι συμβάλλουν στην ενσωμάτωση της βλάστησης στο αστικό περιβάλλον χωρίς να καταλαμβάνουν χώρο σε επίπεδο δρόμου. Στην πραγματικότητα, η βλάστηση που καλύπτει τα κτίρια, όταν εφαρμόζεται σε μια σημαντική κλίμακα αστικού τοπίου, μπορεί να βελτιώσει το αστικό περιβάλλον συμβάλλοντας στην αστική βιοποικιλότητα, στη διαχείριση των καταιγίδων, στη ποιότητα αέρα, στη μείωση της θερμοκρασίας και στο μετριασμό της θερμότητας. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή τους μπορεί να έχει, εκτός από τις περιβαλλοντικές πτυχές, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Αυτά τα συστήματα ενθαρρύνουν την αποκατάσταση των αστικών περιοχών, έχουν θεραπευτικό αποτέλεσμα με την πρόκληση ψυχολογικής ευεξίας λόγω της

παρουσίας της βλάστησης, τη βελτίωση της εικόνας των πόλεων, την αύξηση της αξίας του ακινήτου. Τέλος λειτουργεί ως συμπληρωματικό μέσο θερμικής και ακουστικής προστασίας.

Σε κλίμακα κτιρίων η βλάστηση έχει τη δυνατότητα βελτίωσης του μικροκλίματος τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, λειτουργώντας ως συμπληρωματικό μονωτικό στρώμα το χειμώνα και παρέχοντας σκιά και ένα φαινόμενο ψύξης λόγω της διαπνοής το καλοκαίρι. Η βλάστηση απορροφά μεγάλες ποσότητες της υπερϊώδους ακτινοβολίας, ενώ η επίδραση του φαινομένου της ψύξης λόγω της διαπνοής των φυτών μπορεί να μειώσει περαιτέρω τις επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, παρουσιάζοντας αυξημένα επίπεδα υγρασίας και χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες κάτω από τις σκληρές επιφάνειες. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι οι πράσινοι τοίχοι έχουν την ικανότητα να ελέγχουν τις αυξομειώσεις θερμότητας, συμβάλλοντας στη βελτίωση της εσωτερικής θερμοκρασίας και μειώνοντας τη ζήτηση ενέργειας είτε για θέρμανση είτε για ψύξη.

Τα συστήματα κάθετης φύτευσης είναι ο κοινός όρος που αναφέρεται σε όλες τις μορφές συστημάτων φυτικής κάλυψης των επιφανειών των κτιρίων. Οι παραδοσιακές μέθοδοι πράσινου τοίχου είναι ιστορικά γνωστές, από τους Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας, την Ρωμαϊκή αυτοκρατορία και την αρχαία Ελλάδα. Σε μεσογειακά κλίματα, χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν αμπέλια ώστε να καλυφθούν οι πέργκολες, σκιάζοντας το κτίριο ή τοίχους κτιρίων για την εξασφάλιση χαμηλότερων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του θέρους. Από τον 17^ο και 18^ο αιώνα, ξεκίνησε η χρήση αναρριχητικών φυτών σε τοίχοι κτηρίων κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Κεντρική Ευρώπη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Βρετανικό μουσείο και το Μουσείο Φυσικής ιστορίας του Λονδίνου. Τον 19ο αιώνα ξυλώδη ή αναρριχώμενα φυτά χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες κατασκευές, σε ευρωπαϊκές και βορειοαμερικανικές πόλεις.

Οι πρώτες έρευνες για πράσινες προσόψεις βασίστηκαν σε βοτανικές ταξινομήσεις. Ωστόσο, από τη δεκαετία του 1980 μια νέα ιδέα προέκυψε όσον αφορά τις πράσινες προσόψεις και αυτή ήταν η ανάλυση της συνεισφοράς τους στην ενίσχυση της αειφορίας στις πόλεις. Σε αυτή την ιδέα ενισχυτικά

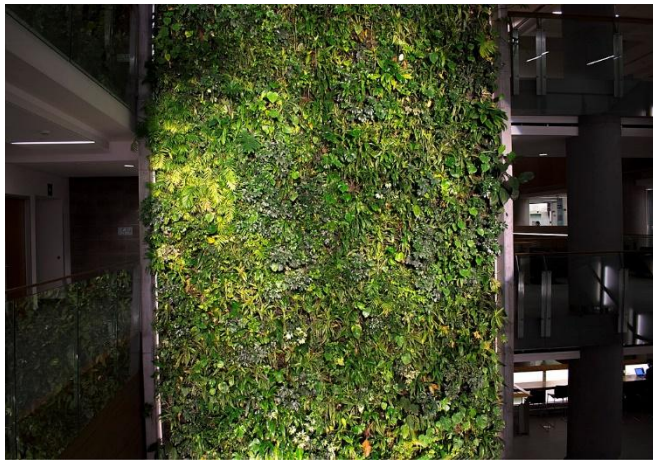
επέδρασε η αύξηση της οικολογικής ευαισθησίας των κατοίκων των μεγάλων πόλεων και τα οικολογικά κινήματα ήδη από τον 19^ο αιώνα. Το γερμανικό κίνημα Jugendstil(ArtNouveau) από τις αρχές του 20ου αιώνα ενθάρρυνε την κατασκευή κήπων στα σπίτια με κάθε τρόπο. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου προέκυψαν μερικά οικονομικά προγράμματα ώστε να δοθούν κίνητρα για την τοποθέτηση πράσινων προσόψεων. Το Βερολίνο αποτελεί ένα εξέχον παράδειγμα, καθώς από το 1983 έως το 1997, έχουν εγκατασταθεί 245.584 τετραγωνικά μέτρα πράσινων προσόψεων στην πόλη .

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στην μελέτη των κύριων συστημάτων πράσινου τοίχου που είναι διαθέσιμα, συστηματοποιώντας τα κύρια χαρακτηριστικά και την τεχνολογία τους.

Μια αναζήτηση των πράσινων τοίχων, που διατίθενται διεθνώς στην αγορά ή σε βάσεις δεδομένων (π.χ. Esp @ cenet, FreePatents Online, FreshPatents, GooglePatents, Lusopat.), επέτρεψε την ταυτοποίηση και τον χαρακτηρισμό των περισσότερων από τα υπάρχοντα συστήματα. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι αυτός είναι ένας τομέας που χρήζει συνεχούς ενημέρωσης. Ωστόσο, οι λύσεις που αναλύθηκαν συνιστούν ένα κοινά αποδεκτό πλαίσιο για να προσδιορίσουν τα κύρια χαρακτηριστικά των πράσινων τοίχων όσον αφορά τη διαμόρφωση, τη σύνθεση και τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Αυτή η εργασία χωρίζεται σε δύο κύριες ενότητες. Πρώτον, μια ταξινόμηση των πράσινων συστημάτων τοίχων σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τους. Δεύτερον, τις κύριες απαιτήσεις των διαφόρων συστημάτων πράσινου τοίχου όσον αφορά τις διαδικασίες εγκατάστασης και συντήρησης, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους και το κόστος. Για να συγκρίνουμε τα διάφορα συστήματα και τα χαρακτηριστικά τους, αναλύσαμε τη σύνθεσή τους βάσει των ακόλουθων στοιχείων: στοιχεία υποστήριξης, μέσα καλλιέργειας, βλάστηση, αποστράγγιση και άρδευση. Επιπλέον, δεδομένης της σημασίας τους, προστέθηκαν δύο υποτομήματα προστέθηκαν για να επικεντρώσουμε, πρώτα στις διαφορετικές φάσεις του κύκλου ζωής των συστημάτων και δεύτερον στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το κόστος των συστημάτων αυτών.



Εικόνα 1 Ξενοδοχείο Atlas, Βιετνάμ



Εικόνα 2 Πράσινος τοίχος στο εσωτερικό του Πανεπιστημίου της Οτάβα

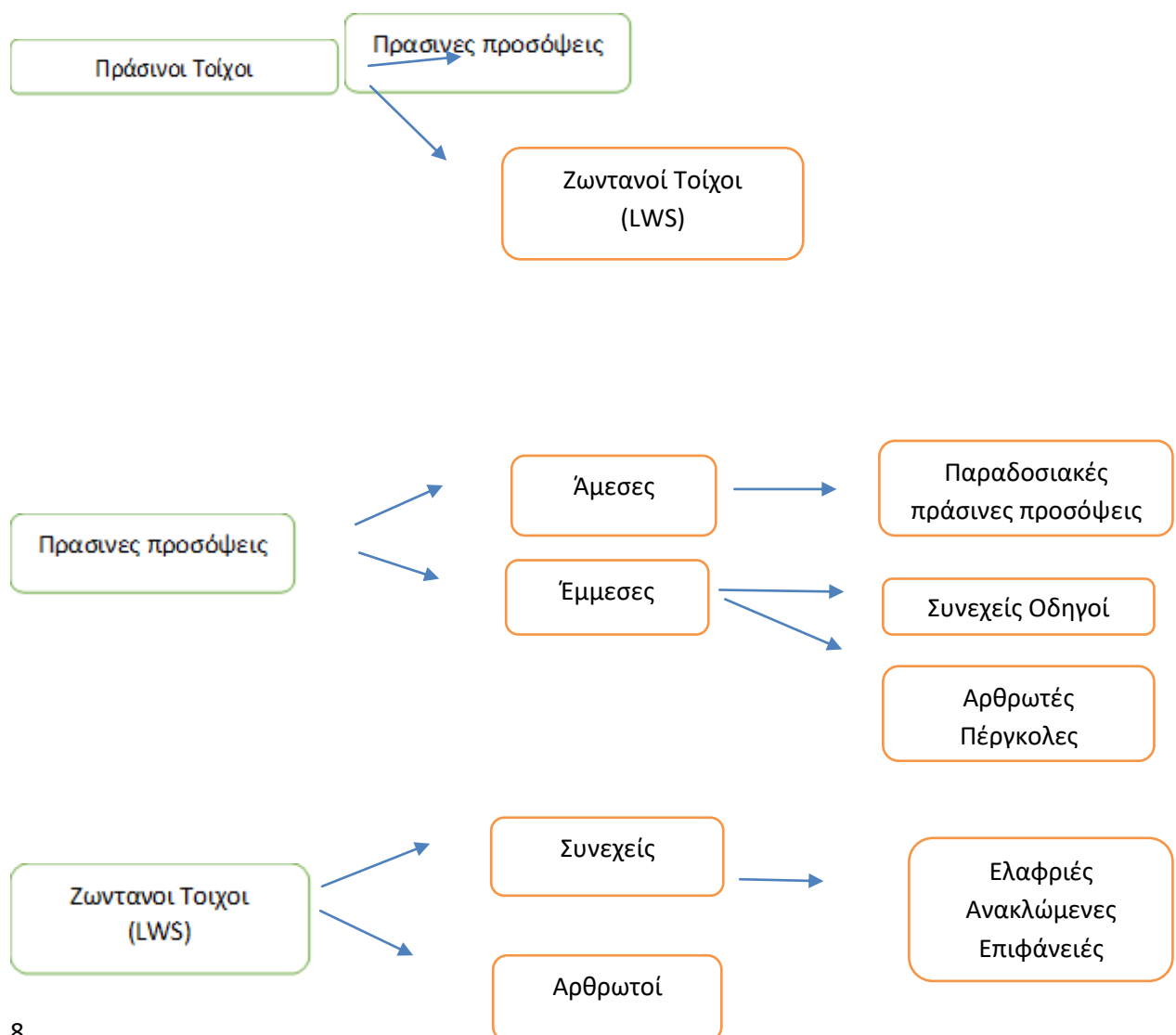
2. Κατηγοριοποίηση

Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει ανάπτυξη σε τεχνολογία πράσινων τοίχων είναι σημαντικό να εντοπίσουμε και να ταξινομήσουμε όλα τα υπάρχοντα συστήματα, σύμφωνα με τις τεχνικές κατασκευής και τα κύρια χαρακτηριστικά. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν διάφορες ονοματολογίες όταν αναφέρονται σε όλους τους τύπους των πράσινων συστημάτων. Κάποιοι χρησιμοποιούν τον όρο "κάθετος κήπος" άλλοι τους αποκαλούν "συστήματα κατακόρυφης φύτευσης, "πράσινα κατακόρυφα συστήματα "ή" συστήματα κατακόρυφου πρασινίσματος (VGS) ". Όταν αναφέρονται σε άμεσες ή έμμεσες πράσινες προσόψεις, (Ottelé et al and Perin et al.) χρησιμοποιούν τους όρους άμεσων

πράσινων συστημάτων και έμμεσων πράσινων συστημάτων, αντίστοιχα. Μια άλλη έννοια που ονομάζεται "Biowalls" αναφέρθηκε από τους Francis et al. σχετικά με την εφαρμογή των πράσινων τοίχων σε εσωτερικούς χώρους.

Στην πραγματικότητα, η έννοια του πράσινου τοίχου αναφέρεται σε όλα τα συστήματα τα οποία επιτρέπουν την οικοδόμηση μιας κατακόρυφης επιφάνειας (π.χ. προσόψεις, τοίχοι, διαχωριστικά τοιχώματα κ.λπ.) με μια ποικιλία φυτικών ειδών, συμπεριλαμβανομένων όλων των λύσεων με σκοπό την καλλιέργεια φυτών πάνω, μέσα ή έξω από τον τοίχο ενός κτιρίου.

Σε αυτή την εργασία προτείνεται μια ταξινόμηση πράσινων τοίχων σύμφωνα με τα διάφορα υπάρχοντα συστήματα και τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά (βλ. Σχήμα 1).



2.1 Πράσινες προσόψεις” και “Ζωντανοί τοίχοι”

Πρακτικά οι κάθετοι κήποι χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις “πράσινες προσόψεις” και τους “ζωντανούς τοίχους”.

Θα μπορούσε να πει κανείς πως ο πιο απλός “πράσινος τοίχος” μπορεί να δημιουργηθεί με τη φύτευση αναρριχόμενων φυτών στο έδαφος ή σε φυτοδοχεία. Τα αναρριχώμενα θα αναπτυχθούν και τελικά θα καλύψουν τον τοίχο ή ένα μέρος του. Σε αυτή τη σκέψη στηρίζονται οι “πράσινες προσόψεις”. Φυσικά η τεχνολογία τους δεν είναι τόσο απλοϊκή, αφού για τη δημιουργία τους χρησιμοποιούνται ειδικές δομές που υποστηρίζουν τα αναρριχώμενα φυτά (ώστε να μην επηρεάζουν τον τοίχο), τα οποία φυτεύονται είτε στο έδαφος, είτε σε φυτοδοχεία ενδιάμεσα του τοίχου (παράθυρα, μπαλκόνια). Εκτός από αναρριχώμενα χρησιμοποιούνται και κρεμοκλαδή φυτά, τα οποία μπορεί να είναι φυτεμένα ακόμα και σε ταρατσόκηπο. Οι “πράσινες προσόψεις” μπορούν να δημιουργήσουν και αυτόνομους κάθετους κήπους, όπου δεν είναι απαραίτητη η παρουσία κάποιου τοίχου.

2.1.1. Συστήματα “πράσινων προσόψεων”

Οι πράσινες προσόψεις μπορούν να ταξινομηθούν σε άμεσες ή έμμεσες. Οι **άμεσες πράσινες προσόψεις** είναι κατασκευασμένες από φυτά που αναρριχώνται από μόνα τους με τη χρήση του υλικού του τοίχου πρόσοψης του κτιρίου ως υποστήριξη. Σε αυτό τον τύπο συνήθως τοποθετούνται στη βάση της πρόσοψης του κτιρίου απλά συστήματα υποστήριξης προσκολλημένα στον τοίχο.

Ο Hoyano μελέτησε τη χρήση φυτών για τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας και πώς επηρεάζει αυτό το φαινόμενο το θερμικό περιβάλλον του κτιρίου. Μια από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν σε αυτή την εργασία ήταν η επίδραση μιας Παραδοσιακής Πράσινης Πρόσοψης που κατασκευάστηκε με τον Ιαπωνικό κισσό (*Parthenocissustricuspidata*), που βρίσκεται στη δυτική πλευρά (τοίχος οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 15cm) διώροφης

μονοκατοικίας σε κατοικημένη περιοχή του Τόκιο , κατά τη θερινή περίοδο. Σε αυτή τη μελέτη μετρήθηκαν οι εξωτερικές και εσωτερικές θερμοκρασίες επιφάνειας τοιχοποιίας. Λόγω της αντηλιακής επίδρασης της πράσινης πρόσοψης, παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας στους 13 ° C σε 15h και παρατηρήθηκαν θερμοκρασίες εσωτερικής επιφάνειας έως 11 ° C στα 18h. Η υπολογιζόμενη μείωση της θερμότητας μέσω της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου λόγω αυτού ακού ήταν ένα τέταρτο (50 kcal / m²h) της μέγιστης τιμής που υπολογίστηκε χωρίς αυτό (200kcal / m²h). Ο Hoyano υπογραμμίζει το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας παρατηρήθηκε κάποια στασιμότητα του αέρα στην πράσινη πρόσοψη με επακόλουθο αρνητικό αποτέλεσμα στην κοντινή ψύξη. Στη μελέτη αυτή, ο συντελεστής μετάδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας ορίζεται ως η αναλογία της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του τοίχου του κτιρίου πίσω από τον κισσό με εκείνη του αντηλιακού κισσού. Ο μέσος συντελεστής ηλιακής διαπερατότητας ήταν 2 - 7%.

Οι **έμμεσες πράσινες προσόψεις** περιλαμβάνουν μία δομή στήριξης για τη βλάστηση.

Με μεταλλικό πλέγμα: Το μεταλλικό πλέγμα στερεώνεται στον τοίχο και αφήνει ένα μικρό κενό από αυτόν (περίπου 3cm), έτσι ώστε τα φυτά να μην ακουμπούν τον τοίχο και τον καταστρέφουν. Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι πρόκειται για μία σχετικά εύκολη εγκατάσταση με μικρό κόστος κατασκευής και συντήρησης. Στα μειονεκτήματά του περιλαμβάνεται το μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να μεγαλώσουν τα φυτά και να ολοκληρωθεί ο κάθετος κήπος που μπορεί να φτάσει τα 5-10 χρόνια. Επιπλέον χρειάζεται προσοχή καθώς τα φυτά μεγαλώνουν γιατί μπορεί να καλύψουν το κενό μεταξύ του πλέγματος και του τοίχου και να δημιουργηθούν προβλήματα στον τοίχο από την υγρασία. Βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση αυτού του συστήματος, είναι ο τοίχος να αντέχει το βάρος του.

Με αρθρωτά πλαίσια: Τα πλαίσια είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι και η βασική διαφορά από το παραπάνω σύστημα είναι ότι ο τοίχος δεν επιβαρύνεται με το βάρος της κατασκευής. Προϋπόθεση είναι το πλαίσιο να θεμελιώνεται σε στέρεο έδαφος. Στη συνέχεια κατά μήκος του πλαισίου στερεώνονται σύρματα για τη στήριξη των φυτών. Η εγκατάσταση είναι

γρήγορη, ενώ το μειονέκτημα του μεγάλου χρονικού διαστήματος που απαιτείται για την ολοκλήρωση του κάθετου κήπου παραμένει.

Συνδυασμένη τεχνική: Δημιουργήθηκε προκειμένου να συντομευθεί ο χρόνος ολοκλήρωσης του κάθετου κήπου, ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα να ξεκινήσει ο κάθετος κήπος από κάποιο επίπεδο πάνω από το έδαφος. Σε ένα ασφάλινο πλαίσιο τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα αλλά και σειρές φυτοδοχείων. Έτσι περισσότερα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενώ τα φυτοδοχεία μπορούν να είναι ήδη φυτεμένα, με αποτέλεσμα ο κάθετος κήπος να έχει ολοκληρωθεί μέσα σε 2 χρόνια. Φυσικά το σύστημα περιλαμβάνει εγκατάσταση για το πότισμα και την υδρολίπανση των φυτών.

2.1.2 Συστήματα “Ζωντανών τοίχων”

Οι «ζωντανοί τοίχοι» είναι μια αρκετά καινοτόμα ιδέα στον τομέα της επένδυσης τοίχων. Αναπτύχθηκαν για να επιτρέψουν την ενσωμάτωση των πράσινων τοίχων σε ψηλά κτίρια. Οι ζωντανοί τοίχοι επιτρέπουν την ταχεία κάλυψη μεγάλων επιφανειών και την ομοιόμορφη ανάπτυξη, φθάνοντας σε υψηλότερες περιοχές και προσαρμοζόμενοι σε όλα τα είδη κτιρίων. Επιτρέπουν επίσης την ενσωμάτωση μιας ευρύτερης ποικιλίας φυτικών ειδών. Τα συστήματα διαβίωσης των τοίχων (LWS) μπορούν να ταξινομηθούν ως συνεχή ή αρθρωτά, σύμφωνα με τη μέθοδο εφαρμογής τους. Οι συνεχείς LWS βασίζονται στην εφαρμογή ελαφρών και διαπερατών πάνελ στα οποία τα φυτά εισάγονται ξεχωριστά. Τα αρθρωτά LWS είναι στοιχεία με συγκεκριμένη διάσταση, τα οποία περιλαμβάνουν τα θρεπτικά μέσα όπου τα φυτά μπορούν να αναπτυχθούν.

Σύστημα “χαλαρού υποστρώματος”: οι μονάδες αυτού του τύπου κάθετου κήπου είναι σαν μικρές θήκες τοποθετημένες στη σειρά μέσα στις οποίες υπάρχει το υπόστρωμα για την εγκατάσταση των φυτών. Μοιάζουν με τσέπες, τσάντες ή ράφια και έτσι αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι γνωστός και σαν “soil-on-a-shelf” ή “soil-in-a-bag”. Η εγκατάσταση του συστήματος γίνεται κατευθείαν πάνω στον τοίχο και φυσικά είναι αποτρεπτική σε περιοχές με έντονη σεισμική δραστηριότητα. Οι έντονοι άνεμοι και οι βροχές επηρεάζουν πολύ τον κάθετο κήπο αφού συχνά διασκορπίζουν σημαντικό μέρος του υποστρώματος, με αποτέλεσμα να χρειάζεται αναπλήρωση. Συνήθως όταν ο

κάθετος κήπος είναι εξωτερικός η αναπλήρωση του υποστρώματος γίνεται μία φορά το χρόνο, ενώ όταν είναι εσωτερικός μία φορά κάθε δύο χρόνια. Τα σύγχρονα συστήματα χαλαρού υποστρώματος διαθέτουν ένα επιπλέον σύστημα θωράκισης ώστε ο κάθετος κήπος να μην επηρεάζεται τόσο από τα καιρικά φαινόμενα. Ο τύπος αυτός κάθετου κήπου συνιστάται για μικρής κλίμακας κατασκευές (π.χ. οικιακούς κήπους, διαχωριστικά μπαλκονιών κ.λ.π) και κυρίως έχει διακοσμητικό ρόλο. Για λόγους ασφαλείας καλό είναι το ύψος της κατασκευής να μην ξεπερνάει το ανθρώπινο ύψος. Ακόμα και τα πιο επαγγελματικά συστήματα αυτού του τύπου δεν πρέπει να ξεπερνούν σε ύψος τα 8m. Στα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου, όταν χρησιμοποιείται σε μικρής κλίμακας έργα, είναι ότι είναι σχετικά εύκολη η εναλλαγή των φυτεύσεων από εποχή σε εποχή.

Σύστημα “χαλιού”: Πρόκειται για το σύστημα που δημιούργησε και εφαρμόζει ο Γάλλος βοτανολόγος, Patrick Blanc, εμπνευστής του όρου «Κάθετος Κήπος» ("Mur Vegetal", 1994).. Ο σκελετός του συστήματος είναι φτιαγμένος από κοκκοφοίνικα ή ειδική τσόχα και επομένως έχει μικρό πάχος και βάρος. Στον τοίχο που θα εγκατασταθεί ο κάθετος κήπος προσαρμόζεται ένα μεταλλικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα δημιουργηθεί ο κάθετος κήπος. Το πλαίσιο αυτό από τη μία θα “σηκώσει” το βάρος της κατασκευής, ώστε ο τοίχος να επιβαρυνθεί όσο το δυνατόν λιγότερο, από την άλλη θα δημιουργήσει ένα κενό μεταξύ του κάθετου κήπου και του τοίχου από όπου θα επιτρέπεται η κίνηση του αέρα και θα αποφεύγονται τα προβλήματα που θα μπορούσε να δημιουργήσει η υγρασία. Στο πλαίσιο προσαρμόζεται μία αδιάβροχη πλάκα από PVC και πάνω σε αυτή εγκαθίσταται η τσόχα ή ο κοκκοφοίνικας. Στην τσόχα ή τον κοκκοφοίνικα έχουν δημιουργηθεί σκισήματα σαν τσέπες, όπου θα τοποθετηθούν και θα αναπτυχθούν τα φυτά. Σε αυτό το σύστημα δεν υπάρχει έδαφος ή άλλο υπόστρωμα από όπου τα φυτά θα αντλήσουν τα θρεπτικά συστατικά που τους είναι απαραίτητα. Η θρέψη των φυτών γίνεται ταυτόχρονα με την άρδευση χρησιμοποιώντας την σύγχρονη τεχνολογία της υδροπονίας. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα ανακύκλωσης του νερού. Το νερό αφήνεται να πέσει σιγά-σιγά από την κορυφή του κάθετου κήπου και αφού διαβρέξει το στρώμα ανάπτυξης των φυτών συλλέγεται στη βάση του κάθετου κήπου. Εκεί συμπληρώνεται, τροφοδοτείται με υδατοδιαλυτά θρεπτικά συστατικά και μέσω μίας αντλίας

οδηγείται ξανά στην κορυφή του κάθετου κήπου. Στα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος περιλαμβάνονται το μικρό του βάρος, οι πάρα πολλές σχεδιαστικές δυνατότητες που δίνει στον σχεδιαστή- κατασκευαστή και το ότι ο τοίχος φαίνεται ολοκληρωμένος και με πλήρη κάλυψη αμέσως μετά την εγκατάσταση. Το βασικότερο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι η συντήρηση του κάθετου κήπου απαιτεί μεγάλη πειθαρχία. Εξαιτίας της έλλειψης του εδάφους χρειάζεται μεγάλη προσοχή ώστε να διατηρείται η ισορροπία του υδατικού διαλείμματος που τροφοδοτεί τα φυτά με νερό και θρεπτικά συστατικά. Σε περίπτωση που κάποια φυτά χαλάσουν χρειάζεται αντικατάσταση της συγκεκριμένης περιοχής του κάθετου κήπου.

Σύστημα “ενοτήτων” (structural media): Είναι το σύστημα που προτείνουν οι περισσότεροι κατασκευαστές αφού θεωρούν ότι συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Ουσιαστικά ο κάθετος κήπος “δομείται” με ανεξάρτητες ενότητες (blocks) που περιέχουν το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Στον τοίχο εφαρμόζεται ένα μεταλλικό πλαίσιο (αφήνοντας κενό από τον τοίχο) που έχει προκατασκευασμένα πάνελ. Τα πάνελ περιέχουν κελιά ή κουτιά με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Φυσικά το σύστημα περιλαμβάνει αποστραγγιστική στρώση και σύστημα άρδευσης. Στα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος περιλαμβάνονται η καταλληλότητά του για εσωτερικούς αλλά και εξωτερικούς κάθετους κήπους, η αντοχή του στο χρόνο, στους ισχυρούς ανέμους, στις ορμητικές βροχές και στον πάγο και η σχετικά εύκολη και οικονομική συντήρηση. Επιπλέον το σύστημα αυτό είναι το πιο ανθεκτικό στους σεισμούς. Ακόμα μπορεί να συνδυαστεί με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ. Στα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται το αυξημένο βάρος του συστήματος και ο χρόνος που απαιτείται για να αναπτυχθούν τα φυτά και να ολοκληρωθεί ο κάθετος κήπος. Σχεδιαστικά είναι δύσκολη η δημιουργία οργανικών σχημάτων μιας και τα πάνελ είναι τετράγωνα ή ορθογώνια. Τέλος το κόστος της κατασκευής είναι υψηλότερο σε σχέση με τα άλλα συστήματα αλλά μπορεί να αντισταθμιστεί από το χαμηλό κόστος συντήρησης.

Τέλος εκτός από τα παραπάνω βασικά συστήματα κάθετων κήπων υπάρχουν και κάθετοι κήποι με πιο ειδικό χαρακτήρα όπως αυτοί που λειτουργούν σαν βιοφίλτρα, ηχοπετάσματα, αναχώματα.

Σύμφωνα με τη διεθνή βάση δεδομένων για τους ταρατσόκηπους και τους πράσινους τοίχους που δημοσιεύεται στο www.greenroofs.com, το μεγαλύτερο σε έκταση έργο κάθετων κήπων έχει πραγματοποιηθεί το 2012 στο “**Institute of Technical Education HQ & College Central**” της Σιγκαπούρης. Οι κάθετοι κήποι είχαν μέγιστο ύψος 35m, κάλυψαν τις προσόψεις 8 κτιριακών μπλοκ της πανεπιστημιούπολης και η συνολική τους επιφάνεια έφτασε τα 5.324m².

3. Περιβαλλοντική ανάλυση

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μια προσπάθεια παρουσίασης των βασικών περιβαλλοντολογικών χαρακτηριστικών των συστημάτων κάθετης φύτευσης. Η εργασία αυτή σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί πλήρης αλλά επίσης είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι λόγω των δυσκολιών της κατηγοριοποίησης και του κανονιστικού πλαισίου ανά χώρα για αυτά τα συστήματα είναι εξ ορισμού δύσκολο να υπάρξει μια πραγματική και χωρίς ενστάσεις ανάλυση των περιβαλλοντολογικών ωφελειών των συστημάτων κάθετης φύτευσης προς το παρόν.

Τα Πράσινα κατακόρυφα συστήματα κτιρίων ακολουθούν βασικά τέσσερις βασικούς μηχανισμούς όταν χρησιμοποιούνται ως παθητικό σύστημα ενέργειας οικονομίας. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας από την επίδραση της σκιάς που παράγεται από τη βλάστηση, η θερμική μόνωση που παρέχεται από τη βλάστηση και το υπόστρωμα, η ψύξη που συμβαίνει με εξατμισοδιαπνοή από τα φυτά και το υπόστρωμα και, τέλος, η μεταβολή της επίδρασης του ανέμου στο κτίριο.

Μελετώντας για παράδειγμα μια πράσινη πρόσοψη διπλής όψης ή πράσινη κουρτίνα, κατασκευασμένη με σπονδυλωτά πτερύγια και wisteria (φυλλοβόλο φυτό), σε ξηρό ηπειρωτικό μεσογειακό κλίμα κατά την περίοδο 2008-2009 (Perezetal., 2011) για τις εποχές της άνοιξης και του καλοκαιριού, έγιναν οι εξής επισημάνσεις:

- Και οι δύο τιμές του συντελεστή φωτισμού και σκίασης, καθώς και η τιμή των θερμοκρασιών στις επιφάνειες τοίχων, επιβεβαιώνουν τη

μεγάλη δυνατότητα της πράσινης πρόσοψης να αποτρέπει την ακτινοβολία.

- Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της υγρασίας επιβεβαίωσαν ότι η πράσινη πρόσοψη δημιουργεί ένα μικρόκλιμα στο ενδιάμεσο χώρο, που χαρακτηρίζεται από χαμηλότερη θερμοκρασία και υψηλότερη υγρασία. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ότι η πράσινη πρόσοψη ενεργεί ως φράγμα αιολικής ενέργειας και κυρίως αυξάνει την επίδραση της εξατμισοδιαπνοής από τα φυτά.

Έτσι οι πράσινοι τοίχοι όπως και οι άλλοι τύποι πράσινων υποδομών, βρίσκονται στο κέντρο ενδιαφέροντος λόγω των αξιοσημείωτων πλεονεκτημάτων τους. Σε ένα άλλο πείραμα που διεξήχθη στο Jubilee Campus του Πανεπιστημίου του Nottingham (Cuce, 2016), διερευνάται πειραματικά και αριθμητικά η θετική επίδραση των πράσινων συστημάτων τοίχων στη ρύθμιση των θερμικών χαρακτηριστικών. Οι θερμοκρασίες εσωτερικού τοιχώματος μετριοούνται ανάλογα με το χρόνο για διαφορετικές περιπτώσεις και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά των κανονικών τοίχων για μια αξιόπιστη και ρεαλιστική προσέγγιση. Τα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν με αριθμητικά στοιχεία μοντέλα που εκτελούνται στο Ecotect. Τα ελπιδοφόρα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι η μείωση της θερμοκρασίας εσωτερικού τοιχώματος κατά μέσο όρο 2,5 ° C μπορεί να επιτευχθεί μέσω πράσινων τοίχων με πάχους περίπου 10 cm αναρριχητικής βλάστησης *Hedera helix*.

	Μεγαλύτερες τιμές			Μικρότερες τιμές			Μέσος όρος τιμών		
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	1 ^η	2 ^η	3 ^η	1 ^η	2 ^η	3 ^η
	εβδομ	εβδομ	εβδομ	εβδομ	εβδομ	εβδομ	εβδομ	εβδομ	εβδομ
	άδα	άδα	άδα	άδα	άδα	άδα	άδα	άδα	άδα
Θερμοκ ρασία αέρα(C)	11	13	16	5	5	8	8	9	12

Σχετική									
υγρασία	84	79	82	78	75	76	81	77	79
(%)									
Ταχύτητ									
α αέρα	18	14	11	4	6	7	11	10	9
(m/s)									

Πίνακας 1 : περιβαλλοντικές συνθήκες τις 3 εβδομάδες διάρκειας του πειράματος στο Nottingham

Σε αυτό το πείραμα διαμορφώνονται δύο ξεχωριστές περιπτώσεις χρησιμοποιώντας τα πραγματικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού για το Nottingham. Υπό συνθήκες σταθερής κατάστασης, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι επιφάνειες πρασίνου είναι ικανές να απορροφούν ένα σημαντικό μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της ανάγκης φωτοσύνθεσης και εξατμισοδιαπνοής. Ως συνέπεια αυτού, επιτυγχάνονται σημαντικές μειώσεις στην διείσδυση της ηλιακής θερμότητας και στις θερμοκρασίες των τοιχωμάτων.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας μόνο *Hedera helix* πάχους 10 cm παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας περισσότερο από 6 ° C ακόμη και κάτω από εύκρατες κλιματολογικές συνθήκες. Η μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται ακόμη και υπό συνθήκες συννεφιασμένου ουρανού. Τα φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, δεν περιορίζονται με το *Hedera helix*, αλλά και άλλοι τύποι βλάστησης όπως είναι οι *Lonicera japonica*, *Clematis* και *Parthenocissus quinquefolia*.

Πίνακας 2: μέσες τιμές θερμοκρασίας γυμνού τοίχου, πράσινου τοίχου και πράσινης επιφάνειας

	Μέση τιμή θερμοκρασίας	
	Ηλιόλουστες μέρες	Συννεφιασμένες μέρες

Γυμνός τοίχος	13,3	8,6
Σημείο 1 πράσινη επιφάνεια	11,6	6,7
Σημείο 1 πράσινος τοίχος	9,8	5,5
Σημείο 2 πράσινη επιφάνεια	11,6	6,7
Σημείο 2 πράσινος τοίχος	9,4	5,3
Σημείο 3 πράσινη επιφάνεια	9,9	6,3
Σημείο 3 πράσινος τοίχος	7,2	4,6

Τα φυτά στην πόλη μπορούν να προσφέρουν ποσοτικά οφέλη, με τη μορφή οικονομικών αποδόσεων, καθώς και ποιοτικά περιβαλλοντικά, κοινωνικά και αισθητικά οφέλη. Αν και αυτά εξετάζονται ξεχωριστά, είναι στην πραγματικότητα αδιαχώριστα και πρέπει να εκτιμώνται κοινώς στο δομημένο περιβάλλον.

Μέσω των μηχανισμών της άμεσης σκίασης και της εξατμισοδιαπνοής, τα φυτά βοηθούν στη μείωση της θερμοκρασίας η οποία δεν επηρεάζει μόνο το κτίριο, αλλά και συνολικά το αστικό περιβάλλον. Ιδιαίτερα τα δέντρα, θεωρούνται ευρέως ότι είναι αποτελεσματικοί σαρωτές τόσο αερίων όσο και σωματιδιακών ρύπων της ατμόσφαιρας Βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα φιλτράροντας τα αερομεταφερόμενα σωματίδια στα φύλλα και τους κλάδους τους καθώς και απορροφώντας αέριους ρύπους μέσω της φωτοσύνθεσης.

Με τη χρήση των πράσινων τοίχων, οι περιορισμένοι χώροι ή η έλλειψη γης δεν αποτελούν πλέον πρόβλημα, καθώς καλύπτονται με πράσινο οι προσόψεις του κτιρίου, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η ποιότητα του αέρα

στην αστική περιοχή ακόμα και όταν αυτή ενσωματώνει ψηλά κτήρια και ουρανοξύστες. Τα όμβρια ύδατα στην αστική περιοχή κατευθύνονται παραδοσιακά από αδιαπέραστες επιφάνειες και μεταφέρονται σε συστήματα αποχέτευσης σε ένα γειτονικό σύστημα υποδοχής. Πλημμύρες σημειώνονται όταν η αποστράγγιση δεν είναι ικανή να αποθηκεύσει και να διανείμει το νερό από το έδαφος. Ένα υποβαθμισμένο υδάτινο οικοσύστημα συχνά οδηγεί σε πλημμύρες. Ο πράσινος τοίχος είναι στην πραγματικότητα μια τεχνική mulching, καθώς καλύπτει την αδιαπέραστη επιφάνεια του κτιρίου με τα φυτά και το έδαφος ή το μέσο φύτευσης. Έτσι είναι σε θέση να συγκρατεί νερό για να ελέγχει την απορροή του από τις στέγες.

Η αστική πράσινη περιοχή και τα φυτά γύρω από τα κτίρια μπορούν να θεωρηθούν ως αποδεκτός εναλλακτικός βιότοπος για τα αστικά φυτά και την ιθαγενή άγρια πανίδα. Η παρουσία άγριας πανίδας μπορεί να εμπλουτίσει την οικολογική ποιότητα και την υγεία του περιβάλλοντος καθώς και να προσφέρει πρόσθετα συναισθηματικά, πνευματικά, κοινωνικά και φυσικά οφέλη στον άνθρωπο. Επιπλέον, τα φυτά απελευθερώνουν οξυγόνο στην ατμόσφαιρα μέσω της μοναδικής φωτοσύνθεσης, η οποία διασπά το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό για να δημιουργήσει οξυγόνο. Αυτό επιτυγχάνει ταυτόχρονα την παραγωγή οξυγόνου και τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα.

Οι ρίζες των φυτών παίζουν επίσης ρόλο στο φιλτράρισμα των ακαθαρσιών στο νερό προτού αυτό εισέλθει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Τα φυτά μπορούν να μειώσουν την ποσότητα αυτών των ακαθαρσιών στο έδαφος απορροφώντας τα στοιχεία αυτά προς όφελος της ανάπτυξής τους.

Τέλος, τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ηχητικό φράγμα, καθώς μειώνουν τον θόρυβο που αντιλαμβάνεται ο πολίτης. Στην περίπτωση των πράσινων τοίχων, τα φυτά απορροφούν ορισμένες από τις συχνότητες του ήχου. Έτσι, επιτυγχάνεται μια σχετική μείωση της ηχορύπανσης στην αστική περιοχή.

Σε μια άλλη εργασία (Comaetal. 2016) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της άνοιξης και του καλοκαιριού (περίοδος με φύλλα). Κατά τη διάρκεια αυτών

των μηνών το φύλλωμα της πράσινης πρόσοψης πύκνωσε στο 62% της επιφάνειας της πρόσοψης.

Η φωτεινότητα στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ του τοίχου του κτιρίου και της βλάστησης, καθώς και η εξωτερική φωτεινότητα μπορούν να ανιχνευθούν. Αυτές οι τιμές μετρούν την ικανότητα παραγωγής σκιάς της πράσινης πρόσοψης. Οι διαφορές μεταξύ της φωτεινότητας και της ενδιάμεσης φωτεινότητας κυμαίνονται από 15.000 lux τον Απρίλιο έως 80.000 lux τον Αύγουστο.

Οι τιμές του παράγοντα σκίασης, που εκφράζει την αναλογία μεταξύ του ενδιάμεσου φωτισμού διαστήματος και της εξωτερικής φωτεινότητας ποικίλλει από 0 έως 1, υποδεικνύοντας την ποσότητα ακτινοβολίας που περνά μέσα από το φυτό. Συγκρίνονται, άρα, με εκείνη που επιτυγχάνεται με τη χρήση τεχνητών εμποδίων. Οι ακραίες τιμές για τις νότιες προσόψεις είναι 0,16-0,98 όταν χρησιμοποιούνται κονσόλες, 0,23-0,83 για τα ανακλινόμενα κουφώματα, 0,39-0,61 για τις αδιαφανείς τέντες και 0,42-0,81 για τις διαφανείς τέντες. Στην περίπτωση των πτερυγίων, οι τιμές κυμαίνονται από 0,26 έως 0,54 για οριζόντια και από 0,30 έως 0,56 για κατακόρυφες σχάρες.

Η αύξηση της φωτεινότητας τους μήνες Μάιο και Ιούνιο στη νοτιοανατολική πρόσοψη οφείλεται στη θέση του ήλιου κατά τη στιγμή που λήφθηκε η μέτρηση. Σε όλες τις κατευθύνσεις, οι τιμές στις ηλιόλουστες περιοχές ήταν υψηλότερες από τις τιμές στις περιοχές με σκιά. Η θερμοκρασία επιφάνειας σε ηλιόλουστες περιοχές ήταν κατά μέσο όρο 5,5 ° C υψηλότερη από τις σκιασμένες περιοχές. Η διαφορά αυτή ήταν υψηλότερη τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο, φτάνοντας τις μέγιστες τιμές των 17,62 ° C στη βορειοδυτική πλευρά το Σεπτέμβριο.

Συνοψίζοντας τις τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, παρουσιάζοντας ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες στο ενδιάμεσο χώρο στους πιο καυτούς μήνες (Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος).

Η σχετική υγρασία περιβάλλοντος στον ενδιάμεσο χώρο ήταν υψηλότερη από την εξωτερική υγρασία κατά τους μήνες με την υψηλότερη πυκνότητα.

4..Οικονομική ανάλυση

Η σύσταση σε κάθε χώρα εθνικού Συμβουλίου Πράσινου Κτιρίου είναι πιθανό να αυξήσει την ευαισθητοποίηση. Το κίνημα για πράσινα κτίρια γίνεται όλο και πιο σημαντικό, καθώς οι αρχιτέκτονες και οι πολιτικοί μηχανικοί προσπαθούν να βρουν τρόπους κατασκευής και διαχείρισης κτιρίων με βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Παρουσιάζονται πλέον πολλοί τρόποι ενσωμάτωσης των εγκαταστάσεων σε κτίρια, όπως σε στέγες, κάθετους τοίχους, βιοφίλτρα σε φυτά εσωτερικού χώρου κ.α.. Όλες αυτές οι διατάξεις έχουν τη δική τους τυπολογία, την τεχνολογία εγκατάστασης και συντήρησης καθώς και κάποια μειονεκτήματα που χρειάζονται πιο εκτεταμένη έρευνα για να ξεπεραστούν.

Όλα τα οικονομικά οφέλη συνδέονται με τα περιβαλλοντικά οφέλη των πράσινων τοίχων. Η ικανότητα των επιφανειών αυτών να συγκρατούν τα όμβρια ύδατα και την απορροή του νερού από τις στέγες μπορεί να βοηθήσει στην αποσυμπίεση των υποδομής αποστράγγισης.

Τα φυτά που εισάγονται γύρω από τα κτίρια μπορούν να βελτιώσουν την ακεραιότητα της κατασκευής μειώνοντας τη φθορά εξαιτίας ακραίων καιρικών φαινομένων. Η χρήση πράσινων τοίχων μπορεί να μειώσει το κλιματικό άγχος στις προσόψεις των κτιρίων και να επεκτείνει την υπηρεσία και την πρακτική ζωή των κτιρίων και επίσης να μειώσει το κόστος για τα υλικά βαψίματος.

Στην οικοδόμηση ψηλότερων κτιρίων, πχ ουρανοξύστες, μπορεί να γίνουν συνδυαστικές επιλογές φυτών αναρρίχησης και αρθρωτών πάνελ. Στα χαμηλότερα επίπεδα τα φυτά αναρρίχησης, ενώ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αρθρωτά πάνελ για τα υπόλοιπα μεσαία πατώματα. Έτσι είναι εφικτή η εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος για τη συντήρηση, καθώς αυτοί οι τύποι εγκαταστάσεων χρειάζονται ελάχιστη ή καθόλου συντήρηση από τους πράσινους πίνακες.

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μια άλλη σημαντική οικονομική συμβολή που φέρνει το πράσινο στις πόλεις. Έχουν γίνει μελέτες όπου η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την ψύξη σε ένα κτίριο μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Για

τους παραπάνω λόγους το πράσινο μπορεί να προσθέσει επιπρόσθετη οικονομική αξία στην ιδιοκτησία. Ο τοπικός σχεδιασμός χρησιμοποιείται συχνά για τη βελτίωση της αισθητικής αξίας της αστικής περιοχής ενώ η βλάστηση μπορεί να προσφέρει οπτική αντίθεση και ανακούφιση από το άκρως ανεπτυγμένο αστικό περιβάλλον. Τα φυτά δίνουν στους κατοίκους της πόλης μια αίσθηση εγγύτητας με τη “Μητέρα Φύση”. Εκτός από αυτό, το φυσικό τοπίο παρέχει στοιχεία φυσικής κλίμακας και οπτικής ομορφιάς καθώς και έναν εποχιακό δείκτη.

Τα φυτά μπορούν να εκπληρώσουν διάφορες επιπρόσθετες λειτουργίες. Σύμφωνα με τον Givoni (1991), τα φυτά παρέχουν χώρους για παιχνίδι, αθλητισμό και αναψυχή, συνάντηση για την εδραίωση κοινωνικών επαφών, απομόνωση και απόδραση από την αστική ζωή, αισθητική απόλαυση, θέαση κτιρίων από απόσταση και ούτω καθεξής. Έχει αποδειχθεί ότι οι οπτικές και φυσικές επαφές με τα φυτά μπορούν να έχουν άμεσες ωφέλειες για την υγεία. Τα φυτά μπορούν να δημιουργήσουν ψυχικά αποτελέσματα που ισοδυναμούν με μειωμένη καταπόνηση.

Αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει τα περιβαλλοντικά οφέλη των πράσινων φακέλων. Δεν είναι ακόμα σαφές εάν τα συστήματα αυτά είναι οικονομικά βιώσιμα. Σε μία εργασία (Perini et al, 2013) παρουσιάζεται μια ανάλυση κόστους / οφέλους από διάφορα συστήματα κατακόρυφης οικολογικής προστασίας και πράσινες προσόψεις και συστήματα ζωντανών τοίχων που εξετάζουν τα προσωπικά και κοινωνικά οφέλη και το κόστος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Τα έξοδα εγκατάστασης, συντήρησης και διάθεσης κάθε συστήματος που αναλύεται συγκρίνονται με τα σχετικά ιδιωτικά και κοινωνικά οφέλη (αύξηση της αξίας της ακίνητης περιουσίας, εξοικονόμηση για θέρμανση και κλιματισμό, μακροζωία επένδυσης, βελτίωση της ποιότητας του αέρα κ.λπ.), προσδιορίζοντας τρεις δείκτες: την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV), τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (IRR) και τη περίοδο αποπληρωμής (PBP). Η ανάλυση κόστους / ωφέλειας έδειξε ότι ορισμένα από τα συστήματα κατακόρυφης οικολογικής φύτευσης είναι οικονομικά βιώσιμα.

Τα κατακόρυφα συστήματα φύτευσης προσφέρουν προσωπικά και κοινωνικά οφέλη. Το κόστος διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στην οικονομική

βιωσιμότητα. Για ορισμένα από τα συστήματα που αναλύθηκαν σε αυτή τη μελέτη τα οφέλη δεν αποσβαίνουν τα έξοδα. Τα πιο σχετικά οφέλη που υπολογίζονται σε αυτήν την ανάλυση κόστους / ωφέλειας συνδέονται με την ακίνητη περιουσία και την εξοικονόμηση ενέργειας για κλιματισμό το καλοκαίρι. Ενώ θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη όλα τα οφέλη από μελέτες που έγιναν και σε άλλες περιοχές, εστίασαμε στις μελέτες σε περιοχές με Μεσογειακό κλίμα. Τα κοινωνικά οφέλη που υπολογίζονται σε αυτές τις μελέτες έχουν πολύ μικρή επιρροή στην ανάλυση κόστους / ωφέλειας, καθώς ποσοτικοποιήθηκαν μόνο τα οφέλη που συνδέονται με τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και τη μείωση του άνθρακα. Ωστόσο, τα οφέλη που σχετίζονται κυρίως με τη μακροκλίμακα μπορούν να θεωρηθούν ως πρόσθετα κοινωνικά οφέλη.

Πίνακας 3 : Προσωπικό κόστος σχετικά με την εγκατάσταση και τη συντήρηση συστημάτων κάθετης φύτευσης

Τύπος συστήματος	Τύπος Εργασίας	κόστος	Χρονικό πλαίσιο	Κόστος (ευρώ/ τετραγωνικό μέτρο
Άμεση πράσινη πρόσοψη	Αρχική εγκατάσταση	Φυτικά είδη και εγκατάσταση	1 φορά	21,78
		Φύτευση και πότισμα	1 φορά	519,92
	Συντήρηση	Κλάδεμα Διατήρηση υποστρώματος	Ετήσιο-μετά από 4 χρόνια 1 φορά	2,81 1224,35
	Αφαίρεση	Αφαίρεση πράσινης πρόσοψης	Ετήσιο-μετά από 4 χρόνια 1 φορά	31,10

Έμμεση πράσινη πρόσοψη	Αρχική εγκατάσταση	Φυτικά είδη	1 φορά	21,8	
		Φύτευση και πότισμα	1 φορά	519,92	
		Συστήματα υποστήριξης και μεταφορά	1 φορά	36,07	
		Εγκατάσταση	1 φορά	83,50	
Συντήρηση	Κλάδεμα Διατήρηση υποστρώματος	Ετήσιο-μετά από 4 χρόνια 1 φορά	2,81	755,39	
			Αφαίρεση	Ετήσιο-μετά από 4 χρόνια 1 φορά	197,4
			Αφαίρεση πράσινης πρόσοψης	1 φορά	
Σιδερένια Έμμεση πράσινη πρόσοψη	Αρχική εγκατάσταση	Φυτικά είδη	1 φορά	1,52	
		Κόστος μεταφοράς και στήριξης	1 φορά	93,79	
		Εγκατάσταση	1 φορά	83,50	
		Συντήρηση	Κλάδεμα Διατήρηση υποστρώματος	Ετήσια Ετήσια Ετήσια	2,81 755,39

			Ετήσια 1 φορά	
	Αφαίρεση	Αφαίρεση πράσινης πρόσοψης	1 φορά	199,74
Έμμεση πράσινη πρόσοψη με δοχεία φύτευσης	Αρχική εγκατάσταση	Φυτικά είδη	1 φορά	37,99
		Κόστος μεταφοράς και στήριξης	1 φορά	36,07
		Κιβώτια φύτευσης	1 φορά	33,55
		Σύστημα άρδευσης	1 φορά	27,61
		Εγκατάσταση	1 φορά	83,50
	Συντήρηση	Κλάδεμα	Ετήσια	5,63
	Άρδευση	Ετήσια	0,96	
	Αντικατάσταση φυτικών ειδών (5%)	Ετήσια	1,90	
	Αντικατάσταση σωλήνων	Ετήσια	2,47	
	Διατήρηση			

		υποστρώματος	1 φορά	695,67
	Αφαίρεση	Αφαίρεση πράσινης πρόσοψης	1 φορά	202,69
Σύστημα ζωντανού τοίχου	Αρχική εγκατάσταση	Φυτικά είδη	1 φορά	27,49
		Πάνελ και μεταφορά	1 φορά	176,23
		Σύστημα άρδευσης	1 φορά	27,61
		Εγκατάσταση	1 φορά	83,50
	Συντήρηση	Κλάδεμα και ρύθμιση πάνελ	Ετήσιο	14,41
	Άρδευση	Ετήσιο	0,96	
	Αντικατάσταση πάνελ (5%)	Ετήσιο	6,05	
	Αντικατάσταση φυτικών ειδών (10%)	Ετήσιο	2,75	
	Αντικατάσταση σωλήνων	Ετήσιο	2,85	
	Διατήρηση υποστρώματος	1 φορά	486,96	
	Αφαίρεση	Αφαίρεση πράσινης πρόσοψης	1 φορά	218,56

Από την παρουσιαζόμενη ανάλυση κόστους / ωφέλειας μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι:

- Η άμεση πράσινη πρόσοψη (1) είναι οικονομικά βιώσιμη για όλα τα σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη με μέσο όρο της ανταπόδοσης των εξόδων μια περίοδο 20 ετών ·
- Η έμμεση πράσινη πρόσοψη (2ΑεΒ) μπορεί να είναι (σχεδόν) βιώσιμη ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται για το σύστημα στήριξης: η περίπτωση των πλεγμάτων HDPE της NPV είναι θετική ως μέση και καλύτερη με περίοδο αποπληρωμής
- Η έμμεση πράσινη πρόσοψη σε συνδυασμό με κιβώτια φύτευσης (3Αε3Β) παρουσιάζει μια (ελάχιστη) οικονομική βιωσιμότητα μόνο για το καλύτερο σενάριο λόγω των δαπανών εγκατάστασης και συντήρησης του (υποστηρίζοντας σύστημα ποτίσματος συστήματος \ddot{u}).
- Το σύστημα του ζωντανού τοίχου που αναλύεται σε αυτή τη μελέτη δεν μπορεί να θεωρείται οικονομικά βιώσιμη λόγω των υψηλών (σε σύγκριση με τα άλλα συστήματα κάθετης φύτευσης που αναλύθηκαν σε αυτή τη μελέτη) εξόδων εγκατάστασης και συντήρησης.

Πέρα από τα συστήματα που εξετάστηκαν σε αυτή τη μελέτη, κάποια κατακόρυφα συστήματα οικολογικής φύτευσης μπορεί να είναι πολύ δαπανηρά και δύσκολα να διατηρηθούν. Αυτό είναι μια σημαντική πτυχή, δεδομένου ότι είναι υποχρεωτική η ελαχιστοποίηση του οικονομικού αντίκτυπου για να καταστεί δυνατή η ευρεία χρήση των συστημάτων οικολογικού σχεδιασμού για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών των πυκνοκατοικημένων πόλεων.

Η εγκατάσταση κάθετων πράσινων συστημάτων θα ήταν μια ελκυστική επιχείρηση εάν τα κοινωνικά οφέλη ληφθούν υπόψη από τις κυβερνήσεις. Αν ληφθεί υπ' όψιν η οικολογική και περιβαλλοντική ωφέλεια θα μπορούσαν να προβλεφθούν κίνητρα για νέα και υπάρχοντα κτίρια. Τα οικονομικά κίνητρα (μείωση των φόρων) θα μπορούσαν να μειώσουν το αρχικό κόστος, επιτρέποντας μια ευρύτερη διάδοση για τη μείωση των περιβαλλοντικών

προβλημάτων σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπως το φαινόμενο της αστικής θερμότητας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Με τη μείωση του αρχικού κόστους για την εγκατάσταση των συστημάτων κάθετης φύτευσης θα μπορούσε να ενισχυθεί σημαντικά η οικονομική βιωσιμότητα τέτοιων συστημάτων, ενισχύοντας μια ευρύτερη διάδοσή τους.

5. Βιβλιογραφία

[1] Lundholm J. Greenroofs and facades: a habitat template approach. *Urb Habitats* 2006; 4:87–101.

[2] Sheweka S, Magdy N. The living walls as an approach for a healthy urban environment. *Energy Proc*2011; 6:592–9.

[3] Ghaffarian Hoseini A, Dahlan N, Berardi U, Ghaffarian Hoseini A, Makaremi N

Ghaffarian Hoseini M. Sustainable energy performances of green buildings: a review of current theories, implementations and challenges. *Renew Sustain Energy Rev*2013; 25:1–17.

[4] Zhang X, Shen L, Tam VWY, Lee WWY. Barriers to implement extensive green roof systems: a Hong Kong study. *Renew Sustain Energy Rev*2012; 16:314–9.

[5] Saadatian O, Sopian K, Salleh E, Riffat S, Saadatian E, Toudeshki A et al. A review of energy aspects of greenroofs. *Renew Sustain Energy Rev* 2013; 23:155–68.

[6] Mazzali U, Peron F, Romagnoni P, Pulselli R, Bastianoni S. Experimental Investigation on the energy performance of living walls in a temperate climate. *Build Environ*2013; 64:57–66.

[7] Theodoridou I, Karteris M, Mallinis G, Papadopoulos AM, Hegger M. Assessment of retro fitting measures and solar systems 'potential in urban areas using Geographical information systems: application to a Mediterranean city. *Renew Sustain Energy Rev*2012; 16:6239–61.

[8] Virtudes A, Manso M. Green façades: as a feature in urban design. *ICEUBI*2011. In: International Conference on Engineering. University of Beira Interior, Covilhã, Portugal; 2011.

[9] Francis R, Lorimer J. Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. *J Environ Manag*2011; 92:1429–37.

[10] Schmidt M. Energy saving strategies through the greening of buildings. The example of the Institute of Physics of the Humboldt University in Berlin – Adlershof, Germany. *Rio3 – World Climate and Energy Event, Rio de Janeiro, Brazil*; 2003.

- [11] Bruse M, Thönnessen M, Radke U. Practical and theoretical investigation of the influence of façade greening on the distribution of heavy metals in urban streets. (<http://www.envi-met.com/documents/papers/facade1999.pdf>); 1999 [accessed 17.01.12].
- [12] Pugh T, MacKenzie A, Whyatt J, Hewitt C. Effectiveness of Green infrastructures for improvement of air quality in urban street canyons. *Environ Sci Technol* 2012;46:7692–9.
- [13] Rahman A, Yeok F, Amir A. The building thermal performance and carbon Sequestration evaluation for Psophocarpus tetragonobulus on biofaçade wall in the tropical environment. *World Acad Sci Eng Technol* 2011;76:86–94.
- [14] Santamouris M. Cooling the cities – a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Sol Energy* 2014;103:682–703.
- [15] Alexandri E, Jones P. Temperature decreases in an urban canyon due to green Walls and Greenroofs in diverse climates. *Build Environ* 2008;43:480–93.
- [16] Gago EJ, Roldan, Pacheco-Torres R, Ordóñez J. The city and urban heat islands: a review of strategies to mitigate adverse effects. *Renew Sustain Energy Rev* 2013;25:749–58.
- [17] Virtudes A, Manso M. Green Walls Benefits in Contemporary City. 1-ICAUD. In: Proceedings of the first international conference on architecture and urban design, EPOKA University, Tirana, Albania; 2012.
- [18] Ichihara K, Cohen J. New York city property values: what is the impact of green roofs on rental pricing. *Lett Spat Resour Sci* 2011;4:21–30.
- [19] Sadineni S, Madala S, Boehm R F. Passive building energy savings :a review of building envelope components. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15:3617–31.
- [20] Wong N, Tan A, Tan P, Chiang K, Wong N. Acoustic evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Build Environ* 2010;45:411–20.
- [21] Renterghem T, Hornikx M, Forssen J, Botteldooren D. The potential of building Envelope greening to achieve quietness. *Build Environ* 2013;61:34–44.
- [22] Kohler M. Green facades – a view back and some visions. *Urb Ecosyst* 2008;11:423–6.
- [23] Pérez G, Rincón L, Vila A, González J, Cabeza L. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Appl Energy* 2011;88:4854–9.
- [24] Eumorfopoulou E, Kontoleon K. Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. *Build Environ* 2009;44:1024–38.

- [25] Bass B. Green roofs and green walls: potential energy savings in winter, Report on Phase 1. Adaptation and impacts research division environment Canada at University of Toronto Centre for Environment; 2007.
- [26] Koyama T, Yoshinaga M, Hayashi H, Maeda K, Yamauchi A. Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green façades using free-standing walls. *Build Environ* 2013; 66:96–103.
- [27] Cheng C, Cheung K, Chu L. Thermal performance of a vegetated cladding system on façade walls. *Build Environ* 2010; 45:1779–87.
- [28] Ip K, Lam M, Miller A. Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. *Build Environ* 2010; 45:81–8.
- [29] Stec W, van Paassen A, Maziarz A. Modelling the double skin façade with plants. *Energy Build* 2005; 37:419–27.
- [30] Pérez G, Rincón L, Vila A, González J, Cabeza L. Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate. *Energy Convers Manag* 2011; 52:1861–7.
- [31] Jim C, He H. Estimating heat flux transmission of vertical greenery ecosystem. *Ecol Eng* 2011; 37:1112–22.
- [32] Goulding J, Lewis J, Steemers T. *Energy in architecture. The European Passive Solar Handbook*. Batsford for the Commission of the European Communities; 1993.
- [33] Kontoleon K, Eumorfopoulou E. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. *Build Environ* 2010; 45:1287–303.
- [34] Yoshimi J, Altan H. Thermal simulations on the effects of vegetated walls on indoor building environments. In: *Proceedings of Building Simulation 2011, 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney; 2011.
- [35] Ghaffarian Hoseini A, et al. Sustainable energy performances of green buildings: a view of current theories, implementations and challenges. *Renew Sustain Energy Rev* 2013; 25:1–17.
- [36] Zhang X. Going green: initiatives and technologies in Shanghai World Expo. *Renew Sustain Energy Rev* 2013; 25(78-88):2013.
- [37] AA.VV. Guidelines for the Planning, construction and maintenance of green roofing – green roofing guideline. Bonn: FLL; 2008.

- [38] NewtonJ,GedgeD,EarlyP,WilsonS. Building Greener: Guidance on the use of green roofs, greenwalls and complementary features on buildings. London: CIRIA; 2007.
- [39] Dunnett Kingsbury. Planting Greenroofs and living walls. Portland/ London: TimberPress;2008.
- [40] BassB,BaskaranB. Evaluating roof to pand vertical gardens as an adaptation Strategy for urban areas. CCAFRReportB1046.Canada:NationalResearch Council Canada,InstituteForResearchCanada;2003.
- [41] Peck SW,CallaghanC,KuhnME,BassB. Green backs from greenroofs: Forging a new industry in Canada.Status report on benefits, barriers and opportunities for greenroof and vertical garden technology diffusion. Canada: Canada Mortgage andHousingCorporation;1999.
- [42] Perini K,Ottel M,FraaijA,HaasE,RaiteriR. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Build Environ 2011;46:2287–94.
- [43] WongN,TanA,ChenY,ChiangK,SekarK,TanP,et al. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. BuildEnviron2010;45:663–72.
- [44] Ottel  M,PeriniK,FraaijA,HaasE,RaiteriR. Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems. EnergyBuild2011;43:3419–29.
- [45] Perini K,Ottel M,FraaijA,HaasE,RaiteriR. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. OpenJEcol2011;1:1–8.
- [46] LaurenzJ,Pariciol,AlvarezJ,RuizF.Naturalenvelope.Thegreenelementasa boundary limit.SB05Tokyo.The2005WorldSustainableBuildingConference, Tokyo;2005.
- [47]CorradiL. Hydroponic growing system.US2009/007486A1;8January2009.
- [48] BribachC.Verticalgardenpanel.US2011/0059518A1;10March2011.

- [49] FukuzumiY. Plantgrowingmethodforgreeningwallsurfaces.US5579603;
3 December1996.
- [50] TsaiY. Uprightplantingapparatus.US2011/0088318A1;21April2011.
- [51]YapT,WongL,YoongY,TanH,LimH. Aplanttray.WO2011/005216A1;2011.
- [52] YapT,WongL,YoongY,TanH,LimH. Supporting structure for green building facade. WO2011/016777A1;2011.
- [53] AA.VV. Introduction to Green Walls Technology. Benefits and Design. Green Roofs for HealthyCities;2008.
- [54] UrriolaH. Vertical wall garden.US2011/0094153A1;2011.
- [55] LaurenceM, SabinR. Plant wall and modules for growing plants.US2011/0107667A1;2011.
- [56] KoumoudisS. Greenwall planting module, support structure and irrigation control system.US2011/0088319A1;2011.
- [57]YapT,WongL,TanH,LimH,PalanisamyT,TanP,etal. Aplanthousingdevice. WO 2011/014124A1;2011.
- [58] SichelC. PlantPropagationandDisplayPanelandAssembly.WO2010/031181A1;25March2010.
- [59] LeeA,SianG,GreavesH. GreenWallSystem.WO2010/009505A1;28January 2010.
- [60] TaberS. Modularwallplanters.US2011/0016784A1;2011.
- [61]Deutsch-AboulmahassineE. Modularwall-mountedplantgrowingsystem.US 7627983B1;2009.
- [62] FukuzumiY. Plantgrowingmethodforgreeningwallsurfaces.US5579603;
1996.
- [63] BindschedlerP,LassalleF. Modulargreeningdeviceforfacades,wallsorthe like. US7757436B2;2010.

- [64] BlancP. Vertical garden Patrick Blanc. The Vertical garden, from nature to cities – a botanical and artistic approach by Patrick Blanc; (<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>) [accessed 19.12.11].
- [65] BlancP.Plantcultureonverticalsurface.FR2747265A1;1996.
- [66] Jetson Green. Lush Edible Living Wall in Los Angeles. www.jetsongreen.com/2010/08/edible-living-wall-los-angeles.html [accessed 28.03.13].
- [67] BindschedlerP, LassalleF. Modular greening device for facades.US7757436 B2; 2011.
- [68] HuetP, HeineL. Modular wall element for growing plants and modular structure formed by a plurality of modular elements of the afore mentioned type. US2010/0095584A1;2010.
- [69] MansoM,Castro-GomesJ,DinhoP,VirtudesA,DelgadoF. Modular system design for vegetated surfaces. A proposal for energy-efficient buildings. BESS-SB13CALIFORNIA. Advancing Towards NetZero, Pomona, California, USA; 2013.
- [70] Perini K,MaglioccoA. The integration of vegetation in architecture, vertical and horizontal greened surfaces. IntJBiol2012;4:79–91.
- [71]GerhardtC,ValeB. Comparison of resource use and environmental performance of greenwall swith façade greenings and extensive greenroofs.SB10 New Zealand. TePapa,Wellington;2010.
- [72] Perini K. Retrofitting with vegetation recent building heritage applying a design tool – the case study of a school building. Front ArchitRes 2013;2:267–77.
- [73]MansoM,VirtudesA,Castro-GomesJ. Development of a modular system for Vegetated surfaces in new buildings and retrofitting. World Green Roof Congress,Coperhagen,Denmark;2012.

[74] Perini K, Ottel M, HaasE. Vertical greening systems, a process tree for green
façades and living walls. *UrbEcosyst* 2013;16:265–77. M. Manso, J. Castro-Gomes / *Renewable
and Sustainable Energy Reviews* 41 (2015) 863–871 871