



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ: ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

**Διερεύνηση συστημάτων πράσινων αστικών υποδομών, μέσω της
οριζόντιας και κάθετης φύτευσης σε κτιριακή υποδομή.
Εξέταση ανάπτυξης φύτευσης σε υφάσματα, ως νέο βιώσιμο σύστημα
πρασίνου.**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΒΑΪΣΜΕΝΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ
ΠΡΙΝΙΩΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

2022

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μαρία Βαϊσμένου του Λεωνίδα, με αριθμό μητρώου SSD18002 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών

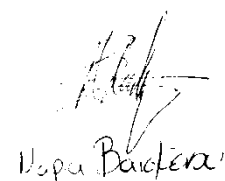
ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ του Τμήματος **ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ** της Σχολής **ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ** του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι το 2030 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή».

Η Δηλούσα



Μαρία Βαϊσμένου

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ 1: **ΠΡΙΝΙΩΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

Υπογραφή

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ 2: **ΣΙΝΟΥ ΜΑΡΙΑ**

Υπογραφή

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ 3: **ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ ΖΩΗ**

Υπογραφή

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 Χρήση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.....	6
1.2 Πράσινη υποδομή για την προώθηση υπηρεσιών αστικού οικοσυστήματος.....	8
1.3 Χρήση πράσινης υποδομής σε κτιριακούς φακέλους	13
Πράσινες στέγες (GR)	13
Κάθετα συστήματα πρασίνου (VGS)	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. GR ΩΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.....	18
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Πειραματική έρευνα	18
2.3 Θερμική αξιολόγηση GR, ως παθητικό εργαλείο για την εξοικονόμηση της ενέργειας στα κτίρια.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. VGS ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ	23
3.1 Πειραματική περιγραφή.....	23
3.2 Ανάλυση	23
Συμπεράσματα	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΠΡΑΣΙΝΑ ΚΤΙΡΙΑ	27
4.1 Εισαγωγή.....	27
4.2 Συστήματα αξιολόγησης του πράσινου κτιρίου.....	27
4.3 Ψύξη κτιρίου μέσω της σκίασης των φυτών.....	28
4.4 Ψύξη και ύγρανση κτιρίων μέσω εξατμισοδιαπνοής.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΩΣΙΜΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ. ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΝΤΩΝ	33
Περίληψη.....	33
5.1 Η πρώτη συλλογή υφασμάτων τέντας από ανακυκλωμένο PET	34
5.1.1 Βιώσιμο και υψηλής ποιότητας αντηλιακό ύφασμα	34
5.1.2 Υλικά και χαρακτηριστικά κορυφαίας ποιότητας.....	35
5.1.3 Μοντέρνα μοτίβα για νέες ομάδες αγοραστών	35
5.1.4 Η βιωσιμότητα ως μέρος της εταιρικής ευθύνης	36
5.2 Η διαδικασία πίσω από το πρωτοποριακό υλικό ECONYL.	36
5.2.1 Οι πηγές αποβλήτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αναγεννημένου ναυλον econyl.	37

5.2.1.1 Παλιά χαλιά που προορίζονται για χωματερές.....	37
5.2.1.2 Δίχτυα ψαρέματος από υδατοκαλλιέργεια, ιχθυοβιομηχανία και δίχτυα φαντάσματα.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΦΥΚΙΑ, ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΦΥΤΕΥΤΟΥΝ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ. ΠΙΘΑΝΗ ΧΡΗΣΗ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	39
Περίληψη.....	39
6.1 . Εισαγωγή.....	39
6.2. Υφάσματα για φύκια προς ακινητοποίηση και συγκομιδή.....	41
6.3 Υφάσματα για Φυτά	45
6.4 Συμπέρασμα και προοπτική.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ Η ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ UHI; ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΚΑΙ ΨΥΧΡΩΝ ΣΤΕΓΩΝ. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ URBAN HEAT ISLAND EFFECT (UHI)	49
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	49
Εισαγωγή.....	49
Συμπεράσματα.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Ο ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	53
Γενικές Έννοιες πρασίνου	54
Πράσινες στέγες	54
Κάθετο πρασίνισμα	55
Πράσινα μπαλκόνια.....	56
Συμπεράσματα και Προτάσεις	57
ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	59

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Πρινιωτάκη και τον κ. Τζεράχογλου για τη βοήθεια και την υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια της έρευνας και της μελέτης αυτής. Επίσης, ευχαριστώ την κα Γεωργιάδου και την κα Σίνου, που ήταν ενθαρρυντικές και με παρότρυναν για το θέμα, από την πρώτη κι όλας αναφορά της ιδέας μου. Κατά την έναρξη της συγγραφής της διπλωματικής εργασίας, βρεθήκαμε όλοι μας αντιμέτωποι με πρωτοφανείς συνθήκες, μια παγκόσμια πανδημία, που μας έκανε να επανεκτιμήσουμε τις σημαντικές αξίες της ζωής. Γι' αυτό θα ήθελα κυρίως να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους, την οικογένεια μου, τους γονείς μου, τις αδερφές μου, τον ανιψιό μου (που με εμπνέει με το χαμόγελό του) και φυσικά τους φίλους μου και τις συμφοιτήτριές μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση αστικών πράσινων υποδομών (οριζόντια και κάθετα πράσινα συστήματα) έχει γίνει όλο και πιο δημοφιλής την τελευταία δεκαετία ως μια πολλά υποσχόμενη παθητική λύση για την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂ στο δομημένο περιβάλλον. Παρέχονται πολυλειτουργικά οφέλη (όπως αναφέρονται ως υπηρεσίες οικοσυστήματος) σε οικολογικό, οικονομικό και κοινωνικό πλαίσιο εντός της ίδιας χωρικής ζώνης, με τη χρήση φυσικών λύσεων. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η έρευνα μέσω βιβλιογραφικών ανασκοπήσεων και έχει ως σκοπό να παρουσιαστούν συγκεντρωτικά ήδη δημοσιευμένα δεδομένα, ώστε να γίνει διερεύνηση στο αντικείμενο, από διαφορετικές οπτικές γωνίες, να γίνει σύγκριση και ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων διαφορετικών ερευνών και να αναδειχθεί το συγκεκριμένο θέμα σε όλες του τις διαστάσεις, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο κύριος σκοπός αυτής της εργασίας είναι να αναλύσει δύο από τις υπηρεσίες οικοσυστήματος κατά την εφαρμογή πράσινων υποδομών σε κτίρια. Αφενός, η ενεργειακή απόδοση ενός ευρέος φάσματος πράσινων στεγών και κάθετων πράσινων συστημάτων αξιολογήθηκε ως συστήματα παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας και, αφετέρου, η μονωτική ικανότητα που παρέχεται από δύο διαφορετικά κατακόρυφα πράσινα συστήματα (πράσινες προσόψεις και πράσινοι τοίχοι). Επιπλέον, αναλύθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τέτοιων συστημάτων – αναλύθηκε ένα ευρύ φάσμα από οριζόντια και κάθετα συστήματα- για να μελετηθεί η βιωσιμότητά τους. Τέλος, αναλύθηκε η πρόταση για ένταξη ενός νέου πράσινου συστήματος, της πράσινης τέντας, ως βιώσιμη ή ανέφικτη επιλογή.

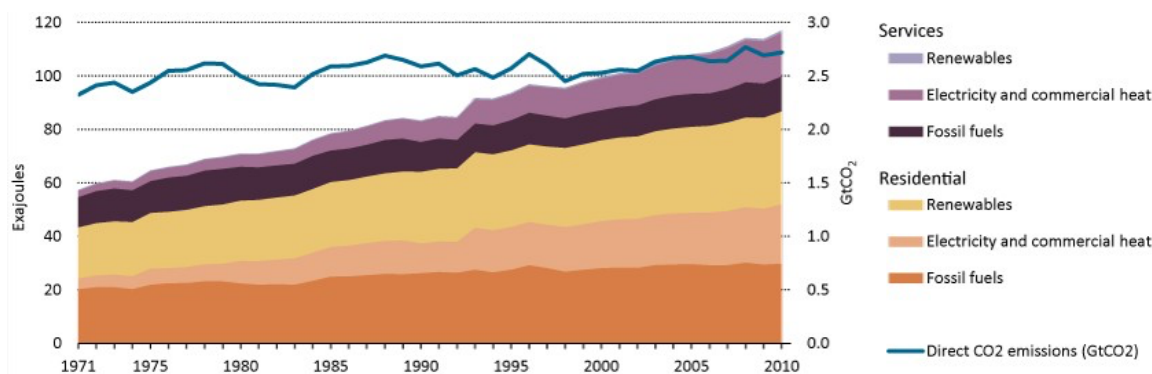
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Χρήση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Ο δομημένος τομέας (νοικοκυριά και υπηρεσίες) καταναλώνει περίπου το 1/3 της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο και το 1/3 των τελικών άμεσων και έμμεσων εκπομπών CO₂. Στόχος όλων των χωρών είναι να γίνουν σημαντικές μειώσεις και στους δύο τομείς, τις επόμενες δεκαετίες[1].

Σύμφωνα με την αναφορά Energy Technology Perspectives 2016 του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency), τόσο η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όσο και οι εκπομπές άνθρακα πρέπει να ελαττωθούν περισσότερο από 30% και 70%, αντίστοιχα, έως το 2050.

Από το 1971, η συνολική κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό κλάδο αυξήθηκε με ετήσιο ρυθμό 1,8%, φτάνοντας τα 117 EJ το έτος 2010. Το ένα τέταρτο αυτής της κατανάλωσης ενέργειας αντιπροσωπεύει ο υποτομέας των υπηρεσιών, ενώ τα υπόλοιπα τρία τέταρτα της κατανάλωσης ενέργειας (82 EJ), όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, προέρχονται από την κατανάλωση στον υποτομέα κατοικιών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων είναι κυρίως η θέρμανση και η ψύξη των χώρων. Παγκοσμίως, η ζήτηση ενέργειας στα κτίρια, καταλαμβάνεται κυρίως από τη θέρμανση και την ψύξη χώρου, ειδικά στις πόλεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό ζήτησης περίπου το 40% της χρήσης ενέργειας στα κτίρια σε παγκόσμιο επίπεδο.

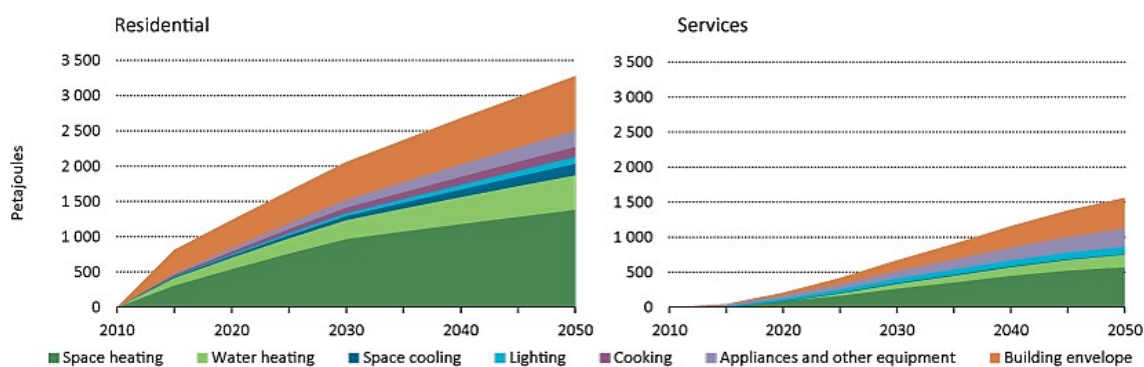


Εικόνα 1. «Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κτιρίων σε σχέση με την πηγή ενέργειας και άμεσες εκπομπές CO₂ πηγή: Προοπτικές ενεργειακής τεχνολογίας 2016. Προς βιώσιμα συστήματα αστικής ενέργειας. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.iea.org/publications/»

Εκτός από τα σημερινά λεπτομερή σενάρια και τη Στρατηγική Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων 2050, η μελέτη "Μετάβαση σε βιώσιμα κτίρια" που δημοσιεύτηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας υπογραμμίζει την ανάγκη εφαρμογής επιτακτικών απαιτήσεων στα κτίρια όπως είναι τα κελύφη κτιρίων υψηλής απόδοσης, η εγκατάσταση εξοπλισμού χαμηλής κατανάλωσης και οι νέες στρατηγικές για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο πεδίο. Οι προτεραιότητες αυτές πρέπει να

εφαρμοστούν τόσο σε νεόκτιστα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια μέσω μετασκευής, καθώς εκτιμάται ότι έως το 2050, οι μισές από τις τρέχουσες παγκόσμιες κτιριακές εγκαταστάσεις θα καταναλώνονται από αυτά. Η θερμική απόδοση των στοιχείων του κελύφους του κτιρίου όπως οι στέγες, οι τοίχοι, τα υπόγεια, τα παράθυρα και οι διαρροές αέρα/αερισμός είναι κρίσιμη για να γίνει ο προσδιορισμός των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη. Επιπλέον, τα κτιριακά δομικά κελύφη παρέχουν υπηρεσίες όπως η δομική ακεραιότητα, η πυροπροστασία, η προφύλαξη από τις καιρικές συνθήκες, η ασφάλεια, η αισθητική κ.λπ.

Ένα ποσοστό πλέον του 40% της επερχόμενης εξοικονόμησης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση έως το 2050, μπορεί να αποδοθεί στις καλύτερες κατασκευαστικές τεχνικές των κτιρίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Η εξοικονόμηση θα είναι από τους πρώτους στόχους του μέτρου και συχνά εφαρμόζεται μείωση της θετικής ενεργειακής αξίας.



Εικόνα 2. «Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας έως το 2050 στην ΕΕ στους υποτομείς κατοικιών και υπηρεσιών, πηγή: Προοπτικές ενεργειακής τεχνολογίας 2016. Προς βιώσιμα συστήματα αστικής ενέργειας. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.iea.org/publications/»

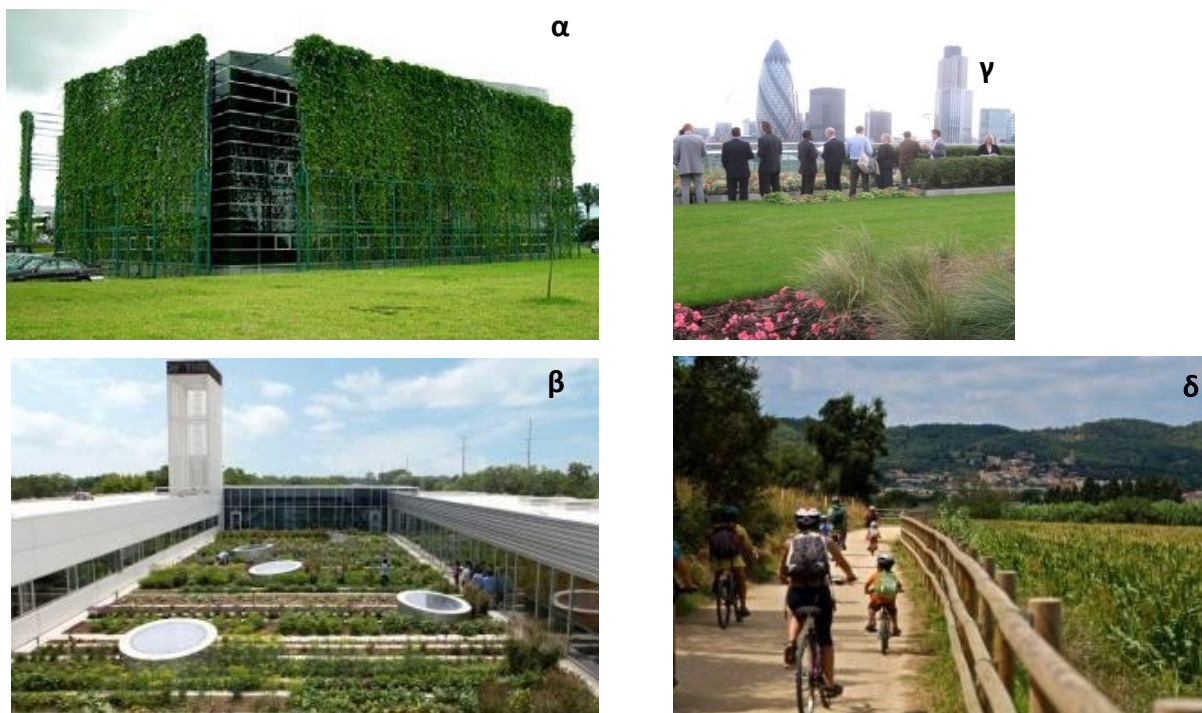
Ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού της γης κατοικεί σε περιοχές όπου η ρύπανση του αέρα και των υδάτων αποτελεί συχνό φαινόμενο. Αυτό επηρεάζει την αντοχή πολλών ζωντανών οργανισμών, καθώς και τα οικοσυστήματα. **Οι πράσινες υποδομές (GI: green infrastructure)** προσπαθούν να αντισταθμίσουν αυτό το φαινόμενο και έχουν γίνει ευρέως δημοφιλείς. Πολλά από τα οφέλη των πράσινων υποδομών έχουν περιγραφεί στην έκθεση της ESS, με την οποία καθιερώθηκε η υπόθεση του πρασίνου στο δομημένο περιβάλλον. Ομοίως, η Αξιολόγηση Οικοσυστήματος της Χιλιετίας (**Millennium Ecosystem Assessment – MA**) έχει ενσωματώσει την υποστήριξη του οικοσυστήματος σε ορισμένες από τις στρατηγικές της, καθιερώνοντας ακόμη περισσότερο την υπόθεση για την πράσινη υποδομή.

1.2 Πράσινη υποδομή για την προώθηση υπηρεσιών αστικού οικοσυστήματος

Υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί για το τι είναι η πράσινη υποδομή καθώς και διαφορετικές προσεγγίσεις για τα οφέλη που αυτή προσφέρει. Ωστόσο, γενικά, οι πράσινες υποδομές μπορούν να επηρεάσουν πολλές υπηρεσίες, όπως η παροχή αστικής ή οικοδομικής άσκησης, η δέσμευση του άνθρακα, η μείωση της απορροής των ομβρίων υδάτων, η εξοικονόμηση ενέργειας, η ψυχολογική ανακούφιση και η αποκατάσταση των οικοτόπων. Ο Τζον Ντόβερ σε σχετικά πρόσφατη μελέτη του για τα κτίρια και τα αστικά περιβάλλοντα και για το **“green infrastructure (GI)”** προτείνει έναν νέο ορισμό για την πράσινη υποδομή με βάση μια εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση:

«Η πράσινη υποδομή είναι το άθροισμα των περιβαλλοντικών περιουσιακών στοιχείων μιας περιοχής, συμπεριλαμβανομένων των αυτόνομων στοιχείων και των στρατηγικά σχεδιασμένων και παραδοθέντων δικτύων υψηλής ποιότητας χώρων πρασίνου και άλλων περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένων επιφανειών όπως πεζοδρόμια, χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων, ιδιωτικοί δρόμοι, ανοιχτοί δρόμοι και κτίρια (εξωτερικά και εσωτερικά), που ενσωματώνουν τη βιοποικιλότητα και προωθούν τις υπηρεσίες οικοσυστήματος.»

Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας “green infrastructure”, η Εικόνα 3 απεικονίζει παραδείγματα όταν αυτή εφαρμόζεται σε αστικό περιβάλλον.



Εικόνα 3. «Παραδείγματα “green infrastructure (GI)” σε αστικές περιοχές. (α) Πράσινη πρόσοψη, κτίριο TRIBU, Κόστα Ρίκα (β) Εκτεταμένη πράσινη στέγη, Rooftop Haven for Urban Agriculture, Chicago (γ) Εντατική πράσινη στέγη, Λονδίνο (δ) Πράσινος δρόμος στο Riudaura, Olot πηγές: διαδίκτυο»

Πάνω από το ήμισυ του πληθυσμού παγκοσμίως, κατοικεί σε αστικές περιοχές και το ποσοστό αυτό αναμένεται να φτάσει το 66% το 2050, ιδίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η πράσινη υποδομή (GI), η οποία αντιμετωπίζει τις περιοχές της πόλης ως μια ενιαία ολιστική γεωγραφική μονάδα ικανή να παρέχει πολυλειτουργικά οφέλη για την επίτευξη των οικολογικών, οικονομικών και κοινωνικών πτυχών, αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την αντιμετώπιση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Η πράσινη υποδομή (GI) είναι ένας τρόπος αντιστάθμισης των απωλειών που προκαλούνται από την μακροχρόνια καταστροφή των οικοσυστημάτων λόγω της αστικοποίησης, της εκβιομηχάνισης και της επέκτασης των γκρίζων υποδομών. Επιτρέπει στις αστικές περιοχές να διατηρήσουν το περιβάλλον. Για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της πράσινης υποδομής υπάρχουν δείκτες οι οποίοι είναι πολυεπίπεδα συστήματα που θα μπορούσαν να επιτρέψουν στην Επιτροπή Εσωτερικών Υποθέσεων και Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης να ορίσει πολιτικές για να επιτύχει τους στόχους της, οι οποίοι επικεντρώνονται στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια, τις ΜΜΕ και τη βιομηχανία, τη θέρμανση και την ψύξη, καθώς και τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που σχετίζονται με την ενέργεια. Οι δείκτες αυτοί είναι πιθανό να ενσωματώνονται όλο και περισσότερο σε κάθε επίπεδο. Οι πολιτικές τελικής χρήσης εξακολουθούν να είναι σπάνιες ή ανύπαρκτες. Έτσι, είναι χρήσιμο να εφαρμοστούν νέες πολιτικές τελικής χρήσης σε ευρωπαϊκό, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, για την προώθηση της έρευνας και της εφαρμογής των σχετικών πρακτικών και τεχνολογιών σε κτίρια. Ανεξάρτητα από την επίτευξη βασικών πολιτικών της ΕΕ, που αφορούν στην εφαρμογή των πρακτικών υποστήριξης του φυσικού περιβάλλοντος, οι πράσινες υποδομές μπορούν να παράγουν πολύτιμες υπηρεσίες (ή οφέλη) για την κοινωνία και την άγρια φύση. Οι υπηρεσίες αυτές είναι επίσης γνωστές ως **Υπηρεσίες Οικοσυστήματος (Ecosystem Services (ESS))**.

Στην Αξιολόγηση Οικοσυστήματος της Χιλιετίας (**Millennium Ecosystem Assessment - MA**) την πρώτη μεγάλη μελέτη αξιολόγησης, η οποία αξιολογεί την ανθρώπινη ευημερία από οικονομική και οικοσυστημική σκοπιά, διακρίνονται τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Παροχή υπηρεσιών – δηλαδή, τα προϊόντα που λαμβάνονται από τα οικοσυστήματα.
- Ρύθμιση υπηρεσιών – δηλαδή, τα οφέλη που λαμβάνονται από τις Υπηρεσίες Οικοσυστήματος.
- Υποστηρικτικές υπηρεσίες – δηλαδή, οι απαραίτητες υπηρεσίες για την παραγωγή όλων των άλλων Υπηρεσιών Οικοσυστήματος.
- Πολιτιστικές υπηρεσίες – δηλαδή, τα μη υλικά οφέλη που λαμβάνονται από τις Υπηρεσίες Οικοσυστήματος.

Εν συνεχεία, με τον ίδιο σκοπό για την σαφέστερη κατανόηση της οικονομικής αξίας του ESS και των σχετικών εργαλείων, η διεθνής πρωτοβουλία “**The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)**” κατάρτισε μια εκτεταμένη υποταξινόμηση όπου επιπλέον 24 υπηρεσίες οικοσυστήματος

ταξινομούνται με βάση τις ίδιες κατηγορίες με το ΜΑ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. «Ταξινόμηση των 24 διαφορετικών υπηρεσιών οικοσυστήματος κατά κατηγορίες ΜΑ.

Πίνακας 1. «Ταξινόμηση των 24 διαφορετικών υπηρεσιών οικοσυστήματος κατά κατηγορίες ΜΑ, πηγή: <https://www.unep.org/>»

Παροχή υπηρεσιών	Ρύθμιση υπηρεσιών	Υπηρεσίες υποστήριξης	Πολιτιστικές υπηρεσίες
1) Τροφή 2) Πρώτες ύλες 3) Γλυκό νερό 4) Ιατρικοί πόροι 5) Γενετικοί πόροι 6) Διακοσμητικοί πόροι	1) Τοπική ρύθμιση του κλίματος 2) Κανονισμός για την ποιότητα του αέρα 3) Απομόνωση / αποθήκευση άνθρακα 4) Εποπτεία ακραίων γεγονότων 5) Διαχείριση υδατικών λυμάτων 6) Ρύθμιση των ροών του νερού 7) Πρόληψη διάβρωσης 8) Διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους 9) Γονιμοποίηση 10) Βιολογικός έλεγχος 11) Διατήρηση κύκλων ζωής μεταναστευτικών ειδών	12) Οικότοποι για είδη 13) Διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας	14) Ψυχαγωγία και ψυχική και σωματική υγεία 15) Τουρισμός 16) Αισθητική εκτίμηση και έμπνευση για τον πολιτισμό, την τέχνη και το σχεδιασμό 17) Πνευματική εμπειρία και αίσθηση του τόπου 18) Πληροφορίες για γνωστική ανάπτυξη

Η έννοια του ESS έχει καθιερωθεί σε παγκόσμια κλίμακα και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την αξιολόγηση της ανάγκης σχεδιασμού πολιτικής με βάση την έννοια του GI. Παρά τις ευεργετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της GI, τα δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματικότητάς της δεν επαρκούν για να ποσοτικοποιηθούν τα πλήρη οφέλη της και να δικαιολογήσουν τις σημαντικές επενδύσεις που απαιτεί. Αυτό οφείλεται πιθανώς στην έλλειψη επιστημονικών δεδομένων και στην πολυπλοκότητα που ενέχει το θέμα.

Εικόνα 4. «Οι κύριες υπηρεσίες οικοσυστήματος που παρέχονται από πράσινες υποδομές όταν εφαρμόζονται σε κτίρια και αστικά περιβάλλοντα» παρουσιάζονται τα κύρια θέματα που σχετίζονται με το δομημένο περιβάλλον. Αυτά περιλαμβάνουν ποιες είναι οι φυσικές ιδιότητες των κτιρίων, πώς επηρεάζουν τις ανθρώπινες κοινότητες και τη ζωή και ποια είναι μερικά παραδείγματα της αξίας τους για την κοινωνία.

Για την κατανόηση των **τιμών ESS**, ακολουθούν οι παρακάτω ορισμοί:

- **Τιμές άμεσης χρήσης:** Είναι οι τιμές που ορίζονται σε αγορές, οι οποίες μπορούν να μετρηθούν ή/και να σχετιστούν άμεσα με την απόκτηση κερδών που προέρχονται από το οικοσύστημα (π.χ. τρόφιμα, εξοικονόμηση ενέργειας κ.λπ.).
- **Τιμές έμμεσης χρήσης:** Είναι οι τιμές οι οποίες εμφανίστηκαν πρόσφατα ως οικονομική αξία (π.χ. καθαρισμός νερού, δέσμευση άνθρακα, τοπική ρύθμιση του κλίματος κ.λπ.).
- **Τιμές μη καταναλωτικής χρήσης ή τιμές μη χρήσης:** Οι τιμές αυτές να περιλαμβάνουν την πνευματική ή πολιτιστική σημασία ενός τοπίου ή ενός είδους. Αυτά τα οφέλη (π.χ. αναψυχή, αισθητική, πνευματική ή πολιτιστική σημασία τοπίου κ.λπ.) αποτιμώνται σπάνια σε νομισματικούς όρους.

Aspect	Attributes	Examples
Visual	Aesthetics, screening	Improved visual environment
Human Health	Exercise (walking, running, green gym), pollution, abatement, de-stressing, socialisation, recreation	Reduced costs to health providers through reduced admissions; improved mental health; faster recovery
Education	Study and experience of wildlife, schools, ranger services, volunteering	Formal and informal education, skills through volunteering, hobbies (photography, bird watching, etc.)
Food Production	Allotments, gardens, orchards, roofs, walls	Improved diet, community bonding, education, biodiversity, exercise
Transport	Alternative movement corridor for cyclists and pedestrians	Reduces road congestion, safer routes, reduced pollution exposure, more relaxed setting
Economics	Property prices, inward investment, tourism, improved business / shopping environment	Improved staff morale, reduced sick-leave, improved staff retention, attracts businesses; units let faster and fewer voids
Climate Control	Reduced heat-related mortality, heat island, and wind; improved air circulation and climate change mitigation	Provides shade against UV-related cancer, cardiovascular mortality, heatstroke, etc.; reduces air and surface temperature, freshens air
Sustainable Urban Drainage	Reduced runoff, flash flooding	Reduces risk, economic losses, trauma and distress, processing costs
Pollution Control	Water, light, noise, air pollution (particulates, gases and aerosols, odours)	Removes PM ₁₀ and below from air; absorbs nitrogen oxides, ozone, volatile organic chemicals; acts as heavy metal sink
Energy Efficiency	Reduces air conditioning and heating costs	Insulates buildings, provides shelter against drafts, shades windows
Biodiversity	Wildlife habitat, wildlife corridors and stepping stones	Provides breeding habitat, food and other resources; promotes dispersal; reduces extinction risks

Εικόνα 4. «Οι κύριες υπηρεσίες οικοσυστήματος που παρέχονται από πράσινες υποδομές όταν εφαρμόζονται σε κτίρια και αστικά περιβάλλοντα. Πηγή <https://www.unep.org/>»




Αν και οι πράσινες υποδομές έχουν πολλές εφαρμογές που μπορούν να βοηθήσουν στην οικοδόμηση ανθεκτικών και βιώσιμων πόλεων για το μέλλον, η εφαρμογή τους στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων δεν συμβάλλει μόνο στην αντιμετώπιση των ζητημάτων κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO₂, που αντιμετωπίζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και στην παροχή μιας σειράς πλεονεκτημάτων. Κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτά είναι η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, ο έλεγχος της ρύπανσης, η βελτίωση της βιοποικιλότητας, η προστασία της ανθρώπινης υγείας, η βελτίωση του οπτικού περιβάλλοντος και η γενικότερη ποιότητα ζωής στις πόλεις, ως γειτονιές με καλύτερες συνθήκες ζωής.

1.3 Χρήση πράσινης υποδομής σε κτιριακούς φακέλους

Τα συστήματα GE στα κτίρια γίνονται όλο και πιο δημοφιλή ως παθητικό εργαλείο για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός υφιστάμενου κτιρίου, και για τη μείωση της συγκέντρωσης CO₂ σε μεγάλα κτίρια. Λειτουργεί επίσης για την αναδημιουργία των κατακερματισμένων οικολογικών συστημάτων στις περιοχές των πόλεων. **Επί του παρόντος, υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εφαρμογής της πράσινης υποδομής σε φακέλους κτιρίων. Αυτοί είναι: οι πράσινες στέγες (GR) και τα κάθετα συστήματα πρασίνου (VGS)**

Πράσινες στέγες (GR)

Γενικά, οι πράσινες στέγες ταξινομούνται σε τρεις τύπους: στις εντατικές πράσινες στέγες, στις ημιεντατικές πράσινες στέγες και στις εκτεταμένες πράσινες στέγες. Μια άλλη ταξινόμηση γίνεται με βάση διάφορους παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά των τελικών χρήσεων ή οι παράγοντες κατασκευής. Στην Εικόνα 5, οι διαφορετικοί τύποι πράσινων στεγών ταξινομούνται ανάλογα με την τελική χρήση, τους κατασκευαστικούς παράγοντες και τη συντήρηση που απαιτείται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

			
	Εκτεταμένη Πράσινη στέγη	Ημι-εντατική Πράσινη στέγη	Εντατική Πράσινη στέγη
Συντήρηση	Χαμηλή	Περιοδικά	Υψηλή
Άρδευση	Δεν απαιτείται	Περιοδικά	Τακτικά
Φυτικές κοινότητες	Βρύα-Αείζωα-Βότανα και Χλόη	Χόρτα-Βότανα και Θάμνοι	Γκαζόν ή πολυετή φυτά, θάμνοι και δέντρα
Ύψος συσώρευσης συστήματος	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm σε υπόγεια γκαράζ > 1000 mm
Βάρος	60 - 150 kg / m ²	120 - 200 kg / m ²	180 - 500 kg / m ²
Διαδικαστικά έξοδα	Χαμηλά	Μεσαίου Ύψους	Υψηλά
Χρήση	Οικολογικό στρώμα προστασίας	Σχεδιασμένη πράσινη στέγη	Πάρκο σαν κήπος

Εικόνα 5. «Ταξινόμηση πράσινων στεγών σύμφωνα με την τελική χρήση, τους κατασκευαστικούς παράγοντες και τις απαιτήσεις συντήρησης, πηγή : B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbelteen. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην οικοδόμηση ενεργειακής απόδοσης: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Ανανεώσιμες και βιώσιμης ενέργειας Κριτικές* 2015, 45: 918.»

Ανάμεσα σε αυτά τα συστήματα, οι εκτεταμένες πράσινες στέγες είναι οι πιο δημοφιλείς παγκοσμίως, καθώς απαιτούν λιγότερη συντήρηση από ό,τι τα εντατικά συστήματα και δεν χρειάζονται δομική ενίσχυση του κτιρίου σε άμεση σχέση με τη διαδικασία εγκατάστασης. Επιπλέον, σύμφωνα με ορισμένες μελέτες, μετά την εφαρμογή του υποστρώματος πάχους 100-150 mm, η διακύμανση της θερμικής απόδοσης είναι πολύ χαμηλή. Τα συστήματα πράσινων στεγών είναι γνωστά εδώ και πάνω από δύο δεκαετίες και μπορούν να προσφέρουν ατμοσφαιρική βιοποικιλότητα, να μειώσουν τα αέρια του θερμοκηπίου, να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση και να μετριάσουν το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, μεταξύ πολλών άλλων πλεονεκτημάτων. Ωστόσο, ορισμένα ζητήματα που αφορούν αυτά τα οφέλη πρέπει να εξεταστούν εκτενέστερα. Η θερμική απόδοση του χειμώνα πρέπει

να μελετηθεί επί του παρόντος, αλλά σε ένα εύρος πιθανών κλιματικών συνθηκών, τη σύνθεση του υποστρώματος, την επίδραση των υλικών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα στρώματα, την προσαρμογή στο κρύο, την ανάπτυξη της βλάστησης κ.λπ. Αυτό θα μας βοηθούσε να κάνουμε ένα βήμα προόδου στο θέμα της θερμικής απόδοσης των μονωμένων κτιρίων.

Κάθετα συστήματα πρασίνου (VGS)

Σε σύγκριση με το GR, δεν υπάρχει τυποποιημένη οδηγία για τις κατηγορίες VGS και τις παραλλαγές του, με αποτέλεσμα να γίνεται δυσκολότερη η σύγκριση μεταξύ τους. Ωστόσο, ο G. Pérez και οι συνεργάτες του, ταξινόμησαν τα VGS συστήματα, όπου τόσο τα παλαιότερα όσο και τα νεότερα αναπτυγμένα συστήματα κατηγοριοποιούνται σε πράσινες προσόψεις ή πράσινους τοίχους και σε εντατικά ή εκτεταμένα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.

Αναλυτικότερα, αναλόγως με το κόστος εφαρμογής και συντήρησης κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής τους, γίνεται η κατανομή των διαφορετικών συστημάτων. Ταξινομήθηκαν σε δύο κύριες κατηγορίες, στα εκτεταμένα και τα εντατικά. Επίσης, με βάση την ταξινόμηση τα κάθετα συστήματα πρασίνου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους πράσινους τοίχους (GW) ή ζωντανούς τοίχους (LW) και τις πράσινες προσόψεις (GF).

Οι Perini et al. κατέγραψαν ότι η σχέση κόστους επένδυσης και συντήρησης έχει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του κόστους και οφέλους, όσον αφορά την εφαρμογή σε VGS. Μεταξύ του κόστους επένδυσης, η αρχική σταθερή επένδυση και το ετήσιο κόστος συντήρησης μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο. Επιπλέον, η μελέτη αυτή θα ευθυγραμμιστεί με τη γνώμη του Périni, σύμφωνα με την οποία τα εκτεταμένα συστήματα κατασκευάζονται εύκολα και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, ενώ τα εντατικά συστήματα απαιτούν πολύπλοκη υλοποίηση και υψηλό επίπεδο συντήρησης, με αποτέλεσμα υψηλό πρόσθετο κόστος κατά την υλοποίηση.

	Εκτεταμένα Συστήματα		Εντατικά Συστήματα
Πράσινες προσόψεις (GF)	Παραδοσιακές πράσινες προσόψεις	---	---
	Πράσινη πρόσοψη διπλού δέρματος ή πράσινη κουρτίνα	Αρθρωτή πέργκολα	---
		Συρμάτινο πλέγμα	---
		---	Περιμετρικές γλάστρες
Ζωντανοί τοίχοι (GW)	---	---	Πάνελ
	---	---	Geotextile τσόχα

Εικόνα 6. «Ταξινόμηση VGS για κτίρια. πηγή : B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbelteen. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην οικοδόμηση ενεργειακής απόδοσης: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Ανανεώσιμες και βιώσιμες ενέργειες Κριτικές 2015, 45: 918.»

Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των πράσινων προσόψεων (GF) και των πράσινων τοίχων (GW) ή ζωντανών τοίχων (LW). Από τη μία πλευρά, οι πράσινες προσόψεις αναφέρονται σε συστήματα στα οποία η βλάστηση αναπτύσσεται κυρίως μέσω της προσάρτησης κατευθείαν στο επίπεδο του εδάφους ή μέσα σε γλάστρες που τοποθετούνται σε διάφορα ύψη στην πρόσοψη του κτιρίου. Είναι ένα είδος νέων, τεχνικών συστημάτων πρόσοψης που αναπτύσσονται με τη μορφή αυτοφυών φυτών σε διάφορα ύψη του τοίχου, μέσω της αναρρίχησης των φυτών και την στήριξή τους πάνω στον τοίχο. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7, η πράσινη πρόσοψη έχει δύο κατηγορίες, τις παραδοσιακές πράσινες προσόψεις (όπου η βλάστηση στηρίζεται στους τοίχους των κτιρίων) και στις πράσινες προσόψεις διπλής όψης (όπου η βλάστηση αναπτύσσεται σε απόσταση από τους τοίχους του κτιρίου και στηρίζεται σε αρθρωτές πέργκολες, σύρματα και πλέγματα).



Εικόνα 7. «Αριστερή, παραδοσιακή πράσινη πρόσοψη στο Lleida (Ισπανία). δεξιά, πράσινη πρόσοψη διπλού δέρματος στο κτίριο της Πέργκολας (Κόστα Ρίκα), αρχιτέκτονας Bruno Santiago, Πηγή: διαδίκτυο»

Από την άλλη πλευρά, στους πράσινους τοίχους, τα πάνελ τοίχου ή τα υποστρώματα είναι κατασκευασμένα από γεωσυνθετικά υλικά πολλαπλών στρώσεων (γεωυφάσματα) που περιέχουν το μέσο ανάπτυξης (υπόστρωμα) για τα φυτά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8. Διαμορφώνεται μια βάση για να αντέχει τα φορτία από όλο το σύστημα ασφάλισης (χώμα, γλάστρες και πάνελ ή υπόστρωμα).



Εικόνα 8. «Πράσινοι τοίχοι ή ζωντανοί τοίχοι. Αριστερά, πράσινος τοίχος από τσόχα από γεωυφάσματα στο κτίριο του φόρουμ Caixa στη Μαδρίτη. Δεξιά, πράσινος τοίχος κατασκευασμένος από πάνελ στο κτίριο Multimedia Kyoto (Ιαπωνία), της Suntory Midorie. Η Suntory Midorie, είναι μια εταιρεία περιβαλλοντικής οικολογικής προστασίας στην Ιαπωνία, όπου εγκατέστησε ένα σύστημα πρασίνου τοίχου που ονομάζεται "flower wall" στον τοίχο του Multimedia Kyoto, ενός καταστήματος ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης που άνοιξε μπροστά από τον σιδηροδρομικό σταθμό του Κιότο της Ιαπωνίας (JR). Με συνολική επιφάνεια 1.120 τετραγωνικών μέτρων, είναι ο μεγαλύτερος τοίχος της χώρας. Πηγή: διαδίκτυο»

Παραδοσιακά, τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνταν κυρίως για αισθητικούς λόγους, ενώ σήμερα έχουν αρχίσει να παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον ως συστήματα που μπορούν να υιοθετηθούν για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής όσων ζουν σε πυκνές αστικές περιοχές.

Σε σύγκριση με τις πράσινες στέγες (GR), όλα τα συστήματα πράσινου κτιρίου έχουν παρόμοια περιβαλλοντικά οφέλη και οφέλη από τη χρήση ενέργειας στο κέλυφος του κτιρίου, επομένως η χρήση τέτοιων συστημάτων μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη ενός πιο βιώσιμου κτιρίου. Η χρήση συστημάτων VGS συμβάλλει στη μείωση του θερμικού κέρδους του κτιρίου, των ταχυτήτων του ανέμου και στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά τις θερινές περιόδους. Ωστόσο, πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες σχετικά με τη θερμική απόδοση των τύπων VGS με διαφορετική περιεκτικότητα. Επιπλέον, υπάρχουν πολύ λίγες μελέτες στη βιβλιογραφία που παρουσιάζουν δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας που παρέχονται από αυτά τα παθητικά συστήματα. Χρειάζονται περισσότερες μελέτες σχετικά με ζητήματα που αφορούν περιοχές, όπως η μείωση του θορύβου, το πάχος του φυλλώματος και οι περιοχές χρήσης ειδών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. GR ΩΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Μια νέα οδηγία της ΕΕ αποσκοπεί στην ταχεία, αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική μείωση της ενεργειακής ζήτησης στα κτίρια. Η διαδικασία εφαρμογής των κανονισμών, ωστόσο, είναι δαπανηρή και οι κτιριακές βιομηχανίες έχουν χρόνο να αναπτύξουν κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης πριν την εφαρμογή. Αυτό δίνει χρόνο στην επιστημονική κοινότητα να αναπτύξει νέα ή βελτιωμένα προϊόντα, διαδικασίες και υλικά.

Στο σύγχρονο σχεδιασμό κτιρίων, οι πράσινες στέγες συμβάλλουν στην ενεργειακή απόδοση, βελτιώνοντας το περιβάλλον και μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, όπως φαίνεται στη βιβλιογραφία. Οι πράσινες στέγες περικλείουν βιολογικά οφέλη όπως η ικανότητα συγκράτησης των ομβρίων υδάτων, η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και η βιοποικιλότητα των κτιρίων. Ωστόσο, παραμένουν κενά όσον αφορά το πόσο αποτελεσματικές είναι οι εκτεταμένες πράσινες στέγες ως παθητικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας κάτω από διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες, ιδίως όταν η κάλυψη μειώνεται, κυρίως λόγω της αναβλάστησης των φυτών και της βλάστησης μετά την ανάπτυξη της εγκατάστασης.

2.2 Πειραματική έρευνα

Ένας από τους κύριους στόχους της μελέτης θερμική απόδοση και την κατανάλωση ενέργειας, για τις εκτεταμένες πράσινες στέγες στις μεσογειακές χώρες είναι η συγκριτική εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας για τρεις πανομοιότυπους χώρους ταράτσας, με μόνη διαφορά ότι έχουν διαφορετικό σύστημα οροφής. Οι δύο χώροι 9 εκατοστών βάθος, αποτελούνται από διαφορετικά υλικά αποστράγγισης, σε εκτεταμένες πράσινες στέγες δεν έχουν μόνωση και τα υλικά είναι τα ελαστικά ψίχουλα και η ποζολάνη (είναι ανόργανο υλικό του οποίου οι ιδιότητες είναι παραπλήσιες με αυτές του τσιμέντου). Από μία επίπεδη μονωμένη στέγη αποτελείται ο χώρος αναφοράς. Τα πειραματικά αποτελέσματα και οι λεπτομέρειες αυτής της έρευνας παρουσιάζονται στην εργασία:

«J. Coma, G. Pérez, A. Castell, C. Solé, LF Cabeza. Πράσινες στέγες ως παθητικό σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια κατά την περίοδο ψύξης: χρήση ελαστικών ψίχουλων ως στρώμα αποστράγγισης. *Ενεργειακή απόδοση* 2014, 7: 841-849».

Η σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης των δύο διαφορετικών εκτεταμένων συστημάτων πραγματοποιείται σε μεσογειακές ηπειρωτικές κλιματολογικές συνθήκες κατά το πρώτο καλοκαίρι μετά τη φύτευση της βλάστησης. Ακόμη, για να γίνει έλεγχος της πιθανής εφαρμογής αυτών των πράσινων συστημάτων, χωρίς να έχουν κάποιου είδους μόνωσης, έγινε σύγκριση με μια απλή μονωμένη επίπεδη οροφή που χρησιμοποιείται σε τυπικές κατοικίες, ως σημείο αναφοράς.

Προκειμένου να γίνει η σύγκριση, πραγματοποιήθηκαν δύο τύποι δοκιμών για την εξέταση της θερμικής απόδοσης του εσωτερικού περιβάλλοντος και την κατανάλωση ενέργειας των συστημάτων

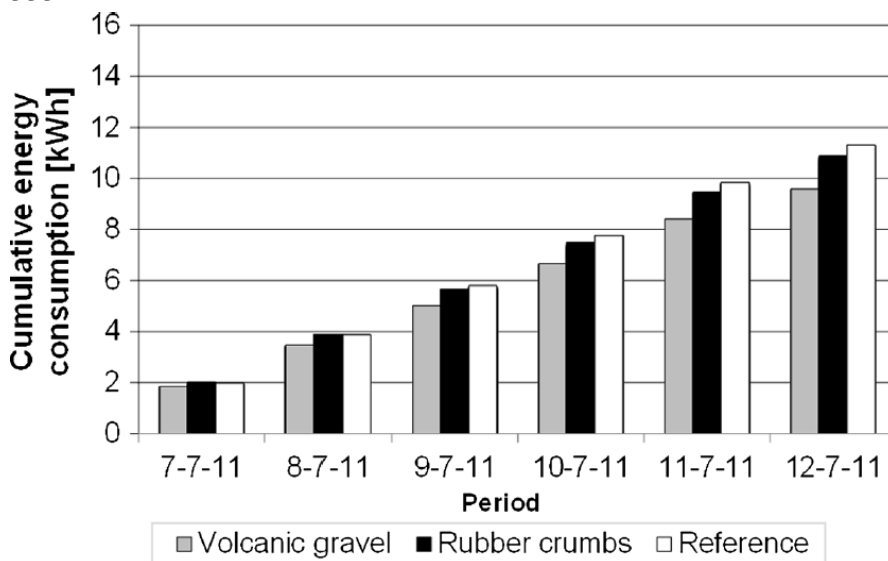
HVAC, με τρεις διαφορετικούς οικιακούς θαλάμους. Η πρώτη δοκιμή έγινε στη διάρκεια περιόδου ψύξης, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα HVAC, προκειμένου να διατηρηθεί το εσωτερικό περιβάλλον σε μία ζώνη άνεσης. Σύμφωνα με τα πρότυπα, το εύρος θερμικής άνεσης για ψύξη κυμαίνεται μεταξύ 23 °C και 26 °C. Επομένως, η θερμοκρασία αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκε είναι το καθορισμένο σημείο 24 °C. Η δεύτερη δοκιμή έγινε υπό ελεύθερα μεταβαλλόμενες συνθήκες, χωρίς τη χρήση συστήματος HVAC.

Τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι, ακόμη και όταν οι πράσινες στέγες ήταν με κάλυψη από 20% φυτά στη συνολική επιφάνεια, δηλαδή οι δύο εκτεταμένες πράσινες στέγες που συγκρίνονται, παρείχαν εξοικονόμηση ενέργειας κατά τις περιόδους ψύξης (5% για ψιχουλα από καουτσούκ και 14% για ποζολάνη) σε σύγκριση με το σύστημα οροφής αναφοράς (Πίνακας 2).

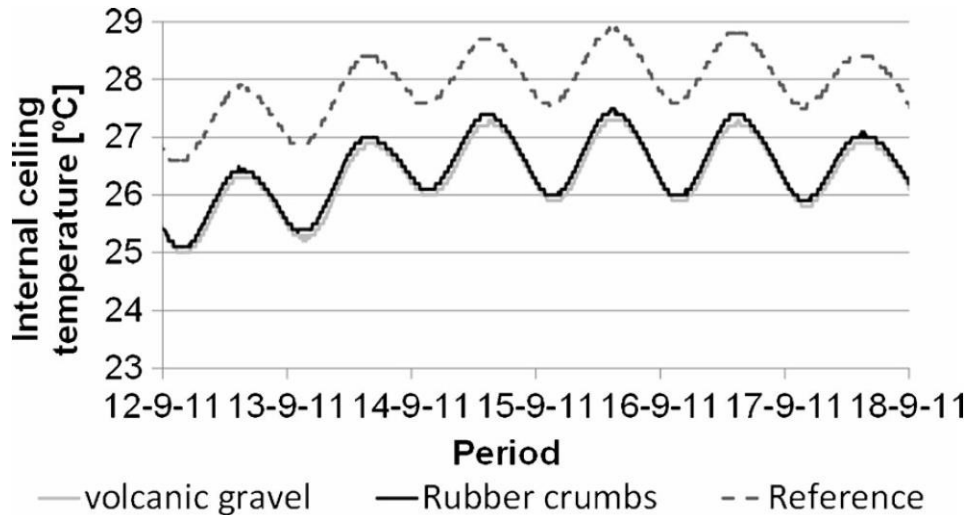
Τα αποτελέσματα των πειραμάτων, χωρίς συστήματα HVAC έδειξαν παρόμοιες τάσεις για τις δύο εκτεταμένες πράσινες στέγες, όπου η απόδοση της ψύξης ήταν υψηλότερη. Και οι δύο είχαν χαμηλότερη θερμοκρασία οροφής 1,5 °C σε σύγκριση με την οροφή αναφοράς (Πίνακας 3). Πίνακας 2

Επιπλέον, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι τα εσωτερικά στρώματα (υπόστρωμα και αποστράγγιση) έχουν πολύ σημαντικό ρόλο, στο σύνολο της θερμικής απόδοσης αυτών των συστημάτων, ιδιαίτερα όταν η κάλυψη της περιοχής από τη βλάστηση είναι μικρή.

333



Πίνακας 2. «Αθροιστική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ελεγχόμενη θερμοκρασία (καθορισμένο σημείο 24 °C), πρώτη εβδομάδα του Ιουλίου 2011. πηγή : B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbelteen. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην οικοδόμηση ενεργειακής απόδοσης: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Ανανεώσιμες και βιώσιμες ενέργειες Κριτικές* 2015, 45: 925»



Πίνακας 3. «Θερμοκρασίες διαφορετικών θαλάμων σε εσωτερικές οροφές, υπό ελεύθερες πλωτές συνθήκες, τρίτη εβδομάδα του Σεπτεμβρίου 2011 πηγή : B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbelteen. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην ενεργειακή απόδοση κτιρίων: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Ανανεώσιμες και βιώσιμης ενέργειας Κριτικές* 2015, 45: 925»

Αυτή η μελέτη αναφέρει λοιπόν, ότι παρέχεται καλύτερη απόδοση ψύξης, από μία πράσινη οροφή 9 εκ. χωρίς στρώμα μόνωσης σε σχέση με μια επίπεδη οροφή με μόνωση. Τέλος, σε ελεύθερα μεταβαλλόμενες συνθήκες, χωρίς το σύστημα HVAC οι πράσινες στέγες, παρέχουν μια μικρή μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας της οροφής.

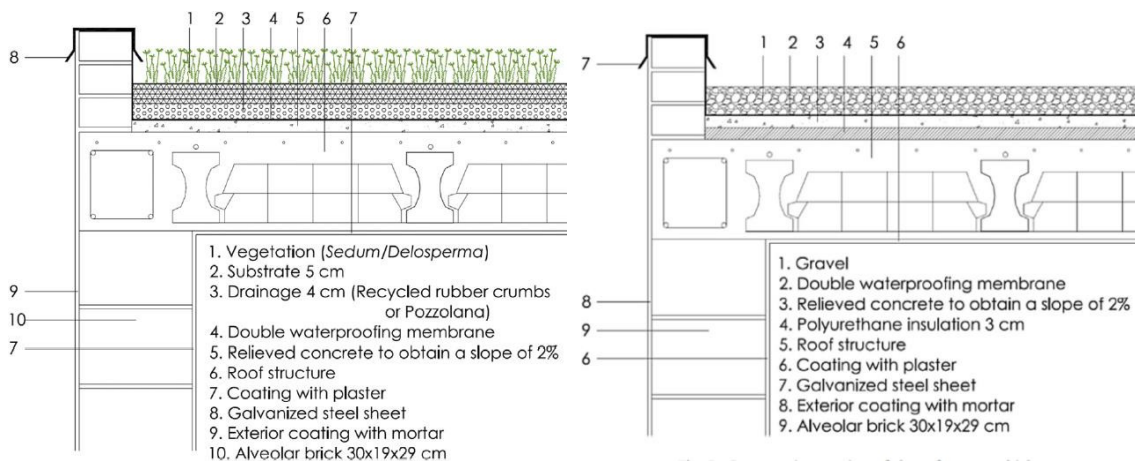
2.3 Θερμική αξιολόγηση GR, ως παθητικό εργαλείο για την εξοικονόμηση της ενέργειας στα κτίρια

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι πράσινες στέγες προσφέρουν πολλά περιβαλλοντικά οφέλη για τα κτίρια, όπως: αύξηση της ικανότητας συγκράτησης νερού, μετριασμός του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (UHI), αύξηση της αντοχής των εσωτερικών μεμβρανών, κατακράτηση νερού όμβριων κ.λπ. Οι πράσινες στέγες έχουν μελετηθεί ευρέως ως τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτοί οι ερευνητές κατάφεραν να μειώσουν τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και να εξοικονομήσουν ενέργεια βασίζοντας τη θερμική τους απόδοση σε διαφορετικούς παράγοντες, όπως η μόνωση του κτιρίου, η κλιματική ζώνη, οι σπόροι φυτών, τα μέσα καλλιέργειας και οι ιδιότητες του στρώματος αποστράγγισης. Ενώ τα περισσότερα από τα ερευνητικά ευρήματα από μελέτες που χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα και παραμετρική ανάλυση είναι έγκυρα, υπάρχουν λίγες πειραματικές μελέτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή αξιόπιστων

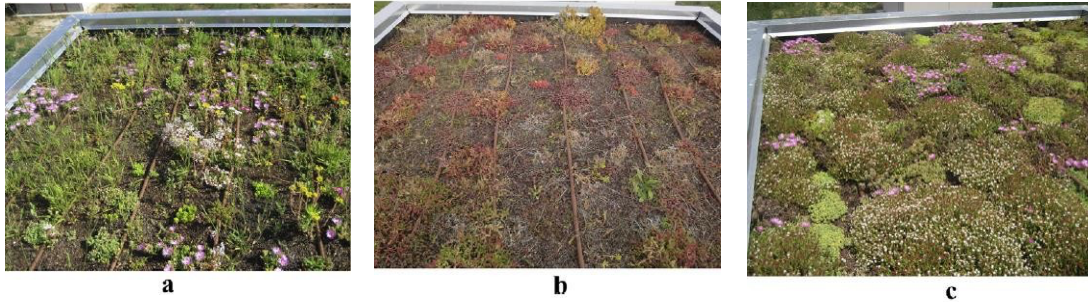
συμπερασμάτων. Υπάρχει περιορισμένος αριθμός βιβλιογραφίας για τις περιόδους θέρμανσης ενώ τα αποτελέσματα είναι συχνά αμφιλεγόμενα.

- Σε αυτή τη μελέτη εξετάζονται δύο διαφορετικά εκτεταμένα συστήματα πράσινων στεγών όπου η μόνη διαφορά μεταξύ τους είναι η σύνθεση του στρώματος αποστράγγισης (ποζολάνη και ανακυκλωμένα ελαστικά ψίχουλα, (Εικόνα 10 αριστερά) προκειμένου να αξιολογηθεί το δυναμικό τους ως παθητικό εργαλείο εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα.

Ο σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να δει πόσο καλά αποδίδουν οι πράσινες στέγες σε διαφορετικά κλίματα και κάτω από διαφορετικές απαιτήσεις ψύξης και θέρμανσης. Στο Puigverd de Lleida της Ισπανίας, κατασκευάστηκε ένα πειραματικό συγκρότημα αποτελούμενο από τρεις πανομοιότυπους οικιακούς θαλάμους με εσωτερικούς όγκους 2,4 x 2,4 x 2,4 μέτρα. Η μόνη διαφορά μεταξύ των τριών θαλάμων ήταν η μέθοδος κατασκευής της στέγης. Το σχήμα 9 δείχνει διαφορετικούς τύπους στέγης καμπίνας - ένα με πράσινη οροφή κατασκευασμένη με ποζολάνη ή με ανακυκλωμένα ψίχουλα καουτσούκ ως στρώματα αποστράγγισης, ένα άλλο με μονωμένη επίπεδη οροφή ως συμβατική οροφή και επίπεδο αναφοράς.



Εικόνα 9. «Τμήμα κατασκευής των θαλάμων πράσινης στέγης (αριστερά) και τμήμα κατασκευής του θαλάμου αναφοράς (δεξιά) πηγή : B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbelteen. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην ενεργειακή απόδοση κτιρίων: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Ανανεώσιμες και βιώσιμες ενέργειες Κριτικές* 2015, 45: 924»



Εικόνα 10 «α) Εκτεταμένη πράσινη στέγη. Φάση ανάπτυξης το πρώτο καλοκαίρι (2011). 20% κάλυψη φυτών. β) Εκτεταμένη πράσινη στέγη. Χειμερινή θέα (2011-2012). γ) Εκτεταμένη πράσινη στέγη. Θέα το καλοκαίρι του 2012. 85% κάλυψη πλακών πηγή: B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbelteen. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην οικοδόμηση ενεργειακής απόδοσης: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Ανανεώσιμες και βιώσιμες ενέργειες Κριτικές 2015*»

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο θάλαμοι πράσινης στέγης έχουν μεγάλες δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των συστημάτων HVAC ενός κτιρίου κατά τη θερινή περίοδο. Τα ψίχουλα ελαστικού και ποζολάνης έδειξαν σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τον θάλαμο αναφοράς κατά τη διάρκεια αντιπροσωπευτικών περιόδων ζήτησης ψύξης. Από την άλλη πλευρά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά τις αντιπροσωπευτικές περιόδους θέρμανσης, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα ψίχουλα από καουτσούκ και ποζολάνη αυξήθηκε κατά 6,1% και 11,1% αντίστοιχα σε σύγκριση με τον θάλαμο αναφοράς. Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων, διαπιστώθηκε ότι η θερμική μετάδοση ήταν υψηλή και για τις δύο εκτεταμένες πράσινες στέγες, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε χειμερινές συνθήκες.

Επιπλέον, έχει αποδειχθεί πειραματικά η καλύτερη θερμική απόδοση της πράσινης οροφής από ψίχουλα καουτσούκ ως στρώσης αποστράγγισης σε σύγκριση με την πράσινη στέγη από ψίχουλο καουτσούκ. Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν συνεπή με τη θεωρητική μεταφορά θερμότητας (τιμή U) των πράσινων στεγών. Τα αποτελέσματα του πειράματος υποδηλώνουν ότι τόσο τα στρώματα αποστράγγισης όσο και το υπόστρωμα παίζουν σημαντικό ρόλο στη θερμική απόδοση αυτών των συστημάτων. Κάποιες θεωρητικές, βέβαια, βελτιώσεις προτάθηκαν για τις χειμερινές περιόδους, οι οποίες προτείνουν την αύξηση του πάχους του στρώματος αποστράγγισης από 5 cm σε 8 cm για την μείωση της θερμικής μετάδοσης ολόκληρου του συστήματος πράσινης στέγης καθώς και την αύξηση του πάχους του μέσου καλλιέργειας (υποστρώματος) από 5 cm έως 10 ή 15 cm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. VGS ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ

3.1 Πειραματική περιγραφή

Την τελευταία δεκαετία, τα κατακόρυφα συστήματα πρασίνου (VGS) έχουν γίνει πιο κοινά στους σχεδιασμούς κτιρίων, παρέχοντας πολλά οφέλη στα αστικά οικοσυστήματα. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ενεργειακή απόδοση μπορεί να έχει σημαντικό ρόλο στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, αλλά μεγάλο μέρος της έρευνας σχετικά με την αποτελεσματικότητά της κατά τις χειμερινές περιόδους εξακολουθεί να είναι σπάνια.

- Επομένως, ο κύριος στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να συγκρίνει σε πραγματική κλίμακα τη θερμική απόδοση δύο διαφορετικών κατακόρυφων πράσινων συστημάτων που εφαρμόζονται σε ηλεκτρονικά πειραματικά δωμάτια τα οποία μοιάζουν με σπίτι τόσο για περιόδους ψύξης όσο και για θέρμανση.

Ο πρώτος θάλαμος έχει διακοσμηθεί με μια πράσινη πρόσοψη από φυλλοβόλα αναρριχητικά φυτά, ενώ ο δεύτερος θάλαμος έχει πράσινους τοίχους από αειθαλή δέντρα. Τέλος, ένας τρίτος θάλαμος χρησιμοποιείται ως αναφορά. Είναι πανομοιότυπος με τους άλλους δύο θαλάμους, μόνο που δεν υπάρχει πράσινο κάλυμμα. Δύο διαφορετικοί τύποι πειραμάτων έχουν διεξαχθεί για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των θαλάμων/σπιτιών. Ένας τύπος πειράματος περιλαμβάνει τον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος προκειμένου να διατηρηθεί μια άνετη κατάσταση. Στον άλλο τύπο πειράματος, προκειμένου να μελετηθεί η θερμική απόκριση του συστήματος κατασκευής, το σύστημα HVAC (θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού) αποσυνδέθηκε και οι θάλαμοι δοκιμάστηκαν σε συνθήκες ελεύθερης επίπλευσης. Η πρώτη μελέτη διαπίστωσε ότι οι πράσινοι τοίχοι και οι διπλές πράσινες προσόψεις μπορούν να εξοικονομήσουν πολλή ενέργεια κατά την περίοδο ψύξης. Από την άλλη, δεν παρατηρήθηκε πρόσθετη κατανάλωση ενέργειας για τον θάλαμο με πράσινους τοίχους από αειθαλή είδη κατά τις περιόδους θέρμανσης.

3.2 Ανάλυση

Οι πρόσφατες τάσεις στην αρχιτεκτονική και τις κατασκευές έχουν ενσωματώσει μια ποικιλία παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραγόντων, στο ίδιο επίπεδο με τους αισθητικούς, οικονομικούς, φυσικούς και λειτουργικούς παράγοντες.

Αυτά τα μοντέρνα κριτήρια σχεδιασμού παρέχουν μια νέα κοινωνική αντίληψη για τον κτιριακό τομέα. Βοηθούν στη δημιουργία μιας πιο θετικής εικόνας για τα κτίρια και τα κάνουν πιο ελκυστικά για τους ανθρώπους. Η χρήση βιώσιμων κτιριακών πρακτικών όχι μόνο βελτιώνει την ποιότητα ενός κτιρίου, αλλά έχει επίσης θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον για όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Η διάρκεια της κατασκευής, της λειτουργίας και της συνολικής διάρκειας ζωής ενός κτιρίου μπορεί να ποικίλλει σημαντικά.¹

¹ Dunnet N. and Kingsbury N. Planting Green Roofs and Living Walls. ISBN 13: 978-0-88192-911-9. Timber Press, 2008.

Η αστική πράσινη υποδομή, όπως ορίζεται σε αυτό το πλαίσιο, αναφέρεται σε ένα σύνολο ανθρωπογενών στοιχείων που παρέχουν πολλαπλές υπηρεσίες οικοσυστήματος τόσο σε κτιριακή όσο και σε αστική κλίμακα. Ένα από τα κύρια οφέλη της κατασκευής μιας κατασκευής είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον, το κτίριο μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της επίδρασης μιας αστικής θερμικής νησίδας. Μερικές από τις πιο καινοτόμες και ενδιαφέρουσες λύσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι οι πράσινες στέγες και τα κατακόρυφα πράσινα συστήματα για κτίρια. Υπάρχουν δύο κύριες τυπολογίες κατασκευής - GR και VGS - και ενώ το VGS μπορεί να έχει κάποιο περιθώριο βελτίωσης, το GR είναι πιθανώς πιο συμφέρουσα.² Μεταξύ αυτών των δύο κατασκευαστικών τυπολογιών, GR και VGS, οι VGS έχουν πιθανώς μεγαλύτερες δυνατότητες βελτίωσης³.

Η χρήση συστημάτων VGS μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική ανάλογα με τον τύπο του συστήματος κατασκευής που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση φυτών στην πρόσοψη του κτιρίου.⁴ Όταν πρόκειται για την ταξινόμηση των συστημάτων αυτών, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη πρώτον, οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των συστημάτων κατασκευής, ειδικά μεταξύ των πράσινων προσόψεων (GF) και των πράσινων τοίχων (GW). Ο σχεδιασμός του κτιρίου μπορεί να έχει αντίκτυπο στην τελική θερμική συμπεριφορά του. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να παρέχονται δεδομένα που αναφέρονται σε κάθε σύστημα και να αποφεύγεται η σύγκριση δεδομένων από διαφορετικά συστήματα. Δεύτερον, οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τόσο τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου όσο και την επιλογή των φυτικών ειδών. Τρίτον, το είδος των φυτικών ειδών που χρησιμοποιούνται (φυλλοβόλα ή αειθαλή, θάμνοι ή αναρριχητικά κ.λπ.) επηρεάζει την ποσότητα φωτός που φτάνει στα φύλλα των φυτών. Ο τελευταίος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ο τρόπος με τον οποίο εξοικονομούν ενέργεια τα διάφορα συστήματα σε ένα κτίριο. Η σκίαση, η μόνωση, η εξάτμιση, η αναπνοή και το φράγμα του ανέμου είναι όλοι σημαντικοί μηχανισμοί.

Εντοπίστηκαν συνολικά 23 μελέτες, εννέα σχετιζόμενες με την παραδοσιακή GF, εννέα για GF διπλού δέρματος και πέντε για GW.

Σε αυτή την επισκόπηση, πρέπει να επισημανθεί η δυσκολία σωστής σύγκρισης μεταξύ των μελετών, όταν λαμβάνονται υπόψη το σύστημα κατασκευής, το κλίμα, τα χρησιμοποιούμενα είδη φυτών και άλλες παράμετροι (όπως ο προσανατολισμός, το πάχος φυλλώματος κ.λπ.). Επιπλέον, η σύγκριση μεταξύ των μελετών είναι δύσκολη, καθώς συχνά χρησιμοποιούν διαφορετικά κατασκευαστικά συστήματα και υλικά.

Παρόλο που αυτά τα συστήματα έχουν ορισμένα μειονεκτήματα, εάν λάβουμε υπόψη το αποτέλεσμα ψύξης στο εξωτερικό του τοίχου του κτιρίου, μπορεί να εξακολουθούν να είναι μια καλή επιλογή για εξοικονόμηση ενέργειας. Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου του κτιρίου μπορεί να μειωθεί σημαντικά, με αποτελέσματα που κυμαίνονται από 1°C έως 31,9°C. Οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο την εμφάνιση ενός κτιρίου είναι το πάχος του φυλλώματος και ο

² "The Multifunctionality of Green Infrastructure". Directorate-General for the Environment. European Commission. March 2012.

³ John W. Dover. Green Infrastructure: Incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments. ISBN 978-0-415-5213-9. Routledge, 2015.

⁴ Pérez G, Coma J, Martorell I, Cabeza L.F. Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2014; 39:139-165.

προσανατολισμός της πρόσοψης (ειδικά νότια και δυτικά). Ωστόσο, λόγω των ειδικών συνθηκών δοκιμής προηγούμενων μελετών, δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί η επίδραση κάθε παραμέτρου από μια συνολική προοπτική.

Η κύρια λειτουργία του VGS είναι να παράγει σκιά, να παρέχει μόνωση, να εξατμίζει την υγρασία και να παρέχει αντίσταση στον αέρα. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι το φαινόμενο της σκιάς είναι το πιο αποτελεσματικό στη μείωση της θερμοκρασίας στους τοίχους του κτιρίου και επομένως είναι υπεύθυνο για τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας^{5 6}.

Καμία από τις μελέτες που εξετάστηκαν εδώ δεν μέτρησε άμεσα την εξοικονόμηση ενέργειας που παρέχεται από τα πράσινα συστήματα, αλλά όλες βασίστηκαν σε έμμεσους υπολογισμούς που βασίζονται σε μειώσεις στην εσωτερική θερμοκρασία ή στις ροές ενέργειας μέσω του τοίχου του κτιρίου. Η μέτρηση της εξοικονόμησης ενέργειας επιτρέπει την αντικειμενική ποσοτικοποίηση των πλεονεκτημάτων που παρέχουν αυτά τα συστήματα με τρόπο που επιτρέπει την επακόλουθη οικονομική ποσοτικοποίηση. Αυτό μπορεί να προσφέρει ένα πολύτιμο όραμα για την υπηρεσία οικοσυστήματος που παρέχουν αυτά τα συστήματα. Η απόκτηση των δεδομένων από διαφορετικά συστήματα και υπό διαφορετικά κλίματα επιτρέπει τη σύγκριση τους, βοηθώντας τους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις βάσει του σχεδιασμού του κτιρίου. Επιπλέον, βρέθηκε μόνο μία μελέτη που σχετίζεται με τη συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω του προσανατολισμού της διεπαφής⁷ παρά το μεγάλο ενδιαφέρον για αυτό το θέμα.

Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τον προσδιορισμό της θερμικής απόδοσης του VGS το χειμώνα. Για πράσινους τοίχους, όπου η δομική στήριξη συχνά συνεπάγεται αδιαφανές διπλό δέρμα, και για πράσινες προσόψεις, όπου χρησιμοποιούνται πολυετή αναρριχητικά φυτά, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα υλικά που χρησιμοποιούνται.

Οι συγγραφείς αυτής της εργασίας έχουν αποδείξει προηγουμένως την ικανότητα αυτών των συστημάτων να βελτιώνουν τη θερμική απόδοση των κτιρίων, ειδικά μέσω της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Έχουν επιτύχει θερμικούς συντελεστές ισοδύναμους με αυτούς που παρέχονται από τεχνητά εμπόδια που χρησιμοποιούνται συνήθως σε κτίρια, όπως είναι τα πηγάκια, οι τέντες κ.λπ. Τα θετικά αποτελέσματα προηγούμενων μελετών οδήγησαν στη βελτίωση των πειραματικών εγκαταστάσεων με την εγκατάσταση νέων αισθητήρων θερμοκρασίας σε όλες τις προσόψεις. Ο στόχος ήταν να ποσοτικοποιηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας που παρέχεται από τις δύο κύριες τυπολογίες VGS (GF και GW) τόσο στην ψύξη όσο και στη θέρμανση. Η μελέτη μετράει χωριστά την κατανάλωση ενέργειας για πειράματα θέρμανσης και ψύξης. Ένας άλλος σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνήσει τις επιπτώσεις του προσανατολισμού της πρόσοψης στη θερμική απόδοση για τα δύο υπό μελέτη VGS.

⁵ Pérez G, Rincón L, Vila A, González J.M, Cabeza L.F. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy* 2011; 88:4854- 4859.

⁶ Pérez G, Coma J, Martorell I, Cabeza L.F. Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2014; 39:139-165.

⁷ Jim C.Y. Thermal performance of climber greenwalls: Effects of solar irradiance and orientation. *Applied Energy* 2015; 15:4631-643.

Συμπεράσματα

Σε αυτή τη βιβλιογραφική εργασία δύο διαφορετικά VGS (GW και GF) αξιολογήθηκαν ενδελεχώς ως παθητική εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο 2014-2015 και έγινε σύγκριση έναντι συστήματος αναφοράς σε πραγματική κλίμακα που έχει διαμορφωθεί κάτω από το μεσογειακό ηπειρωτικό κλίμα. Επιπλέον, μια μελέτη της συμβολής του VGS σε αυτή την εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω της θερμικής εκτίμηση των εξωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών των τοίχων, πραγματοποιείται για τον Ανατολικό, Νότιο και Δυτικό προσανατολισμό.

Οι δοκιμές συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας επιβεβαιώνουν το υψηλό δυναμικό και από τα δύο VGS για εξοικονόμηση ενέργειας το καλοκαίρι. Το σύστημα GW παρείχε την υψηλότερη απόδοση ψύξης επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση 58,9 %, ενώ το GF παρουσιάζει μείωση ενέργειας κατά 33,8 %, και οι δύο σε σύγκριση με την καμπίνα αναφοράς με συνθήκες εσωτερικής άνεσης στο 24°C.

Επιπλέον, οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν κάτω από συνθήκες υψηλότερης ζήτησης (21 °C και 18 °C) επίσης έδειξε εξοικονόμηση ενέργειας και για τα δύο VGS, αλλά η απόδοση ψύξης τους ήταν χαμηλότερη όταν το σημείο ρύθμισης έγινε πιο περιοριστικό.

Επιπλέον, βρέθηκε μια άμεση σχέση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και της εξοικονόμησης ενέργειας υποδεικνύοντας υψηλότερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας σε κλίματα με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Για Κάθε kWh ηλιακής ακτινοβολίας, τα συστήματα GW και GF μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας κατά 23,4 % και 19,4 % αντίστοιχα.

Από την άλλη πλευρά, ο θάλαμος GW παρέχει επίσης εξοικονόμηση ενέργειας έως και 4,2% κατά τη διάρκεια περιόδους θέρμανσης λόγω της θερμικής σταθερότητας που παρέχεται από τις μονάδες πολυαιθυλενίου, ενώ το σύστημα GF, το οποίο εφαρμόζει φυλλοβόλα βλάστηση, έδειξε παρόμοια κατανάλωση ενέργειας από το σύστημα αναφοράς. Όσον αφορά τη θερμική απόδοση κατά προσανατολισμό της πρόσοψης το χειμώνα, η GW κατέγραψε τις υψηλότερες μειώσεις θερμοκρασίας εξωτερικού τοίχου στο Νότο, επιτυγχάνοντας 16,5 °C, ενώ στην Ανατολή και τη Δύση ήταν 4,5 °C και 6,5 °C, αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τα σημαντικά ηλιακά κέρδη μέσω του νότιου προσανατολισμού σε σύγκριση με την Ανατολή και τη Δύση.

Εκτός από το στοιχείο της δημιουργίας σκιάς του VGS, υπάρχουν άλλα τρία στοιχεία που θα έπρεπε μελετηθούν σε βάθος για να ποσοτικοποιηθεί η θερμική απόδοση αυτών των συστημάτων. Πρώτον, περαιτέρω η έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στα αναπτυσσόμενα μέσα που μπορούν να παρέχουν διαφορετικές αξίες

μόνωσης ανάλογα με τη σύνθεση του υποστρώματος. Το δεύτερο σχετίζεται με το νερό, ειδικότερα με τον έλεγχο άρδευσης που αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράγοντα για τη συνολική θερμική συμπεριφορά του στο σύστημα και τέλος, το τρίτο σχετίζεται με τη διαχείριση του αέρα που βρίσκεται στον

θάλαμο που δημιουργείται μεταξύ του τοίχου και του συστήματος GW. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετοί συγγραφείς που αναφέρουν τη χρήση κενού αέρα με διαφορετικά πάχη (από 3 έως 10 cm) στις μελέτες τους, αλλά μόνο ένας συγγραφέας θεωρεί το διάκενο αέρα κλειστό, επομένως περισσότερες μελέτες μπορεί να είναι απαραίτητο για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος.

(Julia Coma, Gabriel Pérez, Alvaro de Gracia, Silvia Burés, Miguel Urrestarazu, Luisa F. Cabeza, 2016)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΠΡΑΣΙΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

4.1 Εισαγωγή

Το κόστος της ενέργειας βρίσκεται σε επίπεδα ρεκόρ και πιθανόν να παραμείνει υψηλό για το άμεσο μέλλον. Προσθέστε σε αυτό τις απειλές για το περιβάλλον που προκύπτουν από την ασύλληπτη χρήση φυσικών πόρων και ορυκτών καυσίμων, τότε η ανάγκη σχεδιασμού και διαχείρισης κτιρίων ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ενεργειακά αποδοτικά γίνεται πολύ πιο επιτακτική. Ενώ τα περισσότερα νέα κτίρια έχουν ήδη σχεδιαστεί ώστε να είναι τόσο ενεργειακά αποδοτικά όσο οι μηχανικοί πιστεύουν ότι είναι δυνατόν, υπάρχουν αναρίθμητα παλαιότερα κτίρια όπου το μεγάλης κλίμακας, σχεδιασμένο «πρασίνισμα» είναι είτε ανέφικτο είτε απαγορευτικά ακριβό.

Η “Λευκή Βίβλος για το μέλλον της Ευρώπης”⁸ διερευνά τη χρήση των εσωτερικών εγκαταστάσεων ως μέρος ενός συστήματος βιώσιμης διαχείρισης κτιρίων. Με την εκμετάλλευση των φυσικών ιδιοτήτων των ζωντανών φυτών, είναι δυνατό να μειωθεί η εξάρτησή μας από μηχανικά και κατασκευασμένα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια: οι ικανότητες πολλαπλών εργασιών των φυτών μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και ακόμη και τη μείωση του ενοχλητικού θορύβου. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των φυτών εσωτερικού χώρου μπορούν συχνά να επιτευχθούν με πολύ χαμηλότερο κόστος από τα ειδικά κατασκευασμένα προϊόντα «Green Building».

4.2 Συστήματα αξιολόγησης του πράσινου κτιρίου

Πολλές χώρες διαθέτουν συστήματα για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιρίων και συχνά υπάρχουν κίνητρα για τους μελετητές να κατασκευάσουν «πράσινα». Τα πιο γνωστά παραδείγματα συστημάτων αξιολόγησης πράσινων κτιρίων είναι το **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**, που έχει αναπτυχθεί από US Green Building Council και το **BREEAM (Μέθοδος Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης του Ιδρύματος Έρευνας Κτιρίων)**, που λειτουργεί από το UK Building Research Establishment.

Σε όλο τον κόσμο, υπάρχουν άλλα συστήματα αξιολόγησης πράσινων κτιρίων, τα οποία συνήθως προέρχονται από τη μεθοδολογία BREEAM. Για παράδειγμα, το Australian Green Building Council έχει το σύστημα αξιολόγησης Green Star.

Όλα αυτά τα συστήματα βαθμολόγησης έχουν εκδόσεις για νέα και ανακαινισμένα υπάρχοντα κτίρια, καθώς και για διαφορετικούς τύπους κτιρίων (για παράδειγμα, γραφεία, σπίτια, νοσοκομεία, σχολεία, ακόμη και ολόκληρες γειτονιές). Έχουν επίσης ένα άλλο κρίσιμο κοινό χαρακτηριστικό – το οποίο επινοούν και διαχειρίζονται μηχανικοί κτιρίων, αρχιτέκτονες και κατασκευαστές, επομένως έχουν μια αρνητική προδιάθεση προς τις μηχανικές και κατασκευασμένες λύσεις σε ζητήματα πράσινων κτιρίων. Τα συστήματα αξιολόγησης είναι επίσης πολύ προκατειλημμένα προς τα ενσωματωμένα συστήματα, αντί για οτιδήποτε προστίθεται κατά την τοποθέτηση ή μετά την εφαρμογή. Αυτό δεν είναι ούτε απροσδόκητο, ούτε παράλογο: είναι συχνά πολύ πιο οικονομικό να χτίζει κανείς συστήματα

⁸ https://eur-lex.europa.eu/content/news/white_paper.html?locale=el

στην κατασκευή ενός κτιρίου που έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την ενεργειακή απόδοση παρά να ξοδεύει περισσότερο χρόνο, προσπάθεια και πόρους σε εξοπλισμό εκ των υστέρων.

Πώς μπορούν τα φυτά να χρησιμοποιηθούν ως μέρος ενός συστήματος πράσινων κτιρίων;

Τα φυτά εσωτερικού χώρου έχουν πολλούς ρόλους να παίξουν μέσα σε ένα πράσινο κτίριο. Ορισμένες εφαρμογές είναι πολύ μεγάλες και, εάν απαιτείται, χρειάζονται ιδιαίτερο σχεδιασμό καθώς γίνονται αναπόσπαστο μέρος της εικόνας ενός κτιρίου. Άλλα πλεονεκτήματα μπορούν να ληφθούν με την ελάχιστη προσπάθεια, και τα αποτελέσματα να είναι σε μικρότερη κλίμακα, αλλά ωστόσο αποτελεσματικά. Όποια και αν είναι η προσπάθεια, ένα πράγμα είναι σίγουρο - το κτίριο θα είναι πιο πράσινο με περισσότερους από έναν τρόπους.

Στις επόμενες σελίδες, θα αναπτυχθούν τρία κύρια θέματα: οι επιπτώσεις των φυτών στο κλίμα των εσωτερικών χώρων, η ποιότητα του αέρα και η μείωση του θορύβου. Θα ξεκινήσουμε με τα οφέλη που λειτουργούν καλύτερα σε μεγάλες κλίμακες, σχετικά σύνθετες εγκαταστάσεις που απαιτούν σχεδιασμό, διαχείριση έργου και ορισμένες κατασκευαστικές εκτιμήσεις. Στη συνέχεια εξετάζουμε προοδευτικά απλούστερες λύσεις που μπορούν να προστεθούν στο στάδιο της εγκατάστασης ή ακόμη και μετά την εφαρμογή.

4.3 Ψύξη κτιρίου μέσω της σκίασης των φυτών

Στο άκρο, τα εσωτερικά φυτά αποτελούν τη βάση ενός συστήματος γνωστού ως «Green Solar Architecture», που πρωτοστάτησε στη Γερμανία από τον Dieter Schempp.

Σε αυτό το σύστημα, το εσωτερικό κλίμα ρυθμίζεται με τα φυτά, τα οποία επιλέγονται για την επιβίωσή τους στο εσωτερικό περιβάλλον, και τα οποία εγγυώνται επίσης καλή ποιότητα αέρα και ρύθμιση υγρασίας, ειδικά το χειμώνα, όταν τα φυτά μπορούν να βοηθήσουν στη διατήρηση της ιδανικής σχετικής υγρασίας. 40% έως 60%.

Αυτή η ιδέα απαιτεί μεγάλο προγραμματισμό και διεπιστημονική συνεργασία. Οι πολιτικοί μηχανικοί (μελετητές) λαμβάνουν μέρος και συνεισφέρουν τις εξειδικευμένες γνώσεις τους, για παράδειγμα η φύτευση πρέπει να σχεδιαστεί και να πραγματοποιηθεί με ειδικούς φωτισμού, νερού και αποχέτευσης.

Τα φυτά επιλέγονται για να περιλαμβάνουν ένα ποσοστό ειδών που ρίχνουν μερικά από τα φύλλα τους το χειμώνα, γεγονός που επιτρέπει περισσότερη ηλιακή ενέργεια στο κτίριο για θέρμανση, ενώ το καλοκαίρι αναπτύσσονται για να παρέχουν σκιά και να συμβάλλουν στην ψύξη με εξατμισοδιαπνοή. Τα δέντρα εσωτερικών χώρων, τα οποία μπορεί να έχουν ύψος έως 8 μέτρα (25 πόδια), μπορούν να δημιουργήσουν σκιές και να σκιάσουν τα παράθυρα πολύ πιο οικονομικά από ό,τι μια σύνθετη κατασκευή και μηχανικά προϊόντα (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. «Επιδράσεις σκίασης φυτών. πηγή: Ambius White Paper Plants in “Green Buildings” Kenneth Freeman International Technical Director (Plants in Green Buildings.decrypted.pdf)»

Στην πράξη, έχουν επιτευχθεί μειώσεις θερμοκρασίας της τάξης των 2 °C - 3 °C κάτω από την εξωτερική θερμοκρασία. Αυτό είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού της εσωτερικής φύτευσης, της μάζας του κτιρίου και της ανταλλαγής αέρα το καλοκαίρι μέσω ανοιγμάτων αερισμού στις προσόψεις του κτιρίου.

Ακόμη και χωρίς να φτάσουμε στα επίπεδα σχεδιασμού ενός κτιρίου σύμφωνα με τις γραμμές του Schempp, τα εσωτερικά φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ αποτελεσματικά για την ψύξη των κτιρίων. Διαθέσιμα σε σχεδόν οποιαδήποτε μορφή, από ψηλούς φοίνικες με φτερωτά φύλλα μέχρι δέντρα και θάμνους με πυκνό θόλο, οι εσωτερικές όψεις φυτών μπορούν να σχεδιαστούν για να ρίχνουν όση σκιά χρειάζεται. Εκμεταλλευόμενοι την ποικιλία των υψών και των μορφών των φυτών, είναι δυνατή η δημιουργία ελαφριάς ή βαριάς σκιάς οποιαδήποτε ώρα της ημέρας και όλες τις εποχές.

Η φυσική ικανότητα των φυτών να προσανατολίζουν το φύλλωμά τους προς μια πηγή φωτός θα βοηθήσει να διασφαλιστεί ότι το άμεσο ηλιακό φως παρεμποδίζεται από τα φύλλα. Το διακεκομμένο, διάχυτο φως θα φτάσει στο εσωτερικό του κτιρίου προσθέτοντας ατμόσφαιρα και ενδιαφέρουσες σκιές για να συμπληρώσει την οπτική έλξη των ίδιων των φυτών.

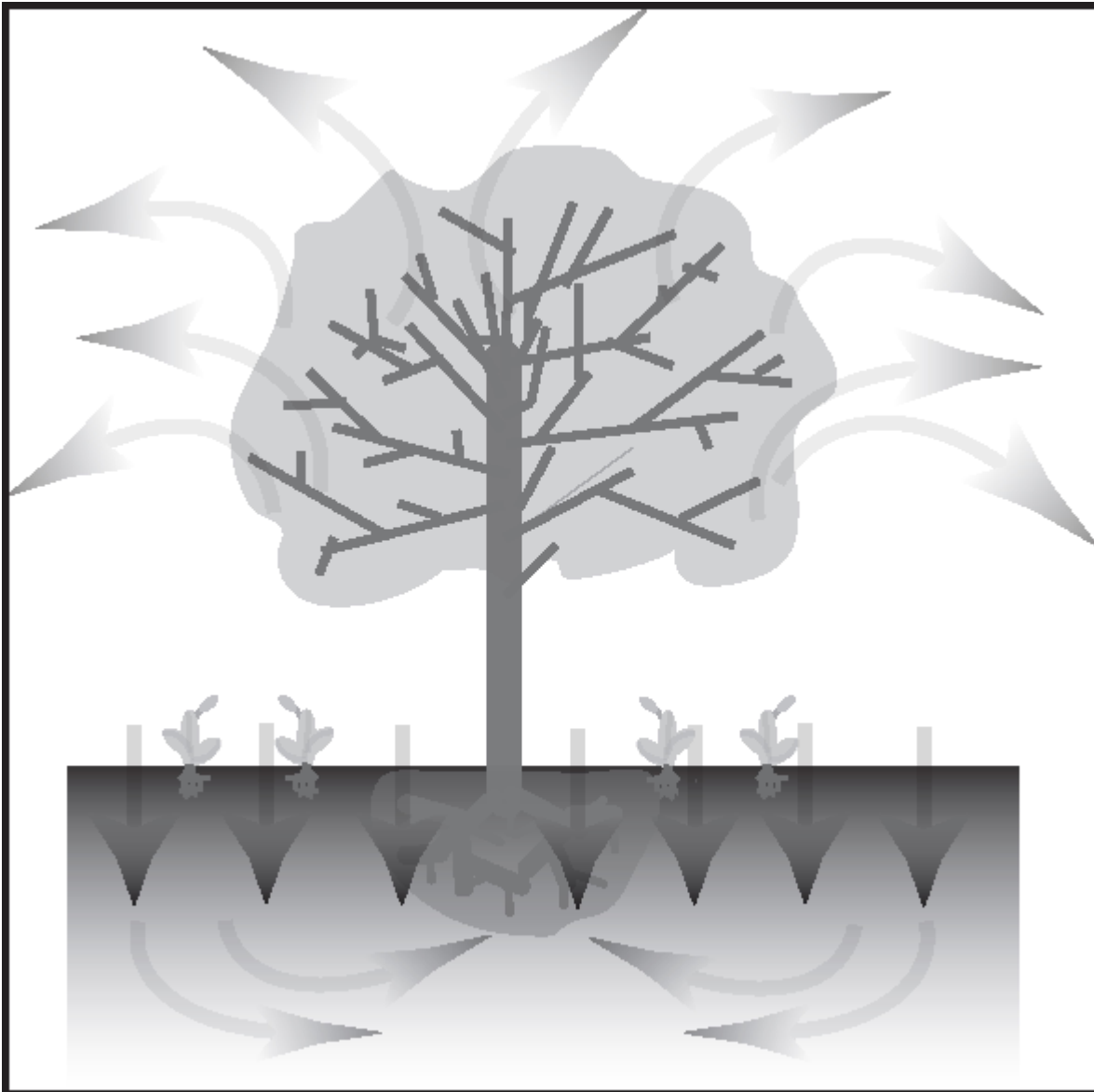
Τα οφέλη σκίασης των φυτών μπορούν να αξιοποιηθούν σε όλους τους τύπους κτιρίων και τοποθεσίας. Τα μικρά φυτά κοντά στα παράθυρα μπορούν να εξαλείψουν την ανάγκη για περσίδες και παρόλα αυτά να παρέχουν τα οφέλη της θέας. Σε αίθρια και άλλους χώρους με υψηλά τζάμια, μεγάλα φυτά και δέντρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν τα βιομηχανοποιημένα προϊόντα όπως τα **Brise soleil**⁹ και να παρέχουν άλλα πλεονεκτήματα για το κλίμα εσωτερικού χώρου, όπως ψύξη μέσω εξατμισοδιαπνοής.

4.4 Ψύξη και ύγρανση κτιρίων μέσω εξατμισοδιαπνοής

Η εξατμισοδιαπνοή είναι η διαδικασία με την οποία το νερό μετακινείται από το έδαφος, μέσω του φυτού (και από την επιφάνεια του εδάφους) στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής. Σχεδόν όλο το νερό που δίνεται σε ένα φυτό θα απελευθερωθεί στον αέρα κατά τη διάρκεια του χρόνου που τα φυτά φωτοσυνθέτουν ενεργά. Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής διέπεται από τα επίπεδα φωτός, τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, την κίνηση του αέρα και τα είδη φυτών και το μέγεθος των φυτών.

Καθώς το νερό εξατμίζεται στον αέρα, λαμβάνει χώρα ψύξη καθώς χρησιμοποιείται θερμική ενέργεια για να οδηγήσει τη διαδικασία Εικόνα 12.

⁹ είναι ένα αρχιτεκτονικό χαρακτηριστικό ενός κτιρίου που μειώνει την αύξηση της θερμότητας μέσα σε αυτό το κτίριο εκτρέποντας το φως του ήλιου. Πιο πρόσφατα, το κάθετο σκίαστρο Brise έχει γίνει δημοφιλές. Το σύστημα επιτρέπει στον ήλιο χαμηλής στάθμης, να εισέρχεται σε ένα κτίριο τα πρωινά, τα βράδια και τον χειμώνα, αλλά διακόπτουν το άμεσο φως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



Εικόνα 12. «Ροή νερού μέσα από μια οθόνη φυτών, από νερό άρδευσης μέσω του εδάφους και διαπνοή από το φυτό με αποτέλεσμα την ψύξη του αέρα. Πηγή: Ambius White Paper Plants in “Green Buildings” Kenneth Freeman International Technical Director (Plants in Green Buildings.decrypted.pdf)»

Η ακριβής κλίμακα του αποτελέσματος είναι δύσκολο να προβλεφθεί σε εσωτερικούς χώρους, καθώς παράγοντες όπως η ροή του αέρα ποικίλλουν σημαντικά - μπορεί να υπάρχουν τοπικές περιοχές υψηλής ροής αέρα και άλλες σχετικής στασιμότητας, και αυτός ο αέρας μπορεί να είναι ένα μείγμα φρέσκου και ανακυκλωμένου αέρα.

Ωστόσο, η μεγάλης κλίμακας φυτεύσεις εσωτερικού σε αίθρια θα έχει μετρήσιμη επίδραση στη θερμοκρασία, όπως έχει αποδειχθεί σε μεγάλο αριθμό ψηλών κτιρίων σε όλο τον κόσμο και με τα κτίρια που κατασκευάζονται σύμφωνα με τις αρχές «Green Solar Architecture» του Schempp. Τα φυτά μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη διατήρηση του φρέσκου αέρα στα κτίρια και στο βέλτιστο επίπεδο υγρασίας μεταξύ 40% και 60%. Εικόνα 13.



Εικόνα 13. «Τοπική υγρανση γύρω από τον θόλο ενός δέντρου. Πηγή: Ambius White Paper Plants in “Green Buildings” Kenneth Freeman International Technical Director (Plants in Green Buildings.decrypted.pdf)»

Σε σχέδια μεγάλης κλίμακας, όπως αυτά που είναι ενσωματωμένα στο κέλυφος ενός κτιρίου, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, ειδικά σε εκείνα τα κτίρια που είναι εξοπλισμένα με συστήματα κλιματισμού, το αποτέλεσμα είναι συχνά μικρό και εντοπισμένο καθώς η υπερβολική υγρασία συχνά απομακρύνεται γρήγορα.

Η υγρανση με διαπνοή (η μεταφορά του νερού μέσω του φυτού, από τη ρίζα στο φύλλο και έξω στην ατμόσφαιρα) διέπεται από τα είδη, τα επίπεδα φωτός, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Όσο πιο δραστήριο είναι το φυτό, τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός διαπνοής. Αντίστροφα, φυτά που βρίσκονται υπό πίεση, π.χ. υπό επίθεση από παράσιτα ή πολύ ξηρά, συχνά μειώνουν τη διαπνοή κλείνοντας τους πόρους (στομάτα) στα φύλλα τους. Επομένως, το μεγαλύτερο όφελος προέρχεται από υγιή, καλά συντηρημένα φυτά. Ο δεύτερος μηχανισμός είναι η εξάτμιση από το έδαφος, η οποία έχει τοπική υγραντική δράση. Ο ξηρός αέρας τείνει να είναι μεγαλύτερο πρόβλημα τους χειμερινούς μήνες, όταν ο εξαερισμός από το εξωτερικό (ακόμη και αν είναι διαθέσιμος) μειώνεται και η θέρμανση αυξάνεται. ([Plants in Green Buildings.decrypted.pdf](#))

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΩΣΙΜΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ. ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΝΤΩΝ

Περίληψη

Όσον αφορά τη ρύπανση, η βιομηχανία της μόδας έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στον κόσμο. Όχι μόνο ρυπαίνει, αλλά τα υλικά που αποτελούν τα κοινά υφάσματα, επηρεάζουν άμεσα και συμβάλλουν στην: κατανάλωση νερού, μικροπλαστική ρύπανση, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, υποβάθμιση του εδάφους, καταστροφή τροπικών δασών και, τέλος, απόβλητα επικών διαστάσεων υγειονομικής ταφής. Από τη θετική πλευρά, τα φιλικά προς το περιβάλλον υφάσματα είναι εύκολο να βρεθούν και οι μάρκες που τα χρησιμοποιούν διακυβεύουν την αξίωση τους για ένα καλύτερο μέλλον μόδας.¹⁰

Sustainable Natural And Vegan Fabrics	Vegan, Synthetic Fabrics
<ul style="list-style-type: none">▪ Organic Cotton▪ Recycled Cotton▪ Organic Hemp▪ Organic Linen▪ Organic Bamboo (Bamboo Linen)▪ Cork	<ul style="list-style-type: none">▪ ECONYL▪ Recycled polyester
Sustainable Semi Synthetic Fabrics (Mostly Vegan)	Animal Derived Natural Fabrics (Sustainable Depending On Source)
<ul style="list-style-type: none">• Lyocell• Modal▪ Bamboo Lyocell▪ EcoVero▪ Pinatex▪ Scoby Leather▪ S.Cafe▪ Qmonos▪ Brewed Protein▪ Apple leather▪ Weocoa▪ Cupro▪ QMilk	<ul style="list-style-type: none">• Sheep Wool• Merino Wool• Alpaca Wool• Cashmere• Camel• Yak Wool• Vegetable Tanned Leather▪ Down▪ Silk

Εικόνα 14. «Πίνακας βιώσιμων υφασμάτων, πηγή : <https://www.sustainablejungle.com/sustainable-fashion/sustainable-fabrics/>»

¹⁰ <https://www.sustainablejungle.com/sustainable-fashion/sustainable-fabrics/>

PET=polyethylene terephthalate

Το PET, είναι μια μορφή πολυεστέρα (όπως ακριβώς και το ύφασμα των ρούχων). Είναι εξωθημένο ή χυτευμένο σε πλαστικά μπουκάλια και δοχεία για τη συσκευασία τροφίμων και ποτών, προϊόντων προσωπικής φροντίδας και πολλών άλλων καταναλωτικών προϊόντων¹¹

5.1 Η πρώτη συλλογή υφασμάτων **τέντας** από ανακυκλωμένο PET

Το μοντέρνο "βασικό μπλε". Η weinor λάνσαρε την πρώτη συλλογή βιώσιμων υφασμάτων **τέντας** στον κόσμο από 85 τοις εκατό ανακυκλωμένο PET. Το μοντέρνο "βασικό μπλε" είναι κατασκευασμένο από Tempotest Starlight Blue, ένα αντηλιακό ύφασμα από την Parà Tempotest πιστοποιημένο σύμφωνα με το Global Recycled Standard (GRS). Η συλλογή αναπτύχθηκε σε μια συνεργασία μεταξύ του στούντιο σχεδιασμού weinor και του Parà Tempotest. Σε σύγκριση με τα συμβατικά καλύμματα τεντών από πολυεστέρα, εντυπωσιάζει με μια σημαντικά καλύτερη περιβαλλοντική ισορροπία όσον αφορά την ενέργεια, τις εκπομπές CO₂ και την κατανάλωση νερού. Το μοντέρνο βασικό μπλε πληροί τα υψηλότερα πρότυπα ποιότητας και συνεχίζει την προηγούμενη επιτυχημένη συλλογή μοντέρνων βασικών στοιχείων με ελκυστικά σχέδια για μοντέρνα υπαίθρια ζωή.

Με τη νέα συλλογή υφασμάτων τεντών, η weinor προσφέρει το πιο βιώσιμο ύφασμα **τέντας** στην αγορά σήμερα, θέτοντας νέα πρότυπα στον κλάδο. «Εδώ συνδυάζονται 60 χρόνια εμπειρίας τεντών και σχεδιασμού με 100 χρόνια τεχνογνωσίας στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα από τον Ιταλό συνεργάτη παραγωγής μας Parà», λέει ο Διευθύνων Σύμβουλος της weinor Thilo Weiermann. Αναπτύχθηκε για χρήση σε εξωτερικούς χώρους, η συλλογή υφασμάτων **τέντας** είναι κατάλληλη για όλες τις τέντες με πτυσσόμενο βραχίονα και θερμοκήπιο weinor καθώς και για την τέντα πέργκολας Plaza Viva και την πλαϊνή τέντα Paravento. Τα βιώσιμα υφάσματα διατίθενται αποκλειστικά από την weinor και είναι διαθέσιμα από τον Φεβρουάριο του 2021.

«Ξεκινήσαμε μαζί το έργο ενός βιώσιμου υφάσματος **τέντας** με βάση τη συνεργασία πολλών ετών, τις επιτυχημένες προηγούμενες συλλογές και την εκτενή εμπειρία της weinor με το βαμμένο με κλωστήρα πολυεστερικό ύφασμα Tempotest Starlight», αναφέρει ο Matteo Parravicini, Διευθύνων Σύμβουλος της Parà. "Η μοντέρνα βασική μπλε συλλογή από Tempotest Starlight blue είναι το αποτέλεσμα αυτής της συνεργασίας."

5.1.1 Βιώσιμο και υψηλής ποιότητας αντηλιακό ύφασμα

Το σύγχρονο βασικό μπλε αποτελείται από ένα υψηλής ποιότητας πολυεστερικό αντηλιακό ύφασμα που παράγεται με βιώσιμο τρόπο και εξοικονομεί πόρους. Συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος, καθώς η παραγωγή του είναι εξαιρετικά ενεργειακά αποδοτική λόγω της ανακύκλωσης PET: η παραγωγή του χρησιμοποιεί περίπου 60 τοις εκατό λιγότερη ενέργεια και

¹¹ <https://www.ehibatemansbay.com.au/post/new-sustainable-awning-fabrics>

προκαλεί περίπου 45 τοις εκατό λιγότερες εκπομπές CO₂ από την παραγωγή άλλων πολυεστερικών υφασμάτων μέσω της ανακύκλωσης πλαστικών φιαλών μιας χρήσης. Η βαφή για τα νήματα που χρησιμοποιείται σε όλα τα υφάσματα τεντών weinor απαιτεί επίσης περίπου 90 τοις εκατό λιγότερο νερό από τη συμβατική βαφή νήματος ή τεμαχίων. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του προϊόντος του, το μοντέρνο βασικό μπλε δεν είναι σε καμία περίπτωση κατώτερο από τα συνηθισμένα ανθεκτικά και μόνιμα λαμπερά χρώματα της υπάρχουσας συλλογής υφασμάτων weinor.

5.1.2 Υλικά και χαρακτηριστικά κορυφαίας ποιότητας

Το ανακυκλωμένο βασικό υλικό είναι PET ποιότητας τροφίμων, ένα θερμοπλαστικό από την οικογένεια των πολυεστέρων. Η συμπεριφορά ανάκαμψης του υφάσματος βελτιώνεται χάρη στην υψηλή ελαστικότητα του πολυεστέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη δυνατή σταθερότητα του υφάσματος όταν η τέντα επεκτείνεται. Η χρωστική ουσία είναι ήδη ενσωματωμένη στις ίνες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κλώσης μέσω μιας διαδικασίας βαφής με κλωστήρα. Αυτό σημαίνει ότι, σε αντίθεση με τη συμβατική βαφή νήματος ή τεμαχίων, το ύφασμα βάφεται σταθερά και επομένως το χρώμα παραμένει μόνιμα λαμπερό. Ένα υψηλής ποιότητας φινιρίσμα από τεφλόν κάνει το ύφασμα μη ευαίσθητο στους ρύπους. Η επιφάνεια είναι απωθητική για το λάδι, το νερό και τη βρωμιά καθώς και αποτρέπει τη σήψη. Καθώς όλα τα υφάσματα της συλλογής υφασμάτων **τέντας** είναι κατασκευασμένα από Tempotest Starlight blue, είναι πιστοποιημένα σύμφωνα με το Oeko-Tex Standard 100 και μπλοκάρουν περίπου το 98 τοις εκατό της υπεριώδους ακτινοβολίας με Συντελεστή προστασίας υπεριώδους ακτινοβολίας (UPF) 50+.

5.1.3 Μοντέρνα μοτίβα για νέες ομάδες αγοραστών

Το σύγχρονο Basic Blue είναι σήμα κατατεθέν. Η νέα συλλογή υφασμάτων **τέντας** από το weinor design studio περιλαμβάνει 16 μοντέρνα σχέδια. Όπως και η πολύ επιτυχημένη προκάτοχός του συλλογή από το δημιουργικό εργαστήρι της weinor, το μοντέρνο βασικό μπλε απευθύνεται επίσης σε μια ομάδα αγοραστών με σαφή προτίμηση στο μοντέρνο σχεδιασμό σπιτιού. Τα απλά χρώματα που βασίζονται σε δημοφιλή μπεστ σέλερ επικεντρώνονται σε διαχρονικές αποχρώσεις του γκρι και της άμμου. Νέα trend χρώματα είναι επίσης διαθέσιμα εδώ, εκτός από τα κλασικά. Ένα άλλο απλό σχέδιο σε μοντέρνο πετρόλ αναδεικνύει τις χρωματικές τάσεις στη ζωή στο σπίτι. Σε αυτό προστίθενται απλά σχέδια σε έντονα χρώματα του ήλιου ή κομψό ασημί γκρι με νέο εφέ slub, μια στιβαρή δομή παρόμοια με αυτή του ακατέργαστου λινού. Αυτά τα μοτίβα είναι ιδιαίτερα αναίσητα και διακρίνονται από φυσική εμφάνιση. Τα δημοφιλή σχέδια μπλοκ weinor σε αποχρώσεις του γκρι με ρίγες σε αντίθεση είναι τώρα διαθέσιμα σε τέσσερις εκδόσεις ως επανάληψη 30 cm. Ως αποτέλεσμα, είναι ιδανικά και για μεγάλα συστήματα. Για όλους εκείνους που τους αρέσουν τα πράγματα λίγο πιο ζωντανά, αλλά δεν θέλουν να κάνουν χωρίς μια σύγχρονη εμφάνιση, το weinor προσφέρει μια νέα ερμηνεία κλασικών μοτίβων με πολύ δημοφιλή δημιουργικά σχέδια.

5.1.4 Η βιωσιμότητα ως μέρος της εταιρικής ευθύνης

Ο Ιταλός παραγωγός υφασμάτων Parà έχει επενδύσει στη βιώσιμη παραγωγή και την προστασία του περιβάλλοντος εδώ και πολύ καιρό. «Στο εργοστάσιο Pontirolo, για παράδειγμα, μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων ανακυκλώνει το νερό διεργασίας, τα ηλιακά συστήματα παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια και μια συνδυασμένη μονάδα θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας παράγει θερμότητα και ατμό», αναφέρει ο Matteo Parravicini, «Το Tempotest Starlight blue είναι επομένως άλλο ένα ορόσημο για την Parà. να παράγουμε με βιώσιμο τρόπο, φιλικό προς το περιβάλλον και την εξοικονόμηση πόρων». Γενικά, τα προϊόντα προστασίας από τον ήλιο και τις καιρικές συνθήκες συνδέονται στενά με την ιδέα του φυσικού κλιματισμού: τα αυτοματοποιημένα συστήματα αντηλιακής προστασίας αποτρέπουν ιδίως την υπερθέρμανση των χώρων διαβίωσης και συμβάλλουν στη μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τον κλιματισμό. Η ειδική ανθεκτικότητα των προϊόντων weinor, τα οποία ανέκαθεν σχεδιάζονταν για μέγιστη διάρκεια ζωής, συμβάλλει επίσης σε αυτήν την ιδέα βιωσιμότητας. Το μυστικό πίσω από αυτό είναι απλώς τεχνολογίες υψηλής ποιότητας και υλικά πρώτης κατηγορίας.

«Το θέμα της βιωσιμότητας και της ευθύνης, ή η Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη, είναι μια συνεπής γραμμή σε πολλούς τομείς της εταιρείας μας», επιβεβαιώνει ο Διευθύνων Σύμβουλος Thilo Weiermann. "Η Weinor δίνει προσοχή στη σταθερή ανάπτυξη, την ευημερία των εργαζομένων της, το περιβάλλον στις τοποθεσίες της, καθώς και το περιβάλλον και την προστασία του κλίματος. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να σταθμίσουμε ποια δράση ταιριάζει καλύτερα εν όψει της συνολικής μας ευθύνης. Πρέπει να αναπτύξουμε ακόμα πιο πρωτοποριακές λύσεις για το περιβάλλον μας», λέει ο Weiermann. «Πιστεύουμε ότι κάνουμε ένα βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση με τα υφάσματα από το μοντέρνο βασικό μπλε».

5.2 Η διαδικασία πίσω από το πρωτοποριακό υλικό ECONYL.

Για να καλύψουμε τα βασικά ερωτήματα για το ανακυκλωμένο υλικό ECONYL, (από τους μεγάλους ενόχους των συνθετικών υφασμάτων), είναι απλώς ανακυκλωμένο νάιλον.

Είναι όμως το νάιλον φιλικό προς το περιβάλλον ;

Χρησιμοποιεί συνθετικά απόβλητα από πλαστικό των ωκεανών, εγκαταλελειμμένα δίχτυα ψαρέματος, απορρίμματα υφάσματος τα οποία διαμορφώνονται σε νέο νάιλον ύφασμα. Αν και έχει ακριβώς την ίδια αίσθηση με το νάιλον, αυτό το ύφασμα είναι κατασκευασμένο με σύστημα κλειστού βρόχου και δεν απαιτεί τόσο πολύ νερό. Αν και υπάρχει ενθουσιασμός με αυτό το ύφασμα και όλες τις δυνατότητές του, πχ για οικολογικά μαγιό, εξακολουθεί να έχει συσχετιστεί με μερικά από αυτά τα ενοχλητικά μικροπλαστικά που καταλήγουν στους υδάτινους πόρους.

Ωστόσο έχει Πιστοποιήσεις και πρότυπα από το: Παγκόσμιο Πρότυπο Ανακύκλωσης, Πρότυπο Ανακυκλωμένου Περιεχομένου (RCS) και Oeko-Tex 100.

Οι μάρκες μόδας και οι παραγωγοί χαλιών χρησιμοποιούν αναγεννημένο νάιλον ECONYL για να δημιουργήσουν ολοκαίνουργια προϊόντα. Και αυτό το νάιλον έχει τη δυνατότητα να ανακυκλώνεται διαρκώς, χωρίς να χάσει ποτέ την ποιότητά του. Ο στόχος είναι ότι όταν όλα τα προϊόντα που

περιέχουν ECONYL δεν είναι πλέον χρήσιμα για τους πελάτες, μπορούν να επιστρέψουν στο πρώτο βήμα του Συστήματος Αναγέννησης.

5.2.1 Οι πηγές αποβλήτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αναγεννημένου ναυλον econyl.

5.2.1.1 Παλιά χαλιά που προορίζονται για χωματερές

Κάθε χρόνο στις ΗΠΑ, 4 δισεκατομμύρια λίβρες χαλιού απορρίπτονται στις χωματερές. Ο Όμιλος Aquafil έχει δεσμευτεί να συμβάλει στη μείωση αυτών των απορριμμάτων εφαρμόζοντας μια εφοδιαστική αλυσίδα κλειστού βρόχου όπου τα χαλιά ανακυκλώνονται.

Το Aquafil διαθέτει δύο εγκαταστάσεις ανακύκλωσης χαλιών - στο Φοίνιξ και στο Γούντλαντ της Καλιφόρνια - που μπορούν να επεξεργαστούν έως και 36 εκατομμύρια λίβρες χαλιού ετησίως και να σπάσουν τα παλιά χαλιά σε τρία κύρια συστατικά: πολυπροπυλένιο (PP), νάιλον 6 και ανθρακικό ασβέστιο.

1. Το νάιλον 6 αποστέλλεται στη Διαδικασία Αναγέννησης ECONYL® στη Σλοβενία μαζί με άλλα απόβλητα, όπως ανακυκλωμένα δίχτυα ψαρέματος ή υπολείμματα υφασμάτων, για την κατασκευή νάιλον ECONYL για άπειρες χρήσεις.
2. Το πολυπροπυλένιο (χρησιμοποιείται κυρίως για την επένδυση χαλιών) πηγαίνει στην παραγωγή χύτευσης με έγχυση.
3. Το ανθρακικό ασβέστιο (χρησιμοποιείται για τη σταθεροποίηση του χαλιού) μπαίνει στην οδοποιία και το σκυρόδεμα.

Επιπλέον, χάρη στην πρωτοποριακή συνεργασία με την Tarkett , οι δύο εταιρείες κλείνουν τον κύκλο των εμπορικών πλακιδίων χαλιών και στην Ευρώπη .

Η Tarkett έχει αναπτύξει πρωτοποριακή τεχνολογία στις εγκαταστάσεις της στο Waalwijk και είναι πλέον σε θέση να διαχωρίσει τα δύο κύρια συστατικά των πλακιδίων χαλιών - το νήμα και το υπόστρωμα, διατηρώντας παράλληλα περισσότερο από 95% καθαρότητα νήματος. Αυτό το επίπεδο καθαρότητας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση ότι το πολυαμίδιο 6 (PA6) μετατρέπεται σε αναγεννημένο νήμα από νάιλον ECONYL.

Τώρα, η συνεργασία κάνει τον κύκλο της, με την Aquafil να προμηθεύεται νήματα PA6 μετά τη χρήση από την Tarkett για να δημιουργήσει το αναγεννημένο νήμα ECONYL.

5.2.1.2 Δίχτυα ψαρέματος από υδατοκαλλιέργεια, ιχθυοβιομηχανία και δίχτυα φαντάσματα

Το 1990 κατά την έρευνα για προϊόντα από νάιλον 6 στο τέλος του κύκλου ζωής τους για την παραγωγή νάιλον ECONYL, διαπιστώθηκε ότι τα δίχτυα ψαρέματος ήταν μια σημαντική πηγή του συστατικού.

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι αλιευτικών δικτύων για ανακύκλωση υπάρχουν: δίχτυα από τους ωκεανούς που διασώθηκαν από εθελοντές δύτες και δίχτυα που προέρχονται από υδατοκαλλιέργειες και βιομηχανίες ψαριών. Είναι γεγονός ότι παράγεται μεγάλη ποσότητα δικτύων αλιείας για ιχθυοκαλλιέργειες και ότι αντικαθίστανται συχνά αυτό.

Ενώ το ενδιαφέρον είναι στον κλάδο της αλιείας, ανακαλύφθηκε το σχετικό περιβαλλοντικό πρόβλημα των δικτύων φαντασμάτων στις θάλασσες και τους ωκεανούς. Έτσι δημιουργήθηκε το Healthy Seas Foundation. Το Healthy Seas, ένα ταξίδι από τα απόβλητα στη φθορά, είναι μια πρωτοβουλία που ίδρυσε η Aquafil το 2013 με μια άλλη επιχείρηση (Star Sock) και μια ΜΚΟ.

Σκοπός της πρωτοβουλίας είναι να καθαρίσει τους ωκεανούς και τις θάλασσες από θαλάσσια απορρίμματα, όπως εγκαταλελειμμένα δίχτυα που ευθύνονται για τον άσκοπο θάνατο των θαλάσσιων ζώων.

Τα δίχτυα που ανακτήθηκαν σε σημεία συλλογής από τον πυθμένα της θάλασσας από εθελοντές δύτες καθαρίζονται και ταξινομούνται πρώτα και στη συνέχεια αποστέλλονται στο εργοστάσιο αναγέννησης της Aquafil στη Σλοβενία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΦΥΚΙΑ, ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΦΥΤΕΥΤΟΥΝ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ. ΠΙΘΑΝΗ ΧΡΗΣΗ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Περίληψη

Η κάθετη γεωργία είναι μία από τις πολλές ιδέες που αναπτύσσονται περαιτέρω από διάφορες ερευνητικές ομάδες, εταιρείες και ιδιώτες. Λόγω των αυξανόμενων προβλημάτων αστικοποίησης και του αυξανόμενου πληθυσμού, η κάθετη γεωργία έχει παρουσιαστεί ως μια ευκαιρία για τη διατροφή των ανθρώπων, ιδιαίτερα σε μεγάλες πυκνές και πολυσύχναστες πόλεις, με αποτελεσματικό αλλά και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Είναι ενδιαφέρον ότι, ενώ τα αγρο-κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα χρησιμοποιούνται συχνά στη γεωργία και είναι διαθέσιμα για αγορά, για παράδειγμα, ως πλαίσια για μικρές κάθετες γεωργικές λύσεις για ιδιωτικά μπαλκόνια, μόνο λίγοι επιστήμονες έχουν μελετήσει τις δυνατότητες χρήσης υφασμάτων ως υποστρωμάτων για λύσεις κάθετης καλλιέργειας.

6.1 . Εισαγωγή

Σύμφωνα με τις τελευταίες προοπτικές του παγκόσμιου πληθυσμού, ο παγκόσμιος πληθυσμός θα αυξάνεται συνεχώς τις επόμενες δεκαετίες¹². Η καταπολέμηση της πείνας και του υποσιτισμού θα γίνει πιο δύσκολη από ό,τι είναι σήμερα, ειδικά στις φτωχότερες χώρες όπου η πληθυσμιακή αύξηση αναμένεται να είναι στο υψηλότερο επίπεδο. Αλλά ακόμη και σε πιο ευημερούσες χώρες, ολόκληρη η γεωργική έκταση συχνά δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού σε τρόφιμα.¹³ Για παράδειγμα, μια πρόσφατη στατιστική έρευνα δείχνει ανάγκη για **18,3** x 10⁶ εκτάρια για την παραγωγή τροφίμων στη Γερμανία για το 2016, ενώ μόνο τα **14,0** x 10⁶ από τα 16,7 x 10⁶ εκτάρια που είναι το σύνολο των διαθέσιμων γεωργικών εκτάσεων, χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή τροφίμων. Το φαγητό που λείπει, αντιστοιχεί στη **διαφορά των 4,3** x 10⁶ εκταρίων, όπου αγοράστηκε από το εξωτερικό¹⁴

Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους η κάθετη γεωργία αποτελεί προσελκύνει μεγάλο ενδιαφέρον για έρευνα και ανάπτυξη. Η κάθετη γεωργία είναι ένας τύπος γεωργίας που επικεντρώνεται στην καλλιέργεια λαχανικών. Υπάρχουν μερικές πιθανές εφαρμογές για το ύφασμα ως υπόστρωμα κάθετης καλλιέργειας. Το ύφασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ψηλά κτίρια ως τρόπος διατήρησης των φυτών σε ελεγχόμενο περιβάλλον ή ως τρόπος φιλτραρίσματος του ηλιακού φωτός και του αέρα. Επιπλέον, το ύφασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τρόπος για να δημιουργηθεί ένας

¹² United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248, 2007.

¹³ Global Hunger Index [online]. Results – Global, Regional, and National Trends [accessed 31. 12. 2018]. Available on World Wide Web: <http://www.globalhungerindex.org/results/>.

¹⁴ MAYER, Helmut, SCHUH, Marc, FLACHMANN, Christine. Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2008–2016. Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018, no. 5385101-16900-4.

εσωτερικός κήπος. Μια άλλη επιλογή είναι να υπάρχουν πολλοί όροφοι που χρησιμοποιούνται για τη γεωργία. Αυτό θα μπορούσε να γίνει σε μικρότερη κλίμακα ή σε μια μεγάλη δομή που μοιάζει με ράφι. Το νερό συχνά μετακινείται από υψηλότερα επίπεδα σε χαμηλότερα επίπεδα μέχρι να φτάσει στο χαμηλότερο επίπεδο και αντλείται πίσω στο υψηλότερο επίπεδο, επιτυγχάνοντας ιδανικά ένα κλειστό σύστημα ανακύκλωσης νερού. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, οι ουρανοξύστες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την καλλιέργεια λαχανικών. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει ένα εστιατόριο ή ένα σουπερ μάρκετ όπου πωλούνται λαχανικά. Τα λαχανικά συλλέγονται από διαδρόμους ανάμεσα στα ράφια όπου καλλιεργούνται σε μικρότερη κλίμακα. Η Pinstруп-Andersen επεσήμανε πρόσφατα ότι η κάθετη γεωργία σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να υποστηρίξει βελτιωμένη διατροφή, μειωμένη κατανάλωση νερού και μειωμένους κινδύνους που σχετίζονται με την υπαίθρια καλλιέργεια λόγω της αυξανόμενης κλιματικής αλλαγής και των ακραίων καιρικών συνθηκών.¹⁵

Στις αστικές περιοχές, η κάθετη γεωργία μπορεί να προσφέρει κάποιο βαθμό ανεξαρτησίας.¹⁶ Είναι ενδιαφέρον ότι η κάθετη γεωργία μπορεί ακόμη και να ανταγωνιστεί οικονομικά με τα φρέσκα τρόφιμα που καλλιεργούνται σε θερμοκήπια, παρά το υψηλό κόστος του τεχνητού φωτισμού¹⁷. Από τεχνική άποψη, σχετικά νέες τεχνολογίες όπως **hydroponics, aeroponics και aquaponics** διευκολύνουν την αποτελεσματική γεωργία στην πόλη¹⁸.

Η υδροπονία είναι μια τεχνολογία υδροκαλλιέργειας που χρησιμοποιείται για να αναπτυχθούν φυτά χωρίς χώμα, δηλαδή σε νερό με πρόσθετα θρεπτικά συστατικά, πιθανώς με χρήση περλίτη ή παρόμοιας δομής, για τη στήριξη των ριζών των φυτών.

Η Aeroponics προχωρά ένα βήμα παραπέρα και αναπτύσσει φυτά σε υγρό αέρα ή ομίχλη χωρίς να εισάγει ρίζες στο νερό.

Τέλος, η aquaponics υιοθετεί μια διαφορετική προσέγγιση δημιουργώντας μια συμβίωση μεταξύ των φυτών και των υδρόβιων ζώων, όπου το νερό και τα ζωικά υποπροϊόντα χρησιμοποιούνται ως πηγή διατροφής για τα φυτά. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τοποθεσία και ο σχεδιασμός των τεχνολογιών τροφίμων πρέπει να προσαρμόζονται προσεκτικά για την επίτευξη βιώσιμου εφοδιασμού τροφίμων.^{19, 20}

¹⁵ PINSTRUP-ANDERSON, Per. Is it time to take vertical indoor farming seriously? *Global Food Security*, 2018, 17, 233–235, doi: 10.1016/j.gfs. 2017.09.002.

¹⁶ NUSZKIEWICZ, Krystyna, JARMUSZ, Malgorzata. Envisioning urban farming for food security during the climate change era. Vertical farm within highly urbanized areas. *IOP Conference Series – Materials Science and Engineering*, 2017, 245, 052094, doi: 10.1088/1757-899X/ 245/5/052094.

¹⁷ EAVES, James, EAVES, Stephan. Comparing the profitability of a greenhouse to a vertical farm in Quebec. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2018, 66(2), 43–54, doi: 10. 1111/cjag.12161. 7.

¹⁸ AL-KODMANY, Kheir. The vertical farm: A review of developments and implications for the vertical city. *Buildings*, 2018, 8(2), 24, doi: 10. 3390/buildings8020024. .

TOULIATOS, Dionysios, DODD, Ian, C., McAINSH, Martin. Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics. *Food and Energy Security*, 2016, 5(3), 184–191, doi: 10.1002/fes3.83.

DESPOMMIER, Dickson. Farming up the city: the rise of urban vertical farms. *Trends in Biotechnology*, 2013, 31(7), 388–389

¹⁹ L-CHALABI, Malek. Vertical farming: Skyscraper sustainability? *Sustainable Cities and Society*, 2015, 18, 74–77, doi: 10.1016/j.scs.2015. 06.003.

²⁰ KERNER, Martin. Anaerobic domestic waste water treatment coupled to a bioreactor facade for the production of biogas, heat and biomass. In *Powerskin Conference : proceedings. Munich, Germany*, 2017.

Παρά αυτά τα πλεονεκτήματα και ακόμη και την πιθανή αναγκαιότητα κάθετης γεωργίας που θα μπορούσε να αναφερθεί μόνο εν συντομία εδώ, υπάρχει εκπληκτικά λίγη διαθέσιμη βιβλιογραφία σχετικά με τις νέες τεχνολογίες ειδικά για κάθετη γεωργία. Παρά τα πλεονεκτήματα αυτών των νέων τεχνολογιών, υπάρχει εκπληκτικά λίγη βιβλιογραφία σχετικά με τον τρόπο χρήσης τους για κάθετη γεωργία. Ακόμη και υφάσματα γνωστά ως αγροϋφάσματα, που χρησιμοποιούνται για την προστασία διαφόρων φυτών από τον άνεμο, τις χαμηλές θερμοκρασίες ή τα έντομα, δεν εμφανίζονται στη θετική γεωργική βιβλιογραφία. Το συγκεκριμένο άρθρο παρέχει μια σύντομη επισκόπηση των πιθανών χρήσεων διαφορετικών υφασμάτων για εφαρμογές κάθετης γεωργίας, όπως η καλλιέργεια φυτών και φυκιών.

6.2. Υφάσματα για φύκια προς ακινητοποίηση και συγκομιδή

α φύκια είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν είτε ως απλά φυτά είτε ως είδη που μοιάζουν με φυτά. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από φύκια, από τα μικρότερα μικροφύκη, όπως το *Chlamydomonas reinhardtii*, το οποίο είναι γνωστό για το ρόλο του στη φωτοσύνθεση ή το μεταβολισμό του αμύλου, μέχρι τα μεγάλα φύκια που σχηματίζονται από κόκκινα, καφέ ή πράσινα μακροφύκη. Πολλά φύκια μελετώνται για την ικανότητά τους να παράγουν χλωροφύλλη, καροτενοειδή, φουκοϊδάνια και άλλα υγιεινά συστατικά. Άλλοι τύποι φυκιών μπορούν να καταναλωθούν, να χρησιμοποιηθούν στα καλλυντικά, να παρέχουν πηγή βιοαιθανόλης και να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό των λυμάτων. Τα φύκια έχουν μεγάλες δυνατότητες για χρήση στη γεωργία και πολλά είδη καλλιεργούνται ήδη σε μεγάλη κλίμακα σε ασιατικές χώρες όπως η Ιαπωνία, η Κίνα, ή η Κορέα. Στις νέες προσεγγίσεις για την ανάπτυξη φυκιών σε κάθετη διάταξη, όπως το BIQ Algen-haus²¹, η βιβλιογραφία αναφέρει κυρίως τις **κοινές μεθόδους ανάπτυξης** μέσω της χρήσης βιοαντιδραστήρων στρογγυλών δεξαμενών.

Συσχετισμοί φυκιών με υφάσματα, δύσκολα βρίσκονται στη βιβλιογραφία. Ο Kerrison μαζί με άλλους **περιγράφουν τα υφάσματα ως υποστρώματα** για τα μακροφύκη *Saccharina latissimi*, που σπάρθηκαν σε υφάσματα σε διάφορα στάδια ανάπτυξης. Τα μακροφύκη που σχηματίζουν φύκια προσαρτήθηκαν σε ένα σχοινί από πολυεστέρα και δημιουργήθηκε το μη υφαντό ύφασμα που προέκυψε. Η διευκόλυνση της ανάπτυξης των φυκιών σε ένα αγρόκτημα φυκιών σε πρώιμο στάδιο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη παραγωγή βιομάζας και μειωμένη εξάρτηση από τους μήνες εκκολαπτηρίου.²²

Τα φύκια *Gayralia sp.* μελετήθηκαν από τους Pellizzari μαζί με άλλους. Βρήκαν **δίχτυα πολυπροπυλενίου** τοποθετημένα κοντά σε ένα περιθώριο μαγκρόβιου²³ σε κόλπο στη νότια Βραζιλία όπου πραγματοποίησαν το πείραμά τους σε ενεργοποιημένη καλλιέργεια με χρήση απλής τεχνολογίας

²¹ KERNER, Martin. Anaerobic domestic waste water treatment coupled to a bioreactor facade for the production of biogas, heat and biomass. In Powerskin Conference : proceedings. Munich, Germany, 2017.

²² KERRISON, Philip D., STANLEY, Michele S., HUGHES, Adam D. Textile substrate seeding of *Saccharina latissimi* sporophytes using a binder: An effective method for the aquaculture of kelp. *Algal Research*, 2018, 33, 352–357, doi: 10.1016/j.algal.2018.06.005.

²³ Μαγκρόβιο δάσος ονομάζεται ένα είδος δάσους των υποτροπικών και τροπικών θαλάσσιων ακτών που κυριαρχείται από ανεκτικά στο αλάτι ξυλώδη φυτά, όπως τα *Rizophora* και *Avicennia*.

και ως αποτέλεσμα είχε τον ικανοποιητικό ρυθμό ανάπτυξης φυκιών. Αυτό παρείχε στους ντόπιους κατοίκους ένα ασφαλές εισόδημα.

Ένα φωτοβιοχημικό σύστημα που συνδυάζει μια μικροβιακή κυψέλη καυσίμου με την ανάπτυξη φυκιών για την επεξεργασία των λυμάτων προτάθηκε από τους Luo et al. Αυτό το σύστημα μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων. Τα ηλεκτρογονικά βακτήρια χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό για να μειώσουν το οξυγόνο και να διασπάσουν τις οργανικές ενώσεις ταυτόχρονα. Τα φύκια παράγουν οξυγόνο μέσω της φωτοσύνθεσης, εξαλείφοντας την ανάγκη για εξωτερικό αερισμό ενώ παράλληλα παρέχουν βιομάζα. Ο Luo και άλλοι συνέκριναν έξι διαφορετικές μεμβράνες πλέγματος με διαφορετικά μεγέθη πόρων προκειμένου να μελετήσουν την επίδραση του μεγέθους των πόρων στην ανάπτυξη των φυκών. Διαπίστωσαν ότι οι μεμβράνες πολυεστέρα ήταν ελαφρώς καλύτερες από τις νάιλον μεμβράνες στην υποστήριξη της ανάπτυξης φυκιών, αλλά τα μικρότερα μεγέθη πόρων είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικά υψηλότερη παραγωγικότητα βιομάζας.

Νάιλον πλέγματα χρησιμοποιήθηκαν επίσης από τον Lee και άλλους στο παρελθόν. Για να αυξηθεί η παραγωγικότητα της βιομάζας των μικροφυκών, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τους διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξή τους.²⁴ Επιπλέον, η συγκομιδή και η αφυδάτωση της βιομάζας των φυκών βρέθηκε ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή, καθώς τα πλέγματα με κολλημένα φύκια θα μπορούσαν απλώς να αφαιρεθούν από την καλλιέργεια.

Εστίαση στα **μικροφύκη, ηλεκτροκλωσμένες νανοϊνικές ψάθες από πολυαμίδιο και πολυακρυλονιτρίλιο** μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν με ένα μη υφασμένο **ύφασμα μικροϊνών πολυπροπυλενίου**²⁵ (Εικόνα 15). Η κυτταρική προσκόλληση, ωστόσο, ήταν κακή, σε αντίθεση με την προηγούμενη μελέτη της *Chlamydomonas reinhardtii* σε πολυσουλφόνη υποστρώματα νανοϊνικών²⁶.

Ο Gross μαζί με άλλους μελέτησαν την επίδραση των υλικών και τις δομές στη σύνδεση των κυττάρων των φυκιών. Εργάστηκαν σε μη καλλιέργεια χωρίς αποστείρωση *Chlorella vulgaris*, σε συνδυασμό με άλλα διαφορετικά φύκια και κυανοβακτηρία, εξετάζοντας διάφορα μέταλλα, πολυμερή και καουτσούκ. Μαζί με τις λείες επιφάνειες, εξέτασαν και πλέγματα με διαφορετικό στοιχείο το μέγεθος των πόρων. Γενικά, πολυπροπυλένιο και νάιλον πλέγματα με ανοίγματα 0,5–1,25 mm βρέθηκαν ιδανικά για την αρχική προσκόλληση κυττάρων και τη μακροπρόθεσμη προσκολλημένη ανάπτυξη²⁷.

Προτάθηκαν διαφορετικές τεχνολογίες για τη συλλογή μικροφυκών. Μεταξύ αυτών, η διήθηση είναι μια τεχνολογία στην οποία υπάρχουν υφαντικά πλέγματα ή μεμβράνες μεταχειρισμένες. Μια

²⁴ LEE, Seung-Hoon, OH, Hee-Mock, JO, BeomHo, LEE, Sang-A, SHIN, Sang-Yoon, KIM, HeeSik, LEE, Sang-Hyup, AHN, Chi-Yong. Higher biomass productivity of microalgae in an attached growth system, using wastewater. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2014, 24(11), 1566–1573, doi: 10.4014/jmb.1406.06057.

²⁵ GROBERHODE, Christina, WEHLAGE, Daria, GROTHE, Timo, GRIMMELSMANN, Nils, FUCHS, Sandra, HARTMANN, Jessica, MAZUR, Patrycja, RESCHKE, Vanessa, SIEMENS, Helena, RATTENHOLL, Anke, HOMBURG, Sarah Vanessa, EHRMANN, Andrea. Investigation of microalgae growth on electrospun nanofiber mats. *AIMS Bioengineering*, 2017, 4(3), 376–685, doi: 10.3934/bioeng.2017.3.376.

²⁶ KESKIN, Nalan Oya San, CELEBIOGLU, Asli, UYAR, Tamer, TEKINAY, Turgay. Microalgae immobilized by nanofibrous web for removal of reactive dyes from wastewater. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2015, 54(21), 5802–5809, doi: 10.1021/acs.iecr.5b01376.

²⁷ ROSS, Martin, ZHAO, Xuefei, MASCARENHAS, Vernon, WEN, Zhiyou. Effects of the surface physico-chemical properties and the surface textures on the initial colonization and the attached growth in algal biofilm. *Biotechnology for Biofuels*, 2016, 9, 38, doi: 10.1186/s13068-016-0451-z.

δυνατότητα είναι η χρήση των λεγόμενων micro strainers, περιστρεφόμενων φίλτρων με λεπτά πλέγματα (πόροι με μέτρηση μεταξύ 35 μm και 62 μm), σε συνδυασμό με συνεχή αντίστροφη πλύση. Ο Wilde μαζί με άλλους πρότεινε ένα διπλού σταδίου μικρο-βαφέα για αύξηση της απόδοσης και κόστους-αποτελεσματικότητας ²⁸.

Το ακριβές μέγεθος των πόρων του πλέγματος για τις εν λόγω μεθόδους φιλτραρίσματος μπορεί να καθοριστεί από το μέγεθος των φυκιών. Η *Chlorella vulgaris* (0,1 μm) μπορεί να συγκομίζονται μέσω μικροϊνοποίησης ²⁹, ενώ για το *Nannochloropsis* χρησιμοποιήθηκε φίλτρο δίσκου μικροϊνών *salina* ³⁰. Σχετικά με την *Chlorella pyrenoidosa*, ο Chu και άλλοι μαζί δούλεψαν σε ένα πλέγμα από ανοξείδωτο χάλυβα όπου οι πόροι είχαν μέγεθος 75 μm , πάνω στο οποίο σχηματίστηκε μια επιφάνεια διατομίτη ως μονάδα δυναμικής μεμβράνης ³¹. Για την αφυδάτωση του *Chlorella vulgaris*, ο Munshi και άλλοι μελέτησαν μία μπροστινή μεμβράνη όσμωσης πολυαιθεροσουλφόνης, που υποστηρίζεται από ένα διαπερατό πλέγμα από πολυπροπυλένιο για πρόληψη της ρήξης της μεμβράνης, σε συνδυασμό με διαφορετικά διαλύματα έλξης, όπως NaCl ή NH₄Cl, και βρήκε αυτόν τον συνδυασμό της μεμβράνης γενικά κατάλληλο ³².

²⁸ WILDE, Edward W., BENEMANN, John R., WEISSMAN, Joseph C., TILLET, David M. Cultivation of algae and nutrient removal in a waste heat utilization process. *Journal of Applied Phycology*, 1991, 3(2), 159–167, doi: 10.1007/BF00003698.

²⁹ SHEKHAR, Mayank, SHRIWASTAV, Amritanshu, BOSE, Purnendu, HAMEED, Shemeera. Microfiltration of algae: impact of algal species, backwashing mode and duration of filtration cycle. *Algal Research*, 2017, 23, 104–112, doi: 10.1016/j.algal.2017.01.013.

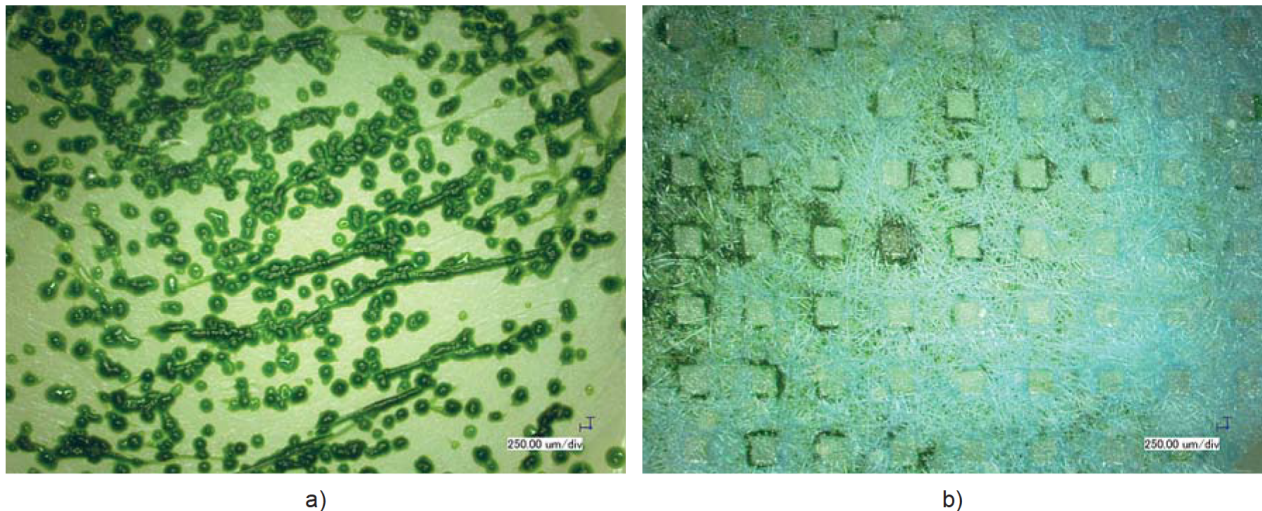
MILLEDGE, John J., HEAVEN, Sonia. A review of the harvesting of micro-algae for biofuel production. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2013, 12(2), 165–178, doi: 10.1007/s11157-012-9301-z.

³⁰ RASHID, Naim, UR REHMAN, Muhammad Saif, SADIQ, Madeha, MAHMOOD, Tariq, HAN, Jong-In. Current status, issues and developments in microalgae derived biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, 40, 760–778, doi: 10.1016/j.rser.2014.07.104

³¹ CHU, Huaqiang, ZHAO, Yangying, ZHANG, Yalei, YANG, Libin. Dewatering of *Chlorella pyrenoidosa* using a diatomite dynamic membrane: Characteristics of a long-term operation. *Journal of Membrane Science*, 2015, 492, 340–347, doi: 10.1016/j.memsci.2015.05.069.

ZHANG, Yalei, ZHAO, Yangying, CHU, Huaqiang, ZHOU, Xuefei, DONG, Bingzhi. Dewatering of *Chlorella pyrenoidosa* using diatomite dynamic membrane: Filtration performance, membrane fouling and cake behavior. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2014, 113, 458–466, doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.09.046

³² MUNSHI, Faris M., CHURCH, Jared, MCLEAN, Rebecca, MAIER, Nicholas, SADMANI, A. H. M. Anwar, DURANCEAU, Steven J., LEE, Woo Hyoung. Dewatering algae using an aquaporin-based polyethersulfone forward osmosis membrane. *Separation and Purification Technology*, 2018, 204, 154–161, doi: 10.1016/j.seppur.2018.04.077.



Εικόνα 15. «Ανάπτυξη του *Chlamydomonas reinhardtii* σε ένα στρώμα νανοϊνών πολυαμιδίου (α) και σε ένα πολυπροπυλένιο μη υφαντό ύφασμα (β). Για μια λεπτομερή περιγραφή των πειραμάτων, πηγή: DE SIMONE, Serena, LOMBARDI, Fiorella Anna, PALADINI, Federica, STARACE, Giuseppe, SANNINO, Alessandro, POLLINI, Mauro. Development of antibacterial silver treatments on HDPE nets for agriculture. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, 132(11), 41623, doi: 10.1002/app.41623 *Tekstilec*, 2019, 62(1), 34-41»

Πρέπει να ειπωθεί, ότι ο αντίθετος στόχος έχει αναφερθεί σε αρκετές δημοσιεύσεις: υφάσματα κλωστοϋφαντουργίας μπορούν επίσης να προετοιμαστούν για την προστασία των κτιρίων από φύκια (ιδιαίτερα σε συνδιασμό με βακτήρια) που αναπτύσσονται πάνω τους ή για να εξυπηρετήσουν άλλες βιοκτόνες λειτουργίες³³.

Ενώ υπάρχουν πολλές πιθανές χρήσεις για δίχτυα, μεμβράνες και διάφορες άλλες υφαντές δομές, δεν βρέθηκε κατά τις αναζητήσεις της υπάρχουσας βιβλιογραφίας ότι τα πλεκτά νήματα στημονιού ή υφαδιού είναι κατάλληλα για την ανάπτυξη και τη συγκομιδή φυκιών.

Ωστόσο, τα φύκια, ιδιαίτερα τα μικροφύκη, ανήκουν σε ένα είδος που μπορεί να έχει μεγάλο ενδιαφέρον για την κάθετη γεωργία, π.χ. για την κάθετη γεωργία στο διάστημα³⁴, ενώ η υπαίθρια καλλιέργεια μυρμηγκοφυκών ανθεκτικών στη θερμοκρασία όπως η *Chlorella sorokiniana* σε στήλη φωτοβιοαντιδραστήρων μπορεί επίσης να αποτελέσουν ερευνητικό αντικείμενο με στόχο τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων³⁵. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα για έρευνα προσκολλημένων φυκών σε διάφορα υφάσματα, που να σχετίζονται με την ανάπτυξη της κάθετης γεωργίας.

³³ RYPAROVÁ, Pavla, RÁCOVÁ, Zuzana. Biocidal efficiency on consortium algae and bacteria of nanofiber textiles doped by biocide substance. In *Nanocon 2015: 7th International Conference on Nanomaterials – Research & Application : proceedings*. Brno, Czech Republic, 2015, pp. 276–281.

³⁴ WHEELER, Raymond M. Agriculture for space: people and places paving the way. *Open Agriculture*, 2017, 2(1), 14–32, doi: 10.1515/opag-2017- 0002

³⁵ BECHET, Quentin, MUNOZ, Raul, SHILTON, Andy, GUIEYSSE, Benoit. Outdoor cultivation of temperature-tolerant *Chlorella sorokiniana* in a column photobioreactor under low power input. *Biotechnology and Bioengineering*, 2013, 110(1), 118–126, doi: 10.1002/bit.24603.

6.3 Υφάσματα για Φυτά

Τα αγρο-υφάσματα χρησιμοποιούνται συνήθως ως καλύμματα, όχι ως υποστρώματα για την καλλιέργεια των φυτών. Αν και πολλά από αυτά είναι ικανά να υποστούν αλλοίωση από την υπεριώδη ακτινοβολία και τις διάφορες κλιματικές συνθήκες, καθώς και να καταστραφούν από μηχανικά εργασία³⁶, τα πλεονεκτήματά τους είναι περισσότερα από τα μειονεκτήματα.

Σε ένα μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, βρέθηκε ότι το μαρούλι μπορεί να αναπτυχθεί καλύτερα εάν καλύπτεται από ένα συνδυασμό από σάπια φύλλα και αγρο-υφάσματα³⁷.

Μελέτες σε εξωτερικούς χώρους έδειξαν ότι ένα αγρούφασμα ή ένα φύλλο πολυαιθυλενίου είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη απόδοση του μαρουλιού στην πρώιμη φάση ανάπτυξης του.³⁸ Σε μια άλλη μελέτη, με ένα υφασμάτινο κάλυμμα, είχε ως αποτέλεσμα, να είναι πιο δυνατά τα φυτά του μαρουλιού, ενώ η κάλυψη με άχυρο είχε ως αποτέλεσμα, δημιουργία πιο αδύναμων φυτών³⁹. Τα υφάσματα Agrotex αποτέλεσαν καταλληλότερη επιλογή από το πλαστικό κάλυμμα για τις φράουλες με υψηλή περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ⁴⁰. Ωστόσο, το παραδοσιακό αχυρόστρωμα είχε ως αποτέλεσμα το καλύτερο μέγεθος και την απόδοση του καρπού⁴¹. Για μια πρώιμη συγκομιδή πατάτας, ένα κάλυμμα από αγροτικά υφάσματα οδήγησε σε μεγαλύτερες πατάτες από ένα κάλυμμα κατασκευασμένο από διάτρητη πλαστική μεμβράνη ή χωρίς καθόλου κάλυμμα⁴².

Από την άλλη, οι περίοδοι της συγκομιδής των φρούτων λίτσι (litchi) θα μπορούσαν να καθυστερήσουν επιτυχώς με σκίαση των δέντρων με agronet 30% ή 50% μετάδοσης φωτός, αποτρέποντας έτσι την ωρίμανση όλων των λιτσι (litchi) μέσα σε λίγες μέρες⁴³.

Πολλές ερευνητικές ομάδες εργάζονται με διαφορετικές προσεγγίσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των απλών υφασμάτων Agrotex. Ο Dan μαζί με συνεργάτες, μελέτησαν ένα νέο υλικό

³⁶ DEMSAR, Andrej, ZNIDARCIC, Dragan, SVETEC, Diana Gregor. Impact of UV radiation on the physical properties of polypropylene fl oating row covers. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10(41), 7998–8006, doi: 10.5897/AJB10.2538

³⁷ OVEDARICA-LUCIC, Aleksandra, MOJEVIC, Mirjana, PERKOVIC, Goran, GOVEDARICA, Branka. Yield and nutritional quality of greenhouse lettuce (*Lactuca sativa* L.) as affected by genotype and production methods. *Genetika*, 2014, 46(3), 1027–1036, doi: 10.9755/ejfa.v25i12.16738.

³⁸ . PONJICAN, O., BAJKIN, A., DIMITRIJEVIC, A., MILEUSNIC, Z., MIODRAGOVIC, R. Th e infl uence of soil mulching and greenhouse covering material on the temperature distribution in lettuce production. In 39th International Symposium on Agricultural Engineering, Actual Tasks on Agricultural Engineering : book of proceedings. Zagreb : Zavod za mehanizaciju poljpri vrede, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2011, 39, pp. 393–401.

³⁹ . NIKOLICH, Ljiljana, DZIGURSKI, Dejana, LJEVNAICH-MASICH, Branka, CABILOVSKI, Ranko, MANOJLOVICH, Maja. Weeds of Lettuce (*Lactuca sativa* L. subsp. *Secalina*) in organic agriculture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2011, 17(6), 736–743.

⁴⁰ R, Sevinc, TUREMIS, Nurgul Fetiye. Effects of various mulch materials on fruit quality characteristics on organically grown strawberries.

⁴¹ MARRE, Michel, PAYETTE, Suzanne, LAREAU, Michel J. Infl uence des couvertures hivernales sur la productivité du fraisier au Québec. *Canadian Journal of Plant Science*, 1992, 72(1), 299–305, doi: 10.4141/cjps92-035.

⁴² BARZ, Katarzyna, BORÓWCZAK, Franciszek, GAJ, Renata, FRIESKE, Tomasz. Eff ects of cover type and harvest date on yield, quality and cost-eff ectiveness of early potato cultivation. *American Journal of Potato Research*, 2015, 92(3), 359–366, doi: 10.1007/s12230-015-9441-0.

⁴³ MITRA, S. K., SARKAR, A., MANDAL, D., PATHAK, P. K. Delaying the ripening of “Bombai” litchi. *Acta Horticulturae*, 2013, 975, 299–302, doi: 10.17660/ActaHortic.2013.975.35.

συνθετικής μορφής κλωστοϋφαντουργίας - υλικό που ήταν ανθεκτικότερο στην υπεριώδη ακτινοβολία και αυξήθηκε περισσότερο η ανάπτυξη του σπανακιού και δύο ποικιλιών μαρουλιού ⁴⁴.

Μια πλεκτική εναλλακτική λύση στα τυπικά μη υφασμένα υφάσματα προτάθηκε από τον Scarlat μαζί με άλλους, οι οποίοι παρασκεύασαν πλεκτά δίχτυα από πολυεστέρα και πολυαμίδιο και βρήκαν καλές μηχανικές ιδιότητες σε σύγκριση με τα τυπικά αγροϋφάσματα ⁴⁵.

Τα καλύμματα γραμμής ή οι επεκτάσεις υφάσματος είναι μια μορφή προστασίας θερμοκηπίων που χρησιμοποιούνται για να κρατούν τα παράσιτα μακριά και τα φυτά ασφαλή από προβλήματα. Μπορούν να τοποθετηθούν ή να εφαρμοστούν για την προστασία των φυτών από τον άνεμο ή τον ήλιο, καθώς και από τα παράσιτα και τους οργανισμούς. Για παράδειγμα, η ποικιλία πεπόνια μελιτώματος, θα μπορούσαν να προστατευθούν από τη λευκή μύγα της γλυκοπατάτας και το πέσιμο φύλλων των φυτών χρησιμοποιώντας διαφορετικά καλύμματα σειρών, με διαφορετική επιτυχία⁴⁶. Για τις τομάτες, το παράσιτο που καταστρέφει της καλλιέργειες είναι οι λευκές μύγες. Σε συνδυασμό με φύτευση αρωματικού βασιλικού μεταξύ των σειρών ντομάτας, ένα κάλυμμα agronet θα μπορούσε να μειώσει τη μόλυνση κατά περισσότερο από τα δύο τρίτα ⁴⁷. Ίδια αποτελέσματα διαπιστώθηκαν όταν τα γαλλικά φασόλια, προφυλάχθηκαν από την ασημένια λευκή μύγα και τις αφίδες μαύρων φασολιών. Τέλος, τα προστατευμένα φυτά με κάλυψη, αναπτύχθηκαν πιο γρήγορα και με υψηλότερη ποιοτική απόδοση ⁴⁸.

Η τελευταία μελέτη έδειξε ότι δεν υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ του προστατευτικού καλύμματος και του εμποτισμένου του δίχτυου, με εντομοκτόνο βάσης αλφακυπερμεθρίνη, μια άλλη μελέτη διαπίστωσε οι λευκές μύγες που εκτέθηκαν σε επεξεργασμένους αγρονίτες με αλφακυπερμεθρίνη διπλασίασε τη θνησιμότητά τους. Για να προφυλαχθούν οι καλλιέργειες από βακτηριακές μολύνσεις, αντιβακτηριακές επικαλύψεις ναοαργύρου τοποθετήθηκαν δίχτυα με υψηλή πυκνότητα πολυαιθυλενίου και μελετήθηκαν σε σύγκριση των αντιβακτηριακών τους ιδιοτήτων σε θετικά gram και αρνητικά gram βακτήρια ⁴⁹.

Τα υφάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια ποικιλία γεωργικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας των φυτών από τις θερμοκρασίες ψύξης, τα έντομα, τις ασθένειες και το φλοιοειδές από τις μονωτικές εφαρμογές φύλλων με πλευρές και την προστασία των νεαρών φυτών από το κρύο. κ.λπ.

⁴⁴ AN, Maria, VISILEANU, Emilia, DUMITRESCU, Iuliana, MOCIOIU, Ana-Maria, RADULESCU, Hortensia Clara, RADULESCU, Radu, LAGUNOVSKI, Viorica Luchian. Manufactures textile cover meant for plant protection in the cold season. In 3rd International Conference on Advanced Materials and Systems : proceedings. Bucharest, Romania : CERTEX, 2010, 33–38.

⁴⁵ SCARLAT, Razvan, RUSU, Leonard, PRICOP, Floarea. Knitted agrotexiles for a sustainable agriculture. *Industria Textila*, 2017, 68(5), 332–336.

⁴⁶ NATWICK, Eric T., LAEMMLEN, Franklin F. Protection from phytophagous insects and virus vectors in honeydew melons using row covers. *Florida entomologist*, 1993, 76(1), 120–126, doi: 10.2307/3496020.

⁴⁷ MUTISYA, Stella, SAIDI, Mwanarusi, OPIYO, Arnold, NGOUAIJO, Mathieu, MARTIN, Thibaud. Synergistic effects of agronet covers and companion cropping on reducing whitefly infestation and improving yield of open field grown tomatoes. *Agronomy*, 2016, 6(3), 42, doi: 10.3390/agronomy6030042.

⁴⁸ GOGO, Elisha Otieno, SAIDI, Mwanarusi, OCHIENG, Jacob Mugwa, MARTIN, Thibaud, BAIRD, Vance, NGOUAIJO, Mathieu. Microclimate modification and insect pest exclusion using agronet improve pod yield and quality of French bean. *HortScience*, 2014, 49(10), 1298–3104.

⁴⁹ DE SIMONE, Serena, LOMBARDI, Fiorella Anna, PALADINI, Federica, STARACE, Giuseppe, SANNINO, Alessandro, POLLINI, Mauro. Development of antibacterial silver treatments on HDPE nets for agriculture. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, 132(11), 41623, doi: 10.1002/app.41623.

Πρέπει να αναφερθούν, ακόμη, οι αρνητικές πτυχές που δεν αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Αυτές είναι για παράδειγμα τα πτηνά και άλλα ζώα που παγιδεύονται στα δίχτυα που προστατεύουν τους καρπούς από αυτά, ή την δημιουργία μη βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή όταν τα αγρο-υφάσματα καταστρέφονται από τον δυνατό αέρα, κ.λπ. Αυτές οι πτυχές, ωστόσο, δεν είναι σχετικές με την κάθετη γεωργία σε εσωτερικούς χώρους και μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω έξυπνων υφασμάτων κατασκευών για ιδέες κάθετης καλλιέργειας σε εξωτερικούς χώρους.

Επειδή το βήμα από την κάλυψη των φυτών με υφάσματα agrotex μέχρι να αφεθούν τα φυτά να αναπτυχθούν σε αγρο-υφάσματα σε εφαρμογές υδροπονικής δεν είναι πραγματικά μεγάλο, είναι έκπληξη το γεγονός ότι δεν υπάρχουν αναφορές σχετικά με άλλες εφαρμογές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στη γεωργία που μπορούν να βρεθούν στην επιστημονική βιβλιογραφία. Τα υφάσματα που υπάρχουν στο εμπόριο για τους ιδιώτες, χρησιμοποιούνται συνήθως ως υλικά βάσης για συστήματα κατακόρυφης γεωργίας σε εξωτερικούς χώρους και περιλαμβάνουν σακούλες για τις γλάστρες που θα τοποθετηθούν. Ωστόσο, ο άμεσος συνδυασμός υφασμάτων και φυτών, δηλαδή η χρήση ενός υφάσματος ως υπόστρωμα στο οποίο προσκολλώνται οι ρίζες των φυτών, είναι το μόνο που μόλις βρέθηκε. Υπάρχει δυσκολία στην μελέτη και κατανόηση, για το πως το σχήμα και η σύνθεση των υφασμάτων μπορούν να συνδυαστούν με τις ξεχωριστές απαιτήσεις των ριζών του κάθε φυτού (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. «Ανάπτυξη κάρδαμου (a) και χόρτου (b) σε διαφορετικά υφαντικά υποστρώματα, πηγή: DE SIMONE, Serena, LOMBARDI, Fiorella Anna, PALADINI, Federica, STARACE, Giuseppe, SANNINO, Alessandro, POLLINI, Mauro. Development of antibacterial silver treatments on HDPE nets for agriculture. Journal of Applied Polymer Science, 2015, 132(11), 41623, doi: 10.1002/app.41623 Tekstilec, 2019, 62(1), 34-41»

6.4 Συμπέρασμα και προοπτική

Για εφαρμογές στη γεωργία και την καλλιέργεια φυκιών, τα υφάσματα μπορούν να ικανοποιήσουν διάφορες απαιτήσεις. Παραδόξως, δεν υπάρχουν αναφορές στην επιστημονική βιβλιογραφία σχετικά με τις επιπτώσεις των ποικίλων υφασμάτων στην πιθανή χρήση τους σε υδροπονικές καλλιέργειες και άλλες εφαρμογές κάθετης γεωργίας.

Λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για κάθετη γεωργία άρα και για λύσεις στις επόμενες δεκαετίες, η κάθετη γεωργία μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω με βάση τα γνωστά πλεονεκτήματα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων: η μεγάλη ποικιλία των δομών και χημικών συνθέσεων των ινών, οι δυνατότητες δημιουργίας ακόμη και τρισδιάστατων υφασμάτων, και σχετικά φθηνών και μακροχρόνιων τεχνολογιών παραγωγής των υφασμάτων.

Η πρόσφατη πρόοδος στα καινοτόμα αγρο-υφάσματα και τα δίχτυα συλλογής φυκών, υποδεικνύει λύσεις με βάση την κλωστοϋφαντουργία οι οποίες θα πρέπει να εφαρμόζονται στην κάθετη καλλιέργεια. Επιπλέον, αυτή η προοπτική, ανοίγει το δρόμο στη μελέτη νέων τεχνολογιών στον τομέα της οικολογικής και οικονομικής παραγωγής τροφίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ Η ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ UHI; ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΚΑΙ ΨΥΧΡΩΝ ΣΤΕΓΩΝ. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ URBAN HEAT ISLAND EFFECT (UHI)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εντατικοποίηση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) είναι ένα πρόβλημα που περιλαμβάνει πολλά πεδία και απαιτούνται νέες κατάλληλες λύσεις για να μετριαστεί το εύρος της. Ο κατασκευαστικός τομέας είναι στενά συνδεδεμένος με αυτό το φαινόμενο, ειδικότερα, οι στέγες είναι τα εξαρτήματα του περιβλήματος που υπόκεινται στην υψηλότερη ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας, επομένως οποιαδήποτε στρατηγική μετριασμού θα πρέπει να ξεκινά από αυτά και να περιλαμβάνει τον κατάλληλο σχεδιασμό και την εξέλιξη - επεξεργασία της διαδικασίας.

Για το σκοπό αυτό, ψυχρά υλικά, δηλαδή υλικά που είναι ικανά να αντανακλούν μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας και να αποφεύγουν την υπερθέρμανση των κτιριακών επιφανειών έχουν αναλυθεί σε βάθος τα τελευταία χρόνια τόσο στην κατασκευή όσο και στις αστικές κλίμακες (urban scales), που δείχνουν τα οφέλη τους ιδιαίτερα σε θερμά κλίματα. Ωστόσο, οι πράσινες στέγες αντιπροσωπεύουν επίσης πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης του UHI, ακόμα κι αν ο σχεδιασμός τους δεν είναι απλός και απαιτείται να ληφθούν υπόψη πολλές μεταβλητές, αυστηρά συνδεδεμένες με τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες.

Σε αυτό το πλαίσιο, το παρόν κεφάλαιο προτείνει μια σύγκριση μεταξύ ψυχρών και πράσινων στεγών για αρκετές ιταλικές πόλεις που είναι αντιπροσωπευτικές διαφορετικών κλιματικών συνθηκών. Σε αναζήτηση της πιο αποτελεσματικής λύσης, οι απαντήσεις δυνατόν να διαφέρουν ανάλογα με την οπτική γωνία που οδηγεί τη σύγκριση, δηλ. την ανάγκη να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια ή η επιθυμία να ελαχιστοποιηθεί η συμβολή του φαινομένου UHI.

Εισαγωγή

Η αστική εξάπλωση, με την οποία σχετίζεται αυστηρά η υπερθέρμανση του πλανήτη, έχει προκαλέσει μια σειρά περιβαλλοντικών κινδύνων που είναι γνωστοί αλλά δύσκολο να αντιμετωπιστούν: το φαινόμενο Urban Heat Island (UHI) είναι ένα από αυτά. Σύμφωνα με αυτό το φαινόμενο, οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα από αυτές που μετρήθηκαν στις αγροτικές περιοχές, λόγω της θερμότητας που εκλύεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, της έλλειψης πρασίνου, της σπανιότητας της κυκλοφορίας του αέρα στα αστικά φαράγγια και της μεγάλης ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από αστικές επιφάνειες⁵⁰. Το φαινόμενο Urban Heat Island παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στο Λονδίνο τον 19ο αιώνα, ως συνέπεια της βιομηχανικής

⁵⁰ M. Santamouris, Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, Solar Energy 103 (2014) 682-703.

επανάστασης, αλλά τις τελευταίες δεκαετίες έχει κερδίσει αυξανόμενη προσοχή ειδικά σε εκείνες τις χώρες που παρουσιάζουν υψηλή ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι ⁵¹. Πράγματι, οι αστικές επιφάνειες παρουσιάζουν συνήθως υψηλή ηλιακή απορρόφηση, χαμηλή διαπερατότητα και άλλες θερμικές ιδιότητες πολύ ευνοϊκές για την αύξηση της θερμοκρασίας του αστικού αέρα. Ο Rizwan μαζί με άλλους ⁵² πραγματοποίησε μια ενδιαφέρουσα ανασκόπηση προηγούμενων μελετών που επικεντρώθηκαν στη δημιουργία και τον μετριασμό του φαινομένου UHI, βρίσκοντας τρεις πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος: μείωση της ανθρωπογενούς έκλυσης θερμότητας, υιοθέτηση κατάλληλων στρατηγικών ψύξης (π.χ. ύγρανση και σκίαση μέσω Φ/Β μονάδων) και βελτίωση των σχεδίων στέγης. Συγκεκριμένα, είναι αποδεδειγμένο ότι η επιφάνεια της οροφής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Πράγματι, οι στέγες αντιπροσωπεύουν περίπου το 20-25% των αστικών επιφανειών και το 60-70% του κελύφους του κτιρίου κατά μέσο όρο στην Ιταλία, ανάλογα με την τυπολογία του κτιρίου. Επιπλέον, η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στις στέγες μπορεί εύκολα να αυξήσει τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειάς τους έως και 50–60 °C, δηλαδή 10–15 °C υψηλότερη από ό,τι στις γύρω περιοχές πρασίνου ⁵³. Στο πλαίσιο αυτό, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες για την ανάπτυξη νέων υλικών φινιρίσματος αστικών επιφανειών. Όσον αφορά τις στέγες, οι πιο υποσχόμενες παθητικές στρατηγικές φαίνεται να είναι η χρήση επιστρώσεων υψηλής ανακλαστικότητας (ψυχρή στέγη) και η τοποθέτηση φυτικού καλύμματος πάνω από την επιφάνεια της στέγης (πράσινη στέγη). Η χρήση εξαιρετικά ανακλαστικών ψυχρών χρωμάτων για στέγες και οδοστρώματα έχει διερευνηθεί με πρωτοποριακό τρόπο από τον Akbari σε διάφορες εργασίες ⁵⁴, δείχνοντας την πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων στην ψύξη χώρου που επιτυγχάνεται με τη χρήση υλικών με μέτρια-υψηλή ηλιακή ανάκλαση και υψηλή θερμική εκπομπή. Λαμβάνοντας υπόψη τις αισθητές ροές θερμότητας που μετρήθηκαν στο πλαίσιο μιας πειραματικής εκστρατείας που πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο του Κόμπε, οι Takebayashi και Moriyama ⁵⁵ συνέκριναν τη θερμική απόδοση διαφορετικών στρωμάτων φινιρίσματος στέγης: παραδοσιακά πλακάκια από σκυρόδεμα, πράσινες στέγες (τόσο γυμνό χρώμα όσο και με γκαζόν) και έντονα ανακλαστικά χρώματα (γκρι και λευκό χρώμα). Ανακάλυψαν ότι, για τις συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες του Κόμπε, οι πράσινες στέγες παρουσιάζουν τη χαμηλότερη εισερχόμενη αισθητή ροή θερμότητας (2Wm⁻² κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια δύο τυπικών καλοκαιρινών ημερών), σε συνδυασμό με βαφές υψηλής ανακλαστικότητας λευκό (20Wm⁻²) και γκρι (97Wm⁻²) και από τσιμεντένια πλακίδια (72Wm⁻²). Από την άλλη, οι Scherba et al. ⁵⁶ μοντελοποίησε και επικύρωσε μέσω πειραματικών μετρήσεων τις ροές θερμότητας που απελευθερώνονται από διαφορετικές λύσεις στέγης (σκοτεινή μεμβράνη, δροσερή οροφή και πράσινη στέγη), μαζί με το φαινόμενο σκίασης των φωτοβολταϊκών μονάδων που

⁵¹ L. Howard, *The Climate of London*, I-III, Harvey and Dorton, London, 1889.

⁵² A.M. Rizwan, Y.C. Dennis, C. Liu, A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *J. Environ. Sci.* 20 (2008) 120-128.

⁵³ L.L. Andrade, L.H. Souza, H. Sakuragi, R.M. Castro, Estudio de ilhas de calor na cidade de Sao Jose dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS, in: *Anais XIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, Florianopolis, Brazil, 2007, pp. 473-480, 21-26.

⁵⁴ H. Akbari, S. Konopacki, M. Pomerantz, Cooling energy savings potential of reflective roofs for residential and commercial buildings in the United States, *Energy* 24 (5) (1999) 391-407.

H. Akbari, S. Konopacki, Calculating energy-savings potentials of heat island reduction strategies, *Energy Policy* 33 (6) (2005) 721-756.

H. Taha, H. Akbari, A. Rosenfeld, J.H. Residential, Cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo, *Build. Environ.* 23 (4) (1988) 271-283.

⁵⁵ H. Takebayashi, M. Moriyama, Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island, *Build. Environ.* 42 (2007) 2971-2979.

⁵⁶ A. Scherba, D.J. Sailor, T.N. Rosenstiel, C.C. Wamser, Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment, *Build. Environ.* 46 (2011) 2542-2551.

είναι εγκατεστημένες σε αυτές, και ανακάλυψε ότι τόσο οι πράσινες όσο και οι ψυχρές στέγες είναι ικανές να μειώσουν τη μέγιστη ροή κατά περίπου 70%. Επιπλέον, ο Santamouris μαζί με άλλους⁵⁷ ερεύνησε την αποτελεσματικότητα διαφόρων υλικών (υψηλά ανακλαστικά και υψηλής εκπομπής ανοιχτόχρωμα υλικά, ψυχρά υλικά, υλικά αλλαγής φάσης και δυναμικά ψυχρά υλικά) στη μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς τους όταν χτυπηθεί από την ηλιακή ακτινοβολία, διαπιστώνοντας ότι τα ψυχρά υλικά είναι η εμπορική διαθέσιμη λύση, καταλληλότερη τόσο από ενεργειακή όσο και από οικονομική άποψη. Από την άλλη πλευρά, τα επιχρίσματα με δυναμικά οπτικά χαρακτηριστικά είναι πολλά υποσχόμενα αλλά χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση σχετικά με τη γήρανση και την υποβάθμισή τους. Μέσα από αυτή τη σύντομη περίληψη, είναι σαφές πώς η χρήση δροσερών και πράσινων υλικών είναι από τις πιο αποτελεσματικές τεχνικές λύσεις για τη μείωση της θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας της οροφής, μετριάζοντας έτσι το φαινόμενο UHI. Για παράδειγμα, η εφαρμογή τους επέτρεψε τη μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας του αέρα σε ένα αστικό πάρκο της Αθήνας κατά περίπου 1–2 °C⁵⁸, και επίσης να μειώσει σημαντικά τις ενεργειακές ανάγκες ψύξης ενός κτιρίου στην Ιταλία⁵⁹. Ωστόσο, αυτές οι μελέτες λαμβάνουν υπόψη τη συμπεριφορά της στέγης μόνο το καλοκαίρι. Εάν ληφθεί υπόψη και η χειμερινή περίοδος, αυτές οι λύσεις μπορεί να συνεπάγονται μείωση των κερδών ηλιακής θερμότητας μέσω της στέγης, άρα αύξηση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου για θέρμανση χώρων. Για να διευκρινιστεί αυτό το ζήτημα, η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα ετήσιων δυναμικών προσομοιώσεων για ένα δείγμα κτιρίου γραφείων σε τρεις ιταλικές πόλεις με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Οι προσομοιώσεις θα συγκρίνουν την ενεργειακή απόδοση (ροές θερμότητας και ανάγκες πρωτογενούς ενέργειας) και τις θερμοκρασίες εξωτερικής στέγης για πέντε διαφορετικά σενάρια: υπάρχουσα στέγη, πράσινη στέγη χωρίς άρδευση, πράσινη στέγη με κατάλληλο πρόγραμμα άρδευσης και δροσερές στέγες με δύο διαφορετικές τιμές ηλιακής ανάκλασης ($r = 0,65$ και $r = 0,80$). Ο στόχος είναι να αποδειχθεί ότι η επιλογή μεταξύ πράσινων και ψυχρών στεγών πρέπει να γίνει με εξαιρετική προσοχή, σε σχέση με τους ιδιόρρυθμους κλιματικούς περιορισμούς, δηλαδή την ηλιακή ακτινοβολία και τη βροχόπτωση. Επιπλέον, ανάλογα με την προοπτική που οδηγεί τη σύγκριση – μετριάσμός UHI ή εξοικονόμηση ενέργειας για κλιματισμό – η επιλογή μεταξύ των δύο λύσεων μπορεί να είναι διαφορετική.

Συμπεράσματα

Τούτο το κεφάλαιο προτείνει μια σύγκριση **μεταξύ ψυχρών και πράσινων στεγών**, με στόχο τον εντοπισμό του καλύτερου συμβιβασμού μεταξύ του μετριάσμού της επίδρασης της αστικής θερμικής νησίδας και της μείωσης της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στα κτίρια και βασίζεται σε δυναμικές θερμικές προσομοιώσεις υφιστάμενου μονώροφου κτιρίου γραφείων. Οι προσομοιώσεις επαναλαμβάνονται σε τρεις διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες στην Ιταλία, που κυμαίνονται από το θερμό κλίμα της Κατάνια (833 χειμερινές ημερήσιες μετρήσεις) έως το ψυχρό κλίμα του Μιλάνου

⁵⁷ M. Santamouris, A. Synnefa, T. Karlessi, Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions, *Solar Energy* 85 (2011) 3085-3102.

⁵⁸ M. Santamouris, N. Gaitani, A. Spanou, M. Saliari, K. Giannopoulou, K. Vasilakopoulou, T. Kardomateas, Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas—design realization and results of the Flisvos project, *Build. Environ.* 53 (2012) 128-136.

⁵⁹ M. Zinzi, S. Agnoli, An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region, *Energy Build.* 55 (2012) 66-76.

(2404 χειμερινές ημερήσιες μετρήσεις). Στις προσομοιώσεις, η θερμική μετάδοση του περιβλήματος τροποποιείται ανάλογα με το κλίμα, ώστε να συμμορφώνεται –σε όλες τις εγκαταστάσεις– με τους ισχύοντες ιταλικούς οικοδομικούς κώδικες για τη μόνωση κτιρίων. Αυτό θα πρέπει να εξομαλύνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι δροσερές στέγες είναι η καταλληλότερη λύση για τη μείωση της θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας της στέγης σε οποιοδήποτε κλίμα: εάν χρησιμοποιηθεί ένα πολύ δροσερό χρώμα ($r = 0,8$), αναμένονται μειώσεις αιχμής που κυμαίνονται από 15 έως 25 °C το καλοκαίρι, ενώ κατά τη διάρκεια του απογεύματος ένα τέτοιο αποτέλεσμα είναι λιγότερο έντονο. Οι πράσινες στέγες ακολουθούν παρόμοια τάση, τουλάχιστον αν συγκριθούν με ψυχρά χρώματα με μέσο δυναμικό ψύξης ($r = 0,65$). Επιπλέον, οι αισθητές ροές θερμότητας που απελευθερώνονται από την οροφή στο εξωτερικό περιβάλλον μειώνονται σε κάθε πόλη όταν χρησιμοποιούνται τόσο πράσινες στέγες (από 42% σε 75%, ανάλογα με το κλίμα) όσο και ψυχρές στέγες (περίπου 75% όταν $r = 0,65$, και ακόμη περισσότερο όταν $r = 0,80$). Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι ψυχρές στέγες, εάν $r > 0,65$, είναι μια πιο αποτελεσματική λύση από τις πράσινες στέγες για την αντιμετώπιση του φαινομένου UHI.

Από την άλλη πλευρά, εάν κοιτάξουμε τις ετήσιες πρωτογενείς ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου δείγματος και στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση της συγκεκριμένης συσκευής που υιοθετήθηκε για θέρμανση και ψύξη χώρων, οι πράσινες στέγες είναι προτιμότερες από τις δροσερές στέγες. Αυτό οφείλεται στο μονωτικό τους δυναμικό, το οποίο μειώνει τις ενεργειακές ανάγκες το χειμώνα, ενώ οι ψυχρές στέγες μπορεί να καθορίσουν την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση χώρων, καθώς μειώνουν τα κέρδη ηλιακής θερμότητας. Επιπλέον, οι πράσινες στέγες και οι ψυχρές στέγες είναι σχεδόν ισοδύναμες ως προς τη μείωση του αιχμής ψυκτικού φορτίου, παρέχοντας έτσι εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομικής χρήσης λόγω του μειωμένου μεγέθους των συσκευών κλιματισμού. Τα αποτελέσματα αυτά δεν επηρεάζονται σημαντικά από το πρόγραμμα άρδευσης που εφαρμόζεται στις πράσινες στέγες. Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι, χάρη στα μειωμένα φορτία ψύξης του κτιρίου, τόσο οι ψυχρές στέγες όσο και οι πράσινες στέγες επιτρέπουν χαμηλότερο ρυθμό απόρριψης θερμότητας στο περιβάλλον από τον συμπυκνωτή της συσκευής ψύξης, παρέχοντας έτσι μια πρόσθετη θετική επίδραση στον μετριασμό UHI. Συμπερασματικά, ανάλογα με την προοπτική που οδηγεί στη σύγκριση, η επιλογή μεταξύ ψυχρής και πράσινης στέγης ποικίλλει: λαμβάνοντας υπόψη μόνο το ζήτημα του μετριασμού του φαινομένου UHI, προτιμώνται οι ψυχρές στέγες (ειδικά εκείνες με πολύ υψηλές τιμές ηλιακής ανάκλασης) σε ψυχρά κλίματα όπως στο Μιλάνο. Αντίθετα, αν δούμε τις ετήσιες πρωτογενείς ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων, οι πράσινες στέγες αποδίδουν καλύτερα χάρη στις σκιαστικές και μονωτικές τους ιδιότητες. Αυτά τα αποτελέσματα είναι συνεπή με τα αποτελέσματα μιας πρόσφατης εργασίας των Gagliano μαζί με άλλους⁶⁰. Εδώ, εισάγεται μια καινοτόμος μεθοδολογία πολλαπλών κριτηρίων για τη σύγκριση πολλών λύσεων στέγης υπό μια ευρεία προοπτική, με την ανάθεση βαθμολογίας σε διαφορετικούς δείκτες που μετρούν την ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση. Η προτεινόμενη συγκριτική διαδικασία δείχνει ότι μια εκτεταμένη και μέτρια μόνωση με πράσινη στέγη είναι η πιο αποτελεσματική τεχνολογία για

⁶⁰ A. Gagliano, M. Detommaso, F. Nocera, G. Evola, A multi-criteria methodology for comparing the energy and environmental behavior of cool, green and traditional roofs, *Build. Environ.* 90 (2015) 71-81.

τη σημαντική μείωση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων, ενώ βοηθά στον μετριασμό του UHI, τουλάχιστον σε ήπιες μεσογειακές περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Ο ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η έλλειψη πόρων και τα περιβαλλοντικά ζητήματα που προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες παρακινούν τους σχεδιαστές και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να αναζητήσουν ενεργειακά αποδοτικές στρατηγικές για βιώσιμη ανάπτυξη. Ένα σημαντικό ποσό κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO₂ προέρχεται από τον κτιριακό τομέα που σήμερα αντιπροσωπεύει το 40% της παγκόσμιας χρήσης ενέργειας. Τα συστήματα πρασίνου θεωρούνται ως μια πολλά υποσχόμενη λύση για να γίνουν τα κτίρια πιο ενεργειακά αποδοτικά. Ωστόσο, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένα από τα πολλαπλά οφέλη που μπορεί να προσφέρει ένα σύστημα πρασίνου σε ένα κτίριο. Οι πιο συνηθισμένες θέσεις σε ένα κτίριο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλοξενήσουν βλάστηση περιλαμβάνουν πρασίνισμα στέγης, κάθετο πρασίνισμα, φύτευση ταράτσας και ουρανόκηπους (εσωτερικοί και εξωτερικοί) ειδικά στο σχεδιασμό πολυώροφων κτιρίων. Ως εκ τούτου, ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας είναι να παράσχει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για όλα τα διαφορετικά συστήματα οικολογικού περιβάλλοντος σε σχέση με τον ενεργειακό τους αντίκτυπο. Θα συζητηθεί επίσης ο ρόλος της φύτευσης σε εσωτερικούς χώρους στη θερμική άνεση και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (IAQ). Επιπλέον, συνοψίζεται η καταλληλότητα διαφορετικών συστημάτων πρασίνου για διαφορετικούς τύπους κλίματος.

Για πρώτη φορά το 2008, πάνω από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού ζούσε σε πόλεις. Τα Ηνωμένα Έθνη εκτιμούν ότι μέχρι το 2050, ο αστικός πληθυσμός θα φτάσει σε μια νέα κορύφωση περίπου 67%. Σύμφωνα με τον Wood, με τον τρέχοντα ρυθμό αστικοποίησης, μια νέα πόλη χρειάζεται για να φιλοξενήσει ένα εκατομμύριο νέους αστικούς κατοίκους σε όλο τον κόσμο κάθε εβδομάδα. Μια μεγάλη πρόκληση για τους πολεοδόμους του 21ου αιώνα είναι να φιλοξενήσουν αυτούς τους νέους αστικούς κατοίκους με τις κατάλληλες εγκαταστάσεις.

Οι πυκνές αστικές περιοχές είναι η πηγή περιβαλλοντικών ζητημάτων όπως η αστική θερμική νησίδα, η εξάντληση των πόρων και η ρύπανση του αέρα και των υδάτων. Ως εκ τούτου, οι σχεδιαστές και οι μελετητές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη βιωσιμότητα στην ανάπτυξη των κτιρίων. Τούτο σημαίνει ότι στο μέλλον οι σχεδιασμοί του δομημένου μας περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι προσαρμοστικοί στο κλίμα και να βασίζονται σε ανανεώσιμους και ανακυκλώσιμους πόρους. Συνήθως, οι πυκνές αστικές περιοχές αποτελούνται από μια τεράστια ποσότητα ανόργανων πόρων από μακρινά μέρη και συγκεντρώνονται εντατικά σε ένα μικρό τμήμα γης. Επομένως, ασκούν δραματική πίεση στη βιόσφαιρα αλλάζοντας την ισορροπία οργανικού και ανόργανου περιεχομένου. Σύμφωνα με τον Yeang, πρέπει να διατηρήσουμε μια ισορροπία μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών μέσω της προσθήκης κατάλληλων επιπέδων βιομάζας, της βελτίωσης της βιοποικιλότητας και της δημιουργίας οικολογικών συνδέσεων στο δομημένο περιβάλλον μας. Σε συμφωνία με τον Yeang, ο Wood σημείωσε ότι εάν οι πόλεις επιδιώκουν να φιλοξενήσουν μια μεγάλη ομάδα ανθρώπων στην ίδια περιοχή χτίζοντας προς τα πάνω, τότε απαιτούν τη μίμηση της ατμόσφαιρας του ισογείου

στον ουρανό, συμπεριλαμβανομένων χώρων πρασίνου, πεζοδρομίων και άλλων δημόσιων λειτουργιών.

Οι πιο συνηθισμένες θέσεις σε ένα κτίριο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλοξενήσουν βλάστηση είναι το πρασίνισμα στέγης, το κάθετο πρασίνισμα, η φύτευση ταράτσας και η χρήση φυτών εσωτερικού χώρου στο αίθριο. Ειδικά στο σχεδιασμό πολυώροφων κτιρίων, τα τελευταία χρόνια, έχει γίνει πολλή έρευνα για τα οφέλη του, χρησιμοποιώντας έννοιες πρασίνου με διαφορετικούς στόχους, πεδία και μεθοδολογίες. Ωστόσο, έχουν γίνει περισσότερες έρευνες σε ορισμένους τομείς παρά σε άλλους. Ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας είναι να παράσχει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για όλα τα διαφορετικά συστήματα οικολογικού περιβάλλοντος σε σχέση με τον ενεργειακό αντίκτυπο.

Γενικές Έννοιες πρασίνου

Πράσινες στέγες

Οι στέγες κατανέμουν περίπου το 20-25% της συνολικής αστικής επιφάνειας, επομένως, το πρασίνισμά τους μπορεί να έχει σημαντική επίδραση σε κλίμακα κτιρίου και σε κλίμακα πόλης. Η πράσινη στέγη είναι η πιο κοινή έννοια πρασίνου, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε ευρωπαϊκές, βορειοαμερικανικές και ορισμένες τροπικές ασιατικές χώρες. Η Γερμανία θεωρείται η παγκόσμια πρωτοπόρος στην ανάπτυξη τεχνολογιών στις πράσινες στέγες. Μια πράσινη στέγη είναι ένας συνδυασμός διαφορετικών υποστηρικτικών στρωμάτων που παρέχουν συνθήκες για την ανάπτυξη βλάστησης σε μια επίπεδη ή επικλινή στέγη. Το στρώμα μιας πράσινης στέγης, αποτελείται από πάνω προς τα κάτω, από το στρώμα βλάστησης, το μέσο ανάπτυξης, το φίλτρο, την αποστράγγιση (κατακράτηση υγρασίας), το φράγμα της ρίζας και τέλος τη στεγανωτική μεμβράνη στην κορυφή ενός δομικού καταστρώματος.

Ανάλογα με τον τύπο χρήσης, τους κατασκευαστικούς παράγοντες και τις απαιτήσεις συντήρησης, οι πράσινες στέγες χωρίζονται συνήθως σε τρεις μεγάλες ομάδες: εκτεταμένες, εντατικές και ημι-εντατικές στέγες. Ο **εκτεταμένος τύπος** έχει ένα σχετικά λεπτό στρώμα καλλιεργητικού μέσου πάχους περίπου 6-20 cm, συνήθως φυτρώνει *βρύα*, *βότανα*, *βότανα* και *γρασίδι* και απαιτεί λιγότερη συντήρηση. Η **εντατική πράσινη στέγη** χρειάζεται μεγαλύτερο βάθος καλλιέργειας περίπου 20-100 cm, απαιτεί άρδευση και μόνιμη συντήρηση. Η **ημι-εντατική πράσινη στέγη** είναι ένας συνδυασμός των εκτεταμένων και εντατικών τύπων. Ωστόσο, ο εκτεταμένος τύπος πρέπει να αντιπροσωπεύει το 25% ή λιγότερο της συνολικής επιφάνειας πράσινης στέγης.

Από τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, στην Ευρώπη και στη συνέχεια στη Βόρεια Αμερική, έχει παρατηρηθεί επέκταση της έρευνας και της ανάπτυξης προϊόντων για πράσινες στέγες με αποτέλεσμα τη δημοσίευση κατευθυντήριων γραμμών και προτύπων για τις μεθόδους εγκατάστασης και συντήρησης πράσινων στεγών. Το πιο γνωστό και ολοκληρωμένο σύνολο οδηγιών για πράσινες στέγες σε όλη την Ευρώπη είναι η κατευθυντήρια γραμμή FLL που κυκλοφόρησε το 1982 στη Γερμανία και στη συνέχεια μεταφράστηκε στα αγγλικά το 2002. Έκτοτε έχει δημοσιευθεί σημαντικός

αριθμός μελετών, με χρήση διαφορετικών μεθόδων έρευνας, όπως πειράματα πεδίου, αριθμητικοί υπολογισμοί ή εργαστηριακά πειράματα. Τα οφέλη των πράσινων στεγών για την αστική και τη μικροκλίμακα είναι πολλά. Αυτά περιλαμβάνουν τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων, την παράταση της διάρκειας ζωής της στέγης, τη μείωση του θορύβου, τον μετριασμό της επίδρασης της αστικής θερμικής νησίδας και την αύξηση της βιοποικιλότητας. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν βελτιωμένη θερμική απόδοση και ενεργειακή απόδοση κτιρίων, τα οποία αποτελούν επίσης το κύριο επίκεντρο αυτής της μελέτης.

Οι κλιματικές συνθήκες στις στέγες είναι πιο σοβαρές σε σύγκριση με τις συνθήκες στο επίπεδο του εδάφους, γεγονός που καθιστά πιο δύσκολη την ανάπτυξη ή την επιβίωση των φυτών. Τα Sedums είναι ο πιο κοινός τύπος φυτών εδαφοκάλυψης σε εκτεταμένες πράσινες στέγες. Είναι ανθεκτικά στην ξηρασία και προσφέρουν καλή κάλυψη σε όλη την οροφή, παρέχοντας ελάχιστη συντήρηση και εύκολη εγκατάσταση. Ωστόσο, είναι σημαντικό να βρεθεί μια ισορροπία μεταξύ της επιβίωσης των ειδών και της ικανότητας των πράσινων στεγών να παρέχουν πολύτιμες πολλαπλές υπηρεσίες για το κτίριο και το περιβάλλον οικοσύστημα, όπως η μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα ή η ενισχυμένη βιοποικιλότητα.

Κάθετο πρασίσιμα

Το πρασίσιμα των προσόψεων των κτιρίων έχει προταθεί ως μια πολλά υποσχόμενη λύση για να γίνουν πιο βιώσιμες οι πυκνοκατοικημένες πόλεις. Συνήθως, η κατακόρυφη επιφάνεια των κτιρίων είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια της στέγης. Το γεγονός αυτό υπογραμμίζει τη σημασία των συστημάτων κάθετου πρασίνου, ειδικά για τυπολογίες ψηλών κτιρίων. Η έννοια του κάθετου πρασίνου χρονολογείται από τον βαβυλωνιακό πολιτισμό και την κατασκευή των Κρεμαστών Κήπων. Αν και η εφαρμογή αναρριχώμενων φυτών πάνω από τοίχο δεν είναι νέα τάση, τα συστήματα και ο σκοπός χρήσης τους έχουν αλλάξει τις τελευταίες δεκαετίες. Ιστορικά, οι πράσινοι τοίχοι χρησιμοποιούνταν για διακοσμητικούς ή κηπουρικούς σκοπούς, αλλά επί του παρόντος τα συστήματα κάθετου πρασίνου, σύμφωνα με άλλες παθητικές τεχνικές, χρησιμοποιούνται για τα οφέλη αειφορίας τους.

Στην αναζήτηση των καταλληλότερων εννοιών κάθετου οικολογικού πρασίνου για εξοικονόμηση ενέργειας, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ο τύπος του συστήματος μαζί με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του. Επί του παρόντος, τα συστήματα κάθετου πρασίνου μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες ομάδες ανάλογα με τη μέθοδο εγκατάστασης, τη συντήρηση και τη λειτουργία τους: πράσινες προσόψεις και ζωντανοί τοίχοι. Οι ζωντανοί τοίχοι σε σύγκριση με τις πράσινες προσόψεις έχουν μια πιο σύνθετη δομή που περιλαμβάνει ειδικά στοιχεία στήριξης, μέσα καλλιέργειας και συστήματα άρδευσης για την εξυπηρέτηση μιας μεγάλης ποικιλίας φυτών. Ως εκ τούτου, είναι συνήθως πιο ακριβά και απαιτούν υψηλότερη συντήρηση. Ωστόσο, λόγω της αρθρωτής δομής των ζωντανών τοίχων, τα φυτά μπορούν να προκαλλιεργηθούν και στη συνέχεια να μεταφερθούν στη θέση τους, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν πιο αποτελεσματικά. Επιπλέον, σε περίπτωση θνησιμότητας σε μία ενότητα, το προτεινόμενο τμήμα μπορεί να αντικατασταθεί εύκολα.

Πράσινα μπαλκόνια

Ένα μπαλκόνι ορίζεται συνήθως ως μια πλατφόρμα που προεξέχει από τον τοίχο ενός κτιρίου και περιβάλλεται από ένα κικλίδωμα ή στηθείο. Ο Haber διεξήγαγε μια μελέτη μετά την κάλυψη σε ένα πολυώροφο κτίριο και διαπίστωσε ότι τα περισσότερα από τα παράπονα προήλθαν από την έλλειψη πρασίνου και την αίσθηση αποσύνδεσης από το εξωτερικό. Τα μπαλκόνια μπορούν να λειτουργήσουν ως χώρος διαμεσολάβησης για τη σύνδεση του εσωτερικού με το εξωτερικό περιβάλλον. Προσφέρουν πολλά οφέλη και πλεονεκτήματα τόσο για τους ανθρώπους που ζουν μέσα σε ένα κτίριο όσο και για το οικοσύστημα. Τα μπαλκόνια προσφέρουν εκπληκτική θέα στην πόλη, το αστικό πάρκο ή το φυσικό πράσινο. Ενισχύουν επίσης τη βιοποικιλότητα και το αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον και συμβάλλουν στη μείωση της απορροής του νερού της βροχής. Υπάρχουν επίσης κάποιες μελέτες που δείχνουν ότι τα μπαλκόνια μπορούν να προσθέσουν την αξία ενός κτιρίου σε σύγκριση με μια παρόμοια κατασκευή χωρίς μπαλκόνια. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι νέες τεχνολογίες έχουν παράσχει συνθήκες για την καλλιέργεια μεγάλων δέντρων έως και τριών μέτρων με παχύ υπόστρωμα εδάφους (1 μέτρο) σε μπαλκόνια (π.χ. έργο κάθετου δάσους του Μιλάνου στην Ιταλία).

Μερικές μελέτες έχουν διερευνήσει τη διαμόρφωση των θόλων με στόχο την επίτευξη της μέγιστης εξοικονόμησης ενέργειας. Ο McPherson μαζί με άλλους πρότεινε ότι σε ψυχρά κλίματα ο προσανατολισμός της φύτευσης πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μειώνει τον κρύο χειμωνιάτικο άνεμο και να παρέχει άμεση ηλιακή ακτινοβολία στους νότιους και ανατολικούς τοίχους. Στο εύκρατο κλίμα, εμφανίστηκε η ίδια τάση, αν και το στρώμα βλάστησης δεν πρέπει να εμποδίζει τους καλοκαιρινούς ανέμους. Αντίθετα, σε θερμά κλίματα, τόσο η σκίαση όσο και η ταχύτητα του ανέμου θα πρέπει να ενισχυθούν με τη χρήση κατάλληλου τύπου φυτών. Οι Simpson & McPherson προσομοίωσαν τον ενεργειακό αντίκτυπο της σκίασης των δέντρων στα κτίρια κλιματισμού στην Καλιφόρνια. Η μεγαλύτερη ετήσια και μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με τη σκίαση των δυτικών τοίχων. Οι Pandit & Laband τόνισε την πυκνότητα σκίασης ως σημαντικό παράγοντα εκτός από την κάλυψη σκίασης. Με την ίδια τιμή για την κάλυψη σκίασης, μια πυκνή απόχρωση μπορεί να προσφέρει περισσότερο δροσερό αποτέλεσμα σε σύγκριση με τη μέτρια ή ανοιχτή απόχρωση. Ωστόσο, για να υπάρχει καλύτερη σκίαση, τα δέντρα πρέπει να είναι κοντά και αρκετά ψηλά ώστε να σκιάζουν τους εξωτερικούς τοίχους και πιθανώς την οροφή.

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της επίδρασης των συστημάτων πρασίνου στη θερμική και ενεργειακή απόδοση των κτιρίων καταδεικνύει πόσο λίγα είναι γνωστά σχετικά με την εφαρμογή φυτών σε χώρους όπως πράσινα μπαλκόνια και ουρανοξύστες (εσωτερικοί και εξωτερικοί χώροι). Τις τελευταίες δεκαετίες, οι κήποι του ουρανού έχουν εισαχθεί ως μια νέα έννοια πρασίνου που ενσωματώνεται κυρίως σε σχέδια πολυώροφων κτιρίων. Δεδομένου ότι τα ψηλά κτίρια είναι ο ακρογωνιαίος λίθος των πόλεων μας, είναι σημαντικό να κάνουμε περισσότερη έρευνα σχετικά με αυτές τις έννοιες του πράσινου με έμφαση στον ενεργειακό αντίκτυπο. Επιπλέον, οι μετρήσεις για τον αντίκτυπο των συστημάτων πρασίνου έχουν περιοριστεί μέχρι στιγμής σε προσομοιωμένα μοντέλα ή αρχαιοθετημένες μελέτες σε μεμονωμένα κτίρια με χρονικούς περιορισμούς. Η μεταβλητότητα του σχεδιασμού του σπιτιού και της συμπεριφοράς των ενοίκων σε διάφορες μελέτες καθιστούν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων δύσκολη. Η χρήση ενός μεγάλου δείγματος κατοικιών με παρόμοια μέγεθος και στρατηγικές σχεδιασμού και πιθανώς μεγαλύτερη περίοδο μελέτης θα βοηθήσει να έχουμε μια πιο ρεαλιστική επισκόπηση των ενεργειακών επιπτώσεων των συστημάτων πρασίνου σε διαφορετικά κλίματα.

Επιπλέον, υπάρχει ένα κενό γνώσης σε ορισμένους τομείς που μπορεί να επεκταθεί στο μέλλον. Επομένως, η αξιολόγηση της επίδρασης των συστημάτων πρασίνου στην ενέργεια απαιτεί περαιτέρω μελέτη όπως:

- Εύρεση της βέλτιστης διαμόρφωσης της θέσης του φυτού (έννοια πρασινάδας), της μορφής του φυτού (δείκτης επιφάνειας φύλλων και ύψος φυτού), σκίασης φυλλώματος (αιθαλής και φυλλοβόλος τύπος) και ιδιοτήτων υποστρώματος (πάχος, περιεκτικότητα σε υγρασία και πυκνότητα) για διαφορετικούς τύπους κλίματος.
- Ανάπτυξη ανάλυσης σταθερής κατάστασης υπό ελεγχόμενες συνθήκες για τον προσδιορισμό της επίδρασης των συνθηκών μελέτης (χρήση κτιρίου, μορφολογία και επίπεδο μόνωσης) εκτός από τους κλιματικούς παράγοντες στην εποχιακή ενεργειακή απόδοση των συστημάτων πρασίνου
- Μελέτη της επίδρασης της ολοκλήρωσης συστημάτων πρασίνου στην εξοικονόμηση ενέργειας για κτίρια.
- Συζήτηση για τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας διαφορετικών συστημάτων οικολογικού περιβάλλοντος.

Τέλος, στην βιβλιογραφική έρευνα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν φυτά και φύκια τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν πάνω σε υφάσματα, ωστόσο κανένα επιστημονικό πεδίο δεν έχει ερευνήσει διεξοδικά αυτή τη εκδοχή, ενώ έχουν παρατηρηθεί βρύα να αναπτύσσονται ελεύθερα πάνω σε τεντόπανα, ειδικά όταν οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν. Θα μπορούσε στο μέλλον να μελετηθεί, ίσως και με πειραματική μεθοδολογία, η καλλιέργεια πάνω σε βιώσιμα υφάσματα, όπως είναι το PET και το ECONYL, μικροφυκών με στόχο τη βελτίωση του φαινομένου UHI και άλλων περιβαλλοντικών οφελών.

ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κτιρίων σε σχέση με την πηγή ενέργειας και άμεσες εκπομπές CO ₂ ..	6
Εικόνα 2. Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας έως το 2050 στην ΕΕ στους υποτομείς κατοικιών και υπηρεσιών..	7
Εικόνα 3. Παραδείγματα “green exercise (GE)” σε αστικές περιοχές. (α) Πράσινη πρόσοψη, κτίριο TRIBU, Κόστα Ρίκα · (β) Εντατική πράσινη στέγη, Λονδίνο · (γ) Εκτεταμένη πράσινη στέγη, Rooftop Haven for Urban Agriculture, Chicago · (δ) Πράσινος δρόμος στο Riudaura, Olot.....	8
Εικόνα 4. Οι κύριες υπηρεσίες οικοσυστήματος που παρέχονται από πράσινες υποδομές όταν εφαρμόζονται σε κτίρια και αστικά περιβάλλοντα	12
Εικόνα 5. Ταξινόμηση πράσινων στεγών σύμφωνα με την τελική χρήση, τους κατασκευαστικούς παράγοντες και τις απαιτήσεις συντήρησης	14
Εικόνα 6. Ταξινόμηση VGS για κτίρια	16
Εικόνα 7. Αριστερή, παραδοσιακή πράσινη πρόσοψη στο Lleida (Ισπανία). δεξιά, πράσινη πρόσοψη διπλού δέρματος στο κτίριο της Πέργκολας (Κόστα Ρίκα), αρχιτέκτονας Bruno Santiago	16
Εικόνα 8. Πράσινοι τοίχοι ή ζωντανοί τοίχοι. Αριστερά, GW από τσόχα από γεωυφάσματα στο κτίριο του φόρουμ Caixa στη Μαδρίτη. δεξιά, GW κατασκευασμένο από πάνελ στο κτίριο Multimedia Kyoto (Ιαπωνία), της Suntory Midorie. Η Suntory Midorie, είναι μια εταιρεία περιβαλλοντικής οικολογικής προστασίας στην Ιαπωνία, όπου εγκατέστησε ένα σύστημα πρασίνου τοίχου που ονομάζεται "flower wall" στον τοίχο του Multimedia Kyoto, ενός καταστήματος ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης που άνοιξε μπροστά από τον σιδηροδρομικό σταθμό του Κιότο της Ιαπωνίας (JR). Με συνολική επιφάνεια 1.120 τετραγωνικών μέτρων, είναι ο μεγαλύτερος τοίχος του έθνους	17
Εικόνα 9. Τμήμα κατασκευής των θαλάμων πράσινης στέγης (αριστερά) και τμήμα κατασκευής του θαλάμου αναφοράς (δεξιά)	21
Εικόνα 10 α) Εκτεταμένη πράσινη στέγη. Φάση ανάπτυξης το πρώτο καλοκαίρι (2011). 20% κάλυψη φυτών. β) Εκτεταμένη πράσινη στέγη. Χειμερινή θέα (2011-2012). γ) Εκτεταμένη πράσινη στέγη. Θέα το καλοκαίρι του 2012. 85% κάλυψη πλακών	22
Εικόνα 11. Επιδράσεις σκίασης φυτών	29
Εικόνα 12. Ροή νερού μέσα από μια οθόνη φυτών, από νερό άρδευσης μέσω του εδάφους και διαπνοή από το φυτό με αποτέλεσμα την ψύξη του αέρα	31
Εικόνα 13. Τοπική ύγρανση γύρω από τον θόλο ενός δέντρου.....	32
Εικόνα 14. πίνακας βιώσιμων υφασμάτων	33
Εικόνα 15. Ανάπτυξη του <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> σε ένα στρώμα νανοϊνών πολυαμιδίου (α) και σε ένα πολυπροπυλένιο μη υφαντό ύφασμα (β). Για μια λεπτομερή περιγραφή των πειραμάτων, βλ. Αναφ. 22.	44
Εικόνα 16. Ανάπτυξη κάρδαμου (α) και χόρτου (β) σε διαφορετικά υφαντικά υποστρώματα	47

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- AF Speak, JJ Rothwell, SJ Lindley, CL Smith. Κατακράτηση απορροής βρόχινου νερού σε μια εντατική πράσινη στέγη ηλικίας. *Science of the Total Environment* 2013, 461: 28-38.
1. AL Pisello, C. Piselli, F. Cotana. Θερμική-φυσική και ενεργειακή απόδοση ενός καινοτόμου συστήματος πράσινης οροφής: The Cool-Green Roof. *Ηλιακή Ενέργεια* 2015, 116: 337-356.
 2. Ambius White Paper Plants in “Green Buildings” Kenneth Freeman International Technical Director ([Plants in Green Buildings.decrypted.pdf](#))
 3. B. Raji, MJ Tenpierik, A. van den Dobbeltten. Ο αντίκτυπος των οικολογικών συστημάτων στην οικοδόμηση ενεργειακής απόδοσης: μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Ανανεώσιμες και βιώσιμες ενέργειας Κριτικές* 2015, 45: 610-623.
 4. CY Jim, SW Tsang, Οικολογική ενεργειακή πράσινη οροφή με τροπική ένταση. *Ενέργεια και κτίρια* 2011, 43 (10): 2696-2704.
 5. CY Jim, SW Tsang. Βιοφυσικές ιδιότητες και θερμική απόδοση εντατικής πράσινης στέγης. *Κτίριο και περιβάλλον* 2011, 46: 1263-1274.
 6. EC, 2012, «Η πολυλειτουργικότητα της πράσινης υποδομής», *Επιστήμη για την πολιτική περιβάλλοντος*, εκθέσεις Indepth, Μάρτιος 2012, ΓΔ Περιβάλλοντος. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/studies (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
 7. G. Pérez, L. Rincón, A. Vila, JM González, LF Cabeza. Πράσινα κατακόρυφα συστήματα για κτίρια ως παθητικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας. *Εφαρμοσμένη Ενέργεια* 2011, 88: 4854- 4859.
 8. IGRA. Τύποι πράσινης στέγης. Σε: International Green Roof Association. Από http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php, 2016 (τελευταία πρόσβαση Ιούλιος 2022).
 9. J. Jungels, DA Rakow, SB Allred, SM SkellyCornell. Στάσεις και αισθητικές αντιδράσεις απέναντι σε πράσινες στέγες στις βορειοανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες. *Τοπίο και Πολεοδομία* 2013, 117: 13-21.
 10. Jian-feng Li, OWH Wai, YS Li, Jie-min Zhan, YA Ho, J. Li, E. Lam. Επίδραση της πράσινης οροφής στη συγκέντρωση CO2 περιβάλλοντος. *Κτίριο και περιβάλλον* 2010, 45: 2644-2261.
 11. K. Ip, M. Lam, A. Miller. Απόδοση σκίασης ενός κατακόρυφου φυλλοβόλου θόλου αναρρίχησης. *Κτίριο και περιβάλλον* 2010, 45: 81-88.
 12. K. Perini, M. Ottelé, ALA Fraaij, EM Haas, R. Raiteri. Κάθετα συστήματα πρασινοποίησης και επίδραση στη ροή του αέρα και τη θερμοκρασία στο περιβλήμα του κτιρίου *Κτίριο και περιβάλλον* 2011, 46: 2287-2294.
 13. K. Perini, P. Rosasco. Ανάλυση κόστους-οφέλους για πράσινες προσόψεις και συστήματα ζωντανών τοίχων. *Κτίριο και περιβάλλον* 2013, 70: 110-121.
 14. KL Getter, DB Rowe. Ο ρόλος της εκτεταμένης πράσινης στέγης στη βιώσιμη ανάπτυξη. *Horticultural Science* 200, 41 (5): 1276-1285.
 15. Millennium Ecosystem Αξιολόγηση 2005. Οικοσυστήματα και ανθρώπινη ευημερία: Σύνοψη. ISBN 1-59726-040-1. Island Press, Washington, DC, 2005.
 16. NH Wong, DKW Cheong, H. Yan, J. Soh, CL Ong, A. Sia. Οι επιπτώσεις του κήπου στον τελευταίο όροφο στην κατανάλωση ενέργειας ενός εμπορικού κτηρίου στη Σιγκαπούρη. *Ενέργεια και κτίρια* 200, 35 (4): 353-364.

17. NH Wong, PY Tan, Y. Chen. Μελέτη θερμικής απόδοσης εκτεταμένων συστημάτων πρασίνου στον τελευταίο όροφο στο τροπικό κλίμα. Κτίριο και περιβάλλον 2007, 42: 25-54.
18. P. Bevilacqua, D. Mazzeo, R. Bruno, N. Arcuri. Πειραματική διερεύνηση των θερμικών επιδόσεων μιας εκτεταμένης πράσινης στέγης στην περιοχή της Μεσογείου. Ενέργεια και κτίρια 2016, 122: 63-69.
19. Sulaiman MOY. Μια ανασκόπηση των ενεργειακών πτυχών των πράσινων στεγών. Ανανεώσιμες και βιώσιμες ενέργειας Κριτικές 2013, 23: 155-168.
20. TEEB (2010) Τα οικονομικά των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας: Ενσωμάτωση των οικονομικών της φύσης: Μια σύνθεση της προσέγγισης, των συμπερασμάτων και των συστάσεων του TEEB.
21. Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades by Julià Coma, Gabriel Pérez, Alvaro de Gracia, Silvia Burés, Miguel Urrestarazu, Luisa F. Cabeza
(<https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/58774>)
22. Y. Wang, F. Bakker, R. de Groot, H. Wörtche. Επίδραση των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρέχονται από αστικές πράσινες υποδομές στο εσωτερικό περιβάλλον: Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Κτίριο και περιβάλλον 2014, 77: 88-100.
23. Ανακοίνωση της Επιτροπής: Πράσινη υποδομή. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Μάιος 2013. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.ec.europa.eu/environment (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
24. Ηνωμένα Έθνη. www.un.org (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
25. Μ. Μπιάζεν. Η αξία της αστικής πράσινης υποδομής και η περιβαλλοντική απόκρισή της στο αστικό οικοσύστημα: Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση. International Journal of Environmental Sciences 2015, 4 (2): 89-101.
26. Μ. Σανταμούρης. Μια ανασκόπηση των ανακλαστικών και πράσινων τεχνολογιών μετριασμού της στέγης για την καταπολέμηση του θερμού νησιού και τη βελτίωση της άνεσης σε αστικά περιβάλλοντα. Ηλιακή Ενέργεια 2012, 30: 12-28.
27. Μετάβαση σε βιώσιμα κτίρια · Στρατηγικές και ευκαιρίες έως το 2050. Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, 2013. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.iea.org/etp/buildings (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
28. N. Dunnett, N. Κίνγκσμερι. Φύτευση πράσινων στεγών και τοίχων. Timber Press, Λονδίνο 2008.
29. O. Saadatian, K. Sopian, E. Salleh, CH Lim, S. Riffat, E. Saadatian, A. Toudeshki,
30. Ορίζοντας 2020, Το πρόγραμμα πλαίσιο της ΕΕ για την έρευνα και την καινοτομία, Απρίλιος 2014. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.ec.europa.eu/programmes/horizon2020/el/ (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
31. Προοπτικές ενεργειακής τεχνολογίας 2016. Προς βιώσιμα συστήματα αστικής ενέργειας. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.iea.org/publications/ (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
32. Τεχνικές πληροφορίες για την πράσινη υποδομή (GI). Έγγραφο εργασίας των υπηρεσιών της Επιτροπής. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Μάιος 2013. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.ec.europa.eu/environment (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).
33. Τεχνολογικός χάρτης, ενεργειακά αποδοτικοί φάκελοι. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.iea.org/publications/ (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).

34. Τζον W. Ντόβερ. Πράσινη υποδομή: Ενσωμάτωση φυτών και ενίσχυση της βιοποικιλότητας σε κτίρια και αστικά περιβάλλοντα. ISBN 978-0-415-5213-9. Routledge, 2015.

Χαρτογράφηση και αξιολόγηση των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών τους. Ένα αναλυτικό πλαίσιο για τις εκτιμήσεις των οικοσυστημάτων στο πλαίσιο της δράσης 5 της στρατηγικής της ΕΕ για τη βιοποικιλότητα έως το 2020. Διατίθεται στη διεύθυνση: www.ec.europa.eu/environment/nature/ (τελευταία πρόσβαση τον Ιούλιο του 2022).