



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Τμήμα Τεχνολογίας Γεωπονίας
Κατεύθυνση Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Πτυχιακή εργασία

Αξιολόγηση επιδράσεων σχετικά με εγκατάσταση πράσινου σε κτήρια και ανάπτυξη καινοτόμων υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις



Παπακωνσταντίνου Κωνσταντίνος

Άρτα 2015

[κενή]

Εκπαιδευτικό ίδρυμα: Τ.Ε.Ι. Ηπείρου

Τμήμα: Τεχνολογίας Γεωπονίας

Κατεύθυνση Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Τίτλος: **Αξιολόγηση επιδράσεων σχετικά με εγκατάσταση πράσινου σε κτήρια και ανάπτυξη καινοτόμων υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις**

Σπουδαστής: Παπακωνσταντίνου Κωνσταντίνος

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ,

ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ: ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Τμ. ΑΑΤ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: 1. ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
2. ΚΑΡΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
3. ΒΑΡΡΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Τόπος: ΑΡΤΑ

Έτος: 2015

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που βοήθησαν, ώστε να υλοποιηθεί η εργασία αυτή, αρχικά τον Δρ. Βάρρα Γρηγόριο, επιστημονικό υπεύθυνο του έργου ΗSoB (Αρχιμήδης ΙΙΙ), τον Δρ. Τσιρογιάννη Ιωάννη ο οποίος ήταν καθηγητής μου στα σημαντικότερα για εμένα μαθήματα της φοιτητικής μου σταδιοδρομίας, με την έγκριση του μου επέτρεψε να συμμετάσχω στην πειραματική εργασία για την αξιολόγηση επιδράσεων σχετικά με εγκατάσταση πράσινου σε κτήρια και ανάπτυξη καινοτόμων υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις, τον, τον Δρ. Καρρά Γεώργιο ο οποίος με την πολυετή εμπειρία του στα καλλωπιστικά φυτά με βοηθούσε κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας, τον Δρ. Πατακιούτα Γεώργιο από τον οποίο στο παρελθόν έχω διδαχθεί Γενική / Ειδική φυτοπροστασία και Φαρμακολογία οι γνώσεις των οποίων μου χρειάστηκαν κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας, τον κ. Μάντζιο Νικόλαο ο οποίος μου έχει διδάξει αρκετές σημαντικές και ουσιώδεις γνώσεις όσον αφορά τα καλλωπιστικά φυτά και τέλος τους συμφοιτητές και συνεργάτες που με βοήθησαν κατά την υλοποίηση της πειραματικής πτυχιακής μου εργασίας: Σ. Κατσουλάκου, Π. Μπαλτζώη, Μ. Μπακέα, Ε. Λαμπράκη, Α. Ανδιανού και Σ. Τριάντο.

Εικόνα εξωφύλλου:

Υδροπονική Πέργκολα στο αίθριο του κτηρίου ΑΑΤ στο ΤΕΙ Ηπείρου (2012, έργο Αρχιμήδης ΙΙΙ ΗSoB)

[κενή]

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	10
Αστικό πράσινο και πράσινο σε κτήρια	11
Υδροπονικές κατασκευές και αστικό πράσινο, η ιδέα της υδροπονικής πέργκολας	14
Σχεδιασμός και κατασκευή υδροπονικής πέργκολας στο αίθριο του κτ. ΑΑΤ ΤΕΙ Ηπείρου.....	15
Σκελετός	15
Κανονισμοί σχεδιασμού και φορτίσεων που χρησιμοποιήθηκαν	15
Διάταξη θρέψης – άρδευσης.....	23
Υλικά και μέθοδοι	28
Περιοχή εγκατάστασης και κλιματικές συνθήκες	28
Κλιματολογικά στοιχεία	29
Υποστρώματα.....	31
Θρεπτικά διαλύματα	31
Φυτικό υλικό	33
Προετοιμασία των φυτών στο θερμοκήπιο	37
Μετρητικός εξοπλισμός	43
Εκτίμηση εξέλιξης ανάπτυξης / σκίασης μέσω φωτογράφισης	44
Αποτελέσματα	52
Συμπεράσματα.....	54
Παράρτημα Ι - Διάφορα ενδιαφέροντα κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	58
Προβλήματα με φυτικό υλικό	58
Έκθεση των φυτών της πέργκολας στο ηλιακό φως σκιάσεις.....	60
Έλεγχος ομοιομορφίας άρδευσης	61
Παράρτημα ΙΙ: Προτάσεις εναλλακτικών μορφών που θα μπορούσε να έχει σε εμπορικές εφαρμογές η ιδέα της υδροπονικής πέργκολας	64
Βιβλιογραφία	56

Πίνακες

Πίνακας 1 Φυτικό υλικό που επιλέχθηκε	34
---	----

Εικόνες

Εικόνα 1 Υδροπονική πέργκολα στο πανεπιστήμιο της Αλμερίας	14
--	----

Εικόνα 2 Γενική κάτοψη υδροπονικής πέργολας	15
Εικόνα 3 Δομοστατικό σχέδιο (βόρεια και νότια όψη)	16
Εικόνα 4 Δομοστατικό σχέδιο (ανατολική και δυτική όψη)	16
Εικόνα 5 Δομοστατικό σχέδιο (κάτοψη)	17
Εικόνα 6 3D Ανάπτυξη μοντέλου στο 3D studio max της Autodesk.....	18
Εικόνα 7 3D απεικόνιση από ΝΔ.....	18
Εικόνα 8 3D απεικόνιση από ΒΑ.....	18
Εικόνα 9 Πρώτη ημέρα κατασκευής της πέργολας	19
Εικόνα 10 Ολοκλήρωση κατασκευής του σκελετού της πέργολας	19
Εικόνα 11 Σύρματα για την στήριξη αναρριχόμενων φυτών	20
Εικόνα 12 Φυτευτικός φορέας (σχέδιο, πάνω και κάτω πλευρά)	21
Εικόνα 13 Φυτευτικός φορέας εγκατεστημένος στην πέργολα.....	22
Εικόνα 14 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας αρδευτικού συστήματος (Σύστημα Β).....	23
Εικόνα 15 Σύστημα άρδευσης (αρχική σύνδεση).....	24
Εικόνα 16 Σύστημα άρδευσης (στο πάνω μέρος της εικόνας διακρίνεται η τερματική σύνδεση των αγωγών εφαρμογής με by-pass και δεξιά η βαλβίδα αερισμού) ..	24
Εικόνα 17 Δεξαμενή θρεπτικού διαλύματος	25
Εικόνα 18 Προγραμματιστής άρδευσης	25
Εικόνα 19 Σταλάκτες AK Palaplast αξίος – PC	25
Εικόνα 20 λόγχη AK Palaplast Dripper strike 30.....	26
Εικόνα 21 Αισθητήρας EC5 και καταγραφικό (data logger) Em50 της Decagon Devices	26
Εικόνα 22 Χάρτης νομού Άρτας (πηγή: GoogleMaps).....	28
Εικόνα 23 Δορυφορική εικόνα της Τεχνόπολης του ΤΕΙ Ηπείρου στους Κωστακιούς Άρτας (πηγή: GoogleEarth, 2014)	29
Εικόνα 24 Ομβροθερμικό διάγραμμα για την περιοχή της Άρτας	30
Εικόνα 25 Περλίτης Perloflor Hydro	31
Εικόνα 26 Χάρτης της Ελλάδας με ζώνες ανθεκτικότητας	34
Εικόνα 27 <i>Santolina chamaecyparissus</i>	35
Εικόνα 28 <i>Dimorphoteca sinuata</i>	35
Εικόνα 29 <i>Pelargonium zonale</i>	35
Εικόνα 30 <i>Pelargonium peltatum</i>	36
Εικόνα 31 <i>Rosmarinus officinalis</i> (Prostatu).....	36
Εικόνα 32 <i>Petunia surfinia</i>	36
Εικόνα 33 <i>Gazania rigens</i>	36

Εικόνα 34 <i>Lavandula angustifolia</i>	36
Εικόνα 35 <i>Pelargonium graveolens</i>	37
Εικόνα 36 Διαχωρισμός θερμοκηπίου σε 8 λωρίδες	37
Εικόνα 37 Γέμισμα φυτευτικών φορέων με περλίτη	37
Εικόνα 38 Γεμισμένοι φυτευτικοί φορείς.....	37
Εικόνα 39 Φυτευτικοί φορείς πριν την τοποθέτηση φυτών	38
Εικόνα 40 Φυτό από το φυτώριο.....	38
Εικόνα 41 Επεξεργασία φυτών, βήμα α	38
Εικόνα 42 Επεξεργασία φυτών, βήμα β	39
Εικόνα 43 Επεξεργασία φυτών, βήμα γ	39
Εικόνα 44 Τοποθέτηση φυτού, βήμα α	39
Εικόνα 45 Τοποθέτηση φυτού, βήμα β	39
Εικόνα 46 Φυτευτικός φορέας στην τελική του μορφή	39
Εικόνα 47 Έλεγχος φυτών στους φυτευτικούς φορείς.....	39
Εικόνα 48 Τοποθέτηση λογχών στο θερμοκηπιακό σύστημα άρδευσης	40
Εικόνα 49 Φυτό κατά τις πρώτες μέρες προσαρμογής στο θερμοκήπιο με λίπανση για ανάπτυξη βλαστού	40
Εικόνα 50 Κατάσταση θερμοκηπίου κατά την προσαρμογή των φυτών	41
Εικόνα 51 Προσαρμογή των φυτών στο θερμοκήπιο 20-5-2013	41
Εικόνα 52 Προσαρμογή των φυτών στο θερμοκήπιο 29-6-2013	41
Εικόνα 53 Προσαρμογή των φυτών στο θερμοκήπιο 1-7-2013	41
Εικόνα 54 Τοποθέτηση δικτύου σκίασης	42
Εικόνα 55 Δίχτυ σκίασης τοποθετημένο στην πέργολα	42
Εικόνα 56 Ταξινόμηση των φυτευτικών φορέων με βάση του σχεδίου φύτευσης.....	42
Εικόνα 57 Τοποθέτηση των φυτευτικών φορέων στην πέργολα.....	42
Εικόνα 58 Τέλος της τοποθέτησης των φυτευτικών φορέων στην πέργολα	43
Εικόνα 59 Αισθητήρες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα σε προστατευτικό κλωβό και πυρανόμετρο	43
Εικόνα 60 DL2 Datalogger	44
Εικόνα 61 Σημεία φωτογράφισης	44
Εικόνα 62 Κόκκινο νήμα ακριβώς κάτω από τους φυτευτικούς φορείς	44
Εικόνα 63 Αποψη από το σημείο φωτογράφισης X13	45
Εικόνα 64 Αρχική εικόνα > ανοίγμα με Adobe Photoshop 7.0	45
Εικόνα 65 Επιλογή του magic wand tool (w) για καθάρισμα του ουρανού.....	46

Εικόνα 66 Επιλογή του lasso tool (L) για καθάρισμα του, πλαισίου πέργολας, φυτευτικών φορέων και τοίχων του κτηρίου.....	46
Εικόνα 67 Τέλος καθαρισμού ουρανού – φυτευτικών φορέων.....	47
Εικόνα 68 Image>Mode>Grayscale>ok.....	47
Εικόνα 69 Image>Adjustments>Brightness/Contrast (Brightness=+50, Contrast=+100).....	48
Εικόνα 70 Image>Mode>Bitmap>ok (72bit).....	48
Εικόνα 71 Image>Mode>Grayscale (αυτό το βήμα πραγματοποιήθηκε για δεύτερη φορά)	49
Εικόνα 72 Image > Histogram.....	49
Εικόνα 73 Μετακίνηση δείκτη (σταυρού) προς τα αριστερά έως το μαύρο (Level=0) και διαβάζω ποσοστό (π.χ. 10,43: σημαίνει 10,43% μαύρο)>ok	50
Εικόνα 74 Τελική εικόνα	50
Εικόνα 75 Τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων για το 2013 σε σχέση με κλιματικές τιμές (EMY, 2014)	52
Εικόνα 76 Θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία στο αίθριο πριν (2009-2012) και μετά (2013) την εγκατάσταση της πέργκολας.	53
Εικόνα 77 Εξέλιξη ποσοστού σκίασης από την πέργκολα.....	53
Εικόνα 78 Προσβολή από αλευρώδη (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) σε <i>Petunia surfinia</i>	58
Εικόνα 79 <i>Asparagus densifloru</i>	58
Εικόνα 80 <i>Dimorphoteca sinuata</i>	58
Εικόνα 81 <i>Petunia surfinia</i>	59
Εικόνα 82 <i>Petunia surfinia</i>	59
Εικόνα 83 Αντικατάσταση φυτών	59
Εικόνα 84 <i>Pelargonium capitatum</i> (αρμπάρόριζες).....	59
Εικόνα 85 <i>Pelargonium zonale</i>	59
Εικόνα 86 Σκίαση πέργολας στις 11:30	60
Εικόνα 87 Σκίαση πέργολας στις 13.30	60
Εικόνα 88 Σκίαση πέργολας στις 15.30	60
Εικόνα 89 Πρώτη μέτρηση ομοιομορφίας	61
Εικόνα 90 Έλεγχος σταλαχτών	61
Εικόνα 91 Σταλάκτης βουλωμένος.....	61
Εικόνα 92 Σύνδεση και έλεγχος λογχών	62
Εικόνα 93 Συνεστραμμένα φύλλα λόγω της υψηλής υγρασίας εδάφους	62
Εικόνα 94 Singapore garden.....	64

Εικόνα 95 Miracle Garden.....	64
Εικόνα 96 Selgas Cano.....	65
Εικόνα 97 Vertical grow	65
Εικόνα 98 Clearpoint Garden.....	66
Εικόνα 99 Home hydro systems	66

[κενή]

Εισαγωγή

Η πτυχιακή αυτή εργασία παρουσιάζει αποτελέσματα επίδρασης μίας φυτικής επιφάνειας και συγκεκριμένα μίας υδροπονικής πέργκολας στο μικροκλίμα ενός έντονα δομημένου χώρου.

Η χλωρίδα είναι απαραίτητη για τον καθένα μας καθώς μας προσφέρει αμέτρητα πλεονεκτήματα και αγαθά όπως: παραγωγή O_2 , φιλτράρισμα του μολυσμένου αέρα και νερού, καλαισθησία, ευχάριστες οσμές, τροφές κλπ. Η αρχιτεκτονική τοπίου έχει εξελιχτεί αρκετά καθώς με τον συνδυασμό της τεχνολογίας και τις γνώσεις στην κηπουρική και την άρδευση έχουμε περάσει σε άλλο επίπεδο κατασκευής χώρων πρασίνου από έναν σύγχρονο και αυτόνομο κήπο έως τεράστιες κατασκευές πρασίνου (κήποι της Σιγκαπούρης) που γίνονται πόλος έλξης τουριστών αλλά και πολιτών οι οποίοι είναι εγκλωβισμένοι σε μεγαλουπόλεις και χρειάζονται απεγνωσμένα καθαρό αέρα καθώς και την ενεργεία των φυτών σε διάφορα επίπεδα: πρακτικό, αισθητικό, πνευματικό κλπ.

Το νερό είναι το σημαντικότερο αγαθό που μας προσφέρει η γη καθώς χωρίς αυτό δεν θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη. Τα προηγούμενα χρόνια η κοινωνία δεν γνώριζε πόσο απαραίτητη είναι η οικονομική και έξυπνη χρήση του πόσιμου νερού με αποτέλεσμα σήμερα να έχουμε πάρα πολλές αποδείξεις από έρευνες ότι το πόσιμο νερό έχει ελαττωθεί δραματικά και ότι κάτι πρέπει να αλλάξει έτσι ώστε να μην έχουμε ακόμα χειρότερες επιπτώσεις για την υγεία μας και γενικά για το περιβάλλον.

Τα φυτά δεν είναι τόσο απαιτητικά όσο νομίζουμε καθώς μπορούν να αναπτυχθούν και με νερό κατώτερης ποιότητας, που τόσα χρόνια το υποτιμούσαμε λόγω έλλειψης γνώσεων και εξειδίκευσης. Πλέον πέρα από τις παραδοσιακές μεθόδους αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών νερού (π.χ. συλλογή βρόχινου) υπάρχουν πολλές μέθοδοι άρδευσης με νερό διαφόρων προελεύσεων όπως το γκρίζο και το ανακυκλωμένο νερό. Ένας από τους αποτελεσματικότερους και πρακτικούς τρόπους άρδευσης είναι η υδροπονία και έχει πολλά πλεονεκτήματα σε ερασιτεχνικό αλλά κυρίως σε επαγγελματικό επίπεδο. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες υδροπονικών καλλιεργειών: αυτές που δεν απαιτούν υπόστρωμα (φίλμ νερού - NFT και αεροπονία) και αυτές που γίνονται σε αδρανή υποστρώματα (πετροβάμβακας, περλίτης κ.λπ.). Στην υδροπονία απαιτείται λίπανση των φυτών μέσω υδατικού διαλύματος. Τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε κλειστά, όπου το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται, και σε ανοιχτά, όπου το ποσό θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει από την άρδευση (περίπου 10-30%) απομακρύνεται από το σύστημα.

Η υδροπονική πέργκολα ήταν κατασκευασμένη με κλειστό σύστημα με αποτέλεσμα να γινόταν ανακύκλωση του υδατικού διαλλείματος και να υπήρχε η μέγιστη αποδοτικότητα του συστήματος άρδευσης με την ελάχιστη χρήση πόσιμου νερού.

Αστικό πράσινο και πράσινο σε κτήρια

Η διαχείριση του μικροκλίματος εντός και πέριξ των κτιρίων στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος, με συνεχώς αυξητική τάση, γεγονός που έχει άμεση επίπτωση, στην αύξηση της θερμοκρασίας των πόλεων, στις εκπομπές CO₂ και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, στη ρύπανση του περιβάλλοντος και στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στα αστικά κέντρα το φαινόμενο των λεγόμενων «θερμικών νησίδων», που δημιουργούνται από το συνδυασμό υψηλών θερμοκρασιών και ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ιδιαίτερα έντονο τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες με σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών και στην κατανάλωση ενέργειας για μείωση των υψηλών θερμοκρασιών. Οι θερμικές νησίδες - φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο μιας αστικής περιοχής είναι υψηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία που καταγράφεται στα περίχωρα αυτής- προκαλούνται κυρίως από τα υλικά που δημιουργούν το δομημένο αστικό περιβάλλον, δηλαδή το τσιμέντο και την ασφαλτο. Τα υλικά αυτά απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και την αποδίδουν, εκ νέου, στο περιβάλλον ως θερμότητα. Ως αποτέλεσμα, η μέση θερμοκρασία της πόλης αυξάνεται ακόμη και κατά 10°C σε σχέση με τις γειτονικές αδόμητες, αγροτικές περιοχές, ενώ επί των επιφανειών οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι μέχρι και διπλάσιες των κανονικών. Αντίστοιχη απόδοση θερμότητας γίνεται και προς την εσωτερική πλευρά του κτιρίου, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι να βιώνουν συνθήκες θερμοκηπίου. Την κατάσταση επιδεινώνουν τα κλιματιστικά μηχανήματα, που μπορεί μάλιστα να ανακουφίζουν όσους βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου, ωστόσο αυξάνουν περαιτέρω τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Παπαϊωάννου, 2007). Τα τελευταία χρόνια κλιματιστικά μηχανήματα και εγκαταστάσεις δροσισμού εγκαθίστανται όλο και πιο συχνά και σε εξωτερικούς χώρους κτηρίων (είσοδοι, καφέ, εστιατόρια κ.κ.).

Το δώμα, βασικό στοιχείο των κτηρίων σε χώρες με χαμηλή βροχόπτωση και ήπιους χειμώνες ανέκαθεν χρησιμοποιούνταν ως χώρος εγκατάστασης φυτών σε δοχεία (Πετρόπουλος, 2000). Η βασική ιδέα λοιπόν για τη δημιουργία οροφώκητων προϋπήρχε από πολύ παλιά, η εφαρμογή της όμως απέκτησε ιδιαίτερη αξία στις ημέρες μας, λόγω της δυνατότητας χρήσης αναξιοποίητου αστικού χώρου με πολλά πλεονεκτήματα. Οι πράσινες στέγες – εκτατικού, ημιεντατικού ή εντατικού τύπου- έχει αποδειχθεί ότι αναβαθμίζουν αισθητικά και λειτουργικά τα κτήρια, βελτιώνουν το μικροκλίμα των αστικών περιοχών, μειώνουν την απορροή βρόχινου νερού, μειώνουν την ηχορύπανση, τη σκόνη, το νέφος και την κατανάλωση ενέργειας, ενισχύουν και προστατεύουν τη μόνωση του δώματος και δημιουργούν κατάλληλο περιβάλλον για φιλοξενία πανίδας και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας της περιοχής. Ακόμη βοηθούν τους κατοίκους των πόλεων να ξεπεράσουν το άγχος της καθημερινότητας, να αναπτύξουν κοινωνικές σχέσεις και περιβαλλοντική ευαισθησία (Wilmer, 1988; Luvall και Holbo, 1989, Bass και Baskaran, 2003; Santamouris και Georgakis, 2003; Hoffman και McDonough, 2004; Cantor, 2008).

Η χρησιμοποίηση μιας φυτικής επιφάνειας στην οροφή ενός κτιρίου συμβάλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση του εσωτερικού του κλίματος. Η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία μειώνονται καθώς διέρχονται από τη φυτική επιφάνεια που καλύπτει την οροφή. Τα φυτά μέσω των φυσιολογικών τους λειτουργιών (φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή και εξάτμιση) μεταβάλλουν σημαντικά τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας που διέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου (Monteith

και Unsowrth, 2008; Alexandri και Jones, 2008). Έως τώρα ερευνητικές προσπάθειες έχουν δείξει ότι η υιοθέτηση πράσινης στέγης μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με το φαινόμενο της «θερμικής νησίδας» την αύξηση των επιπέδων ρύπανσης των πόλεων τη βιοποικιλότητα και την ορθολογική διαχείριση υδάτινων πόρων στα σύγχρονα αστικά κέντρα (Robbert κ.α., 2009; Fang Fang 2008; Takebayashi και Moriyama, 2007). Η επίδραση των φυτεμένων οροφών στο εσωτερικό κλίμα των κτιρίων έχει μελετηθεί στο παρελθόν κυρίως με αναλυτικές και πειραματικές μεθόδους (Sailor 2008; Santamouris κ.α. 2007, Elazzarin κ.α., 2005).

Σχετικά με τους οροφόμενους, έχει ήδη αναπτυχθεί σημαντική τεχνογνωσία όσο αφορά τα υλικά και τα συστήματα που συνδυάζουν την ελαφριά κατασκευή με την ανάπτυξη καλαισθητών και λειτουργικών χώρων πράσινου: σύγχρονα εξειδικευμένα υλικά, κατάλληλα συστήματα αποστράγγισης, ειδικά μείγματα ανάπτυξης – υποστρώματα, κατάλληλοι τύποι συστημάτων άρδευσης κοκ (Παγκάλου, 2005). Από την άλλη δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με τις κατακόρυφες και τις αναρτημένες φυτεύσεις παρόλο που ως τεχνικές είναι εξίσου παλαιές.

Τα κτήρια έχουν συνήθως πολύ μεγάλο λόγο επιφάνειας τοίχων προς οροφή, και οι τοίχοι επηρεάζουν το μικροκλίμα όπως και οι οροφές. Έχουν ήδη παρουσιαστεί αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις θετικές επιδράσεις των κατακόρυφων φυτεύσεων στο αστικό μικροκλίμα και το εσωτερικό περιβάλλον των κτηρίων, είτε με χρήση παραδοσιακών λύσεων –πλέγματα με αναρριχώμενα φυτά- (Hoyano, 1988) είτε σε περιπτώσεις σύνθετων φυτεύσεων (Wilmers, 1988; Holm, 1989; Bass και Baskaran, 2003). Τα τελευταία χρόνια διάσημοι –κυρίως για το αισθητικό τους αποτέλεσμα- είναι οι κατακόρυφοι κήποι του Πατρίκ Μπλαν (Blanc, 2009) οι οποίοι όμως εφαρμόζονται σχεδόν αποκλειστικά σε ψυχρές και υγρές περιοχές.

Σημαντικό ζητούμενο αποτελεί επίσης και η δημιουργία σκιερών χώρων που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ανθρώπους το οποίο είναι δύσκολο να επιτευχθεί με τα φυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως σε οροφόμενους. Η χρήση πέργολας ως κατασκευής κήπου για στήριξη φυτών είναι γνωστή και εφαρμόζεται από παλαιά. Δημοσιευμένα στοιχεία σχετικά με την επίδραση μιας υδροπονικής πέργολας (Montero και Salas, 2009) έδειξαν ότι παρέχει υψηλό αισθητικό επίπεδο φύτευσης παράλληλα με σκίαση και βελτίωση του μικροκλίματος.

Η συνέχιση της μελέτης των επιδράσεων τους στο εξωτερικό και εσωτερικό κλίμα των κτηρίων σε πόλεις με Μεσογειακό κλίμα έχει τονιστεί από πολλούς ερευνητές (Eumorphoulou και Aravantinos, 1998; Νεκτάριος, 2007). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η μελέτη των κοινωνικών παραμέτρων που σχετίζονται με την εγκατάσταση πράσινου στις οροφές, στους τοίχους αλλά και σε κατασκευές των κτηρίων [Π.Ε. 1]. Τέτοιου είδους μελέτες θεωρούνται ιδιαίτερα χρήσιμες για την λήψη σχεδιαστικών αποφάσεων σε έργα πράσινου (Ανθόπουλος και Τζώρτζη, 2006).

[κενή]

Υδροπονικές κατασκευές και αστικό πράσινο, η ιδέα της υδροπονικής πέργκολας

Η πτυχιακή εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου HSoB¹ το οποίο αποσκοπούσε στην ανάπτυξη τεχνογνωσίας σχετικά με το σχεδιασμό, την διαχείριση και τις επιδράσεις πράσινων κατασκευών σε αστικά κτήρια υπό μεσογειακές συνθήκες.

Στόχος ήταν η αξιολόγηση των επιδράσεων (μικροκλιματικές, ενεργειακές κοκ) από την χρήση φυτεύσεων σε κτήρια και η απόκτηση τεχνογνωσίας σχετικά με το σχεδιασμό, φύτευση και διαχείριση πράσινων κατασκευών. Στο πλαίσιο αυτό αξιολογήθηκε πειραματικά μία υδροπονική πέργκολα. Η υδροπονική πέργκολα πλεονεκτεί όσο αφορά τη σχεδίαση σε σχέση με τις σχετικές συμβατικές κατασκευές υπό την έννοια ότι δίνουν τη δυνατότητα σχεδιαστικής έκφρασης σε επίπεδο αρχιτεκτονικής τοπίου και το φυτικό σύνολο μπορεί να αποτελεί σύνθεση διαφόρων φυτών με αποτέλεσμα παρόμοιο με αυτό ενός κήπου.

Στο πανεπιστήμιο της Αλμερίας (Ισπανία) πραγματοποιήθηκε ένα παρόμοιο πείραμα υδροπονικής πέργκολας το 2010 από τους Mc Salas και J.L. Montero (Εικόνα 1) το οποίο αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για το πείραμα της υδροπονικής πέργκολας στο ΤΕΙ Ηπείρου (Άρτα) . Βέβαια οι συνθήκες ήταν λίγο διαφορετικές από της Άρτας καθώς η Αλμερία μπορεί να βρίσκεται στη Μεσόγειο αλλά οι συνθήκες κλίματος διαφέρουν καθώς η πόλη της Αλμερίας βρίσκεται σε παραθαλάσσια περιοχή με ισχυρούς ανέμους και έλλειψη βροχόπτωσης καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, σε αντίθεση με την Άρτα η οποία έχει από τα υψηλότερα ποσοστά βροχόπτωσης πανελλαδικός και πολύ υψηλό ποσοστό υγρασίας του αέρα.



Εικόνα 1 Υδροπονική πέργκολα στο πανεπιστήμιο της Αλμερίας

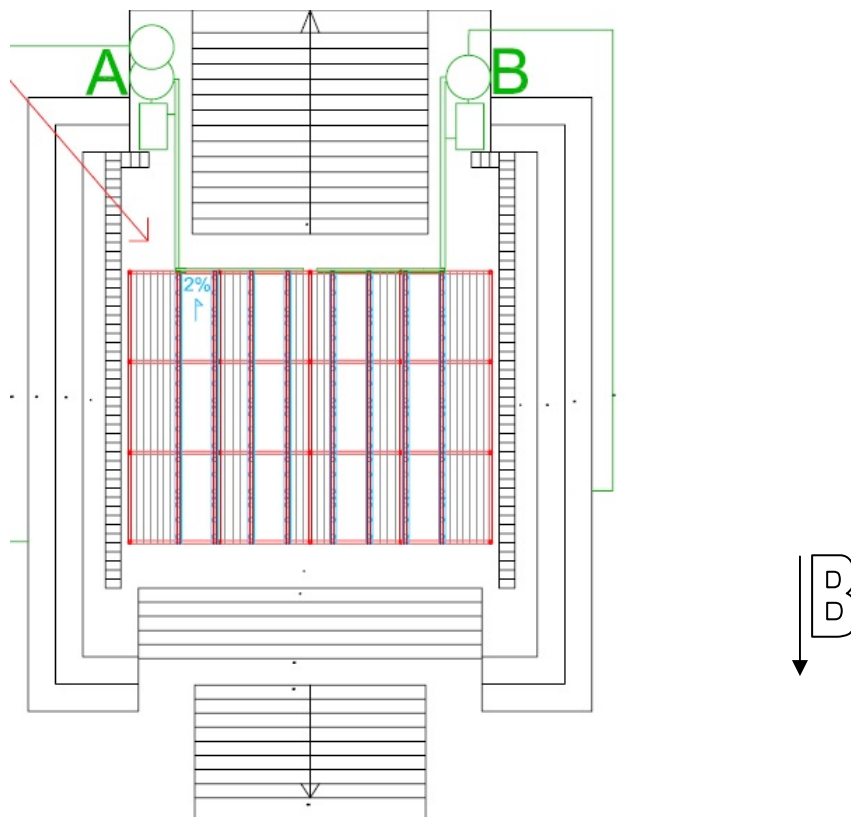
Το πείραμα της υδροπονικής πέργκολας υλοποιήθηκε στον αίθριο χώρο του κτηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου (ΤΕΙ Ηπείρου) διότι εκεί δημιουργούνται συνθήκες παρόμοιες με αυτές έντονα δομημένου αστικού περιβάλλοντος.

¹ Hydroponic Structures on Buildings

Σχεδιασμός και κατασκευή υδροπονικής πέργκολας στο αίθριο του κτ. ΑΑΤ ΤΕΙ Ηπείρου

Σκελετός

Ο σκελετός της υδροπονικής πέργκολας σχεδιάστηκε από τον Πολιτικό Μηχανικό κ. Τσούτση Χ. (συνεργάτη του έργου ΗSoB) σύμφωνα με τους όρους και προϋποθέσεις κατασκευής επιφανειών σε υπαίθριους χώρους δημόσιων κτηρίων από έμπειρο προσωπικό σε τεχνικό, δομικό, σχεδιαστικό, αρδευτικό και γεωπονικό επίπεδο, σε 2D και 3D μορφή. (Εικόνα 2 , Εικόνα 3 , Εικόνα 4 , Εικόνα 5, Εικόνα 6, Εικόνα 7 και Εικόνα 8).

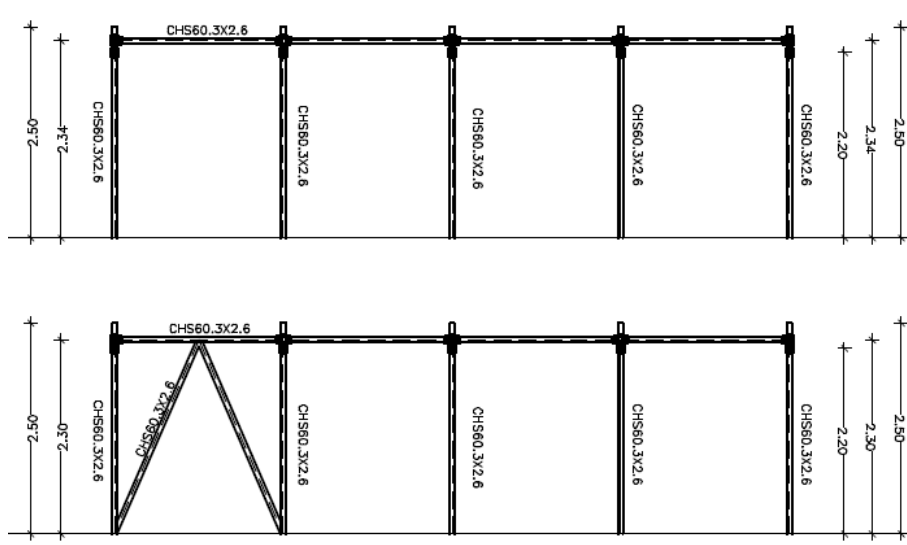


Εικόνα 2 Γενική κάτοψη υδροπονικής πέργκολας

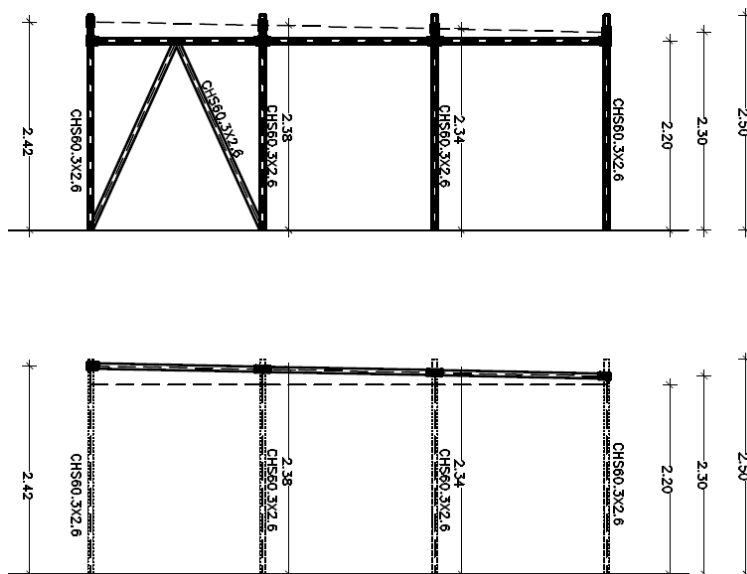
Κανονισμοί σχεδιασμού και φορτίσεων που χρησιμοποιήθηκαν

- ENV 1991-1-1:1994 Eurocode 1: Basis of design and actions on structures-Part 1: Basis of design (EC1)
- ENV 1991-2-1:1995 Eurocode 1: Basis of design and actions on structures-Part 2-1: Actions on structures – Densities, self-weight and imposed loads (EC1)
- ENV 1991-2-5: Eurocode 1: Basis of design and actions on structures-Part 2.5: Thermal actions (EC1)

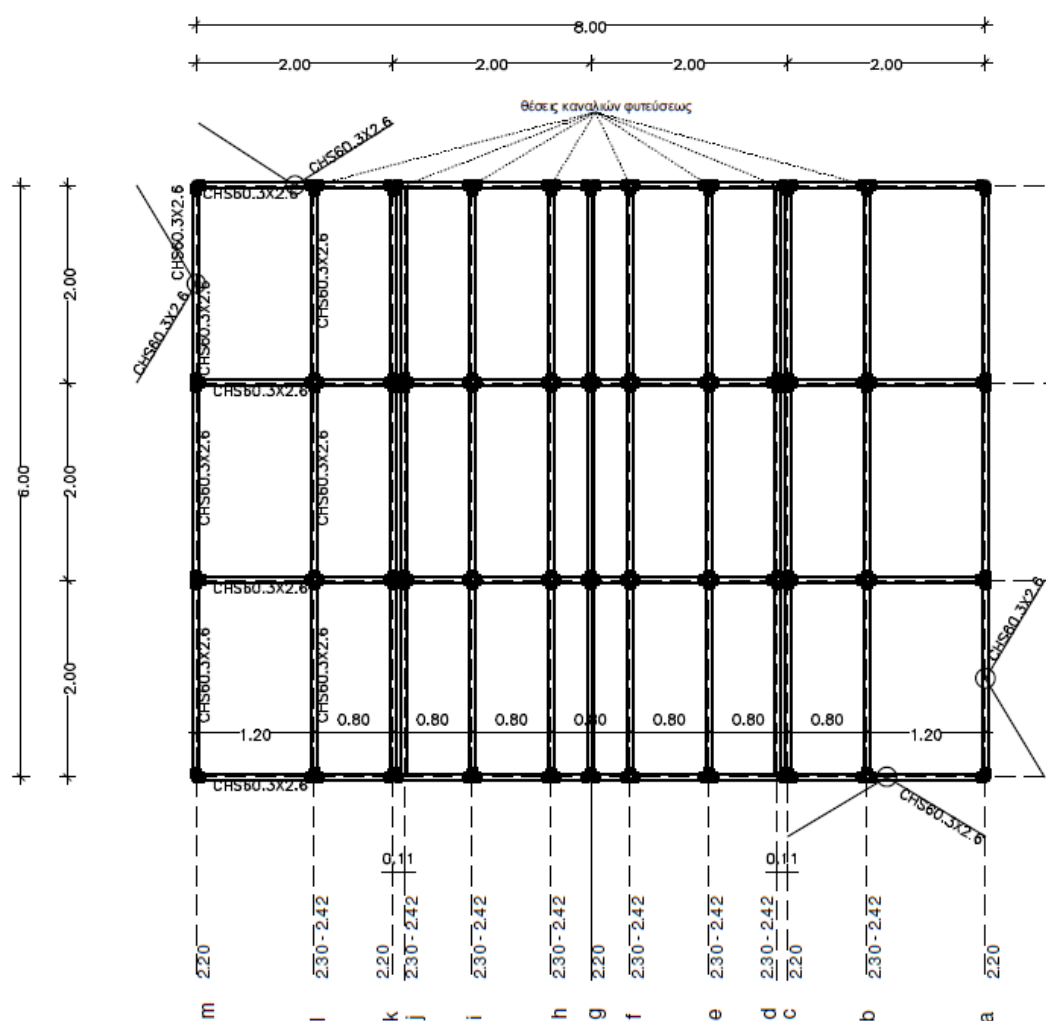
- ENV 1993 –1-1:1992 Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings & Εθνικό κείμενο Εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3 (απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ Δ11β/031/9.5.1996 και ΦΕΚ 383Β/24.5.96) (EC3)
- EN 13031-1 - Greenhouses - Design and construction - Part 1: Commercial production greenhouses. (ΕΛΟΤ EN 13031.01 Θερμοκήπια: Σχεδιασμός και κατασκευή - Μέρος 1: Θερμοκήπια παραγωγής) (EN13031)
- Αντισεισμικός Κανονισμός: ΕΑΚ 2003 (ΕΑΚ 2003)



Εικόνα 3 Δομοστατικό σχέδιο (βόρεια και νότια όψη)

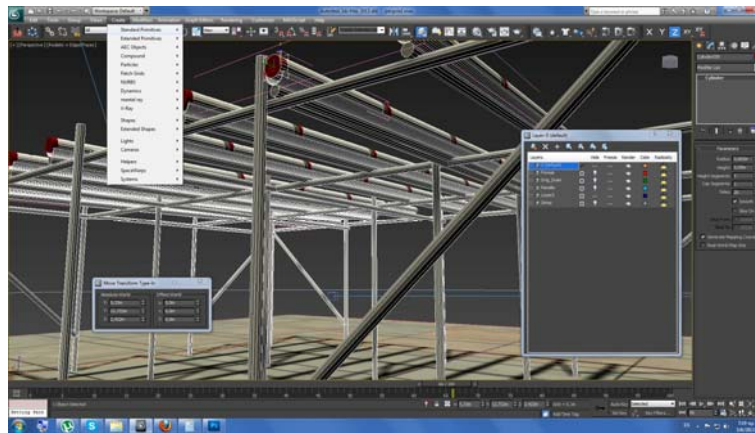


Εικόνα 4 Δομοστατικό σχέδιο (ανατολική και δυτική όψη)

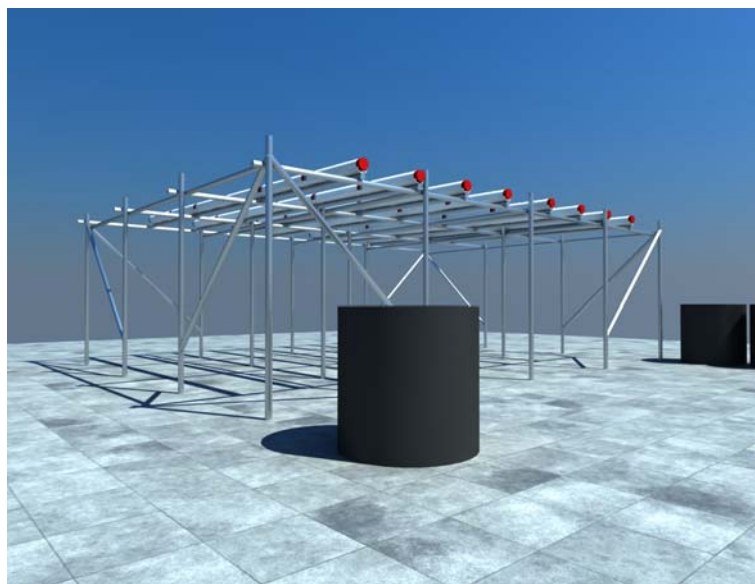


Εικόνα 5 Δομοστατικό σχέδιο (κάτοψη)

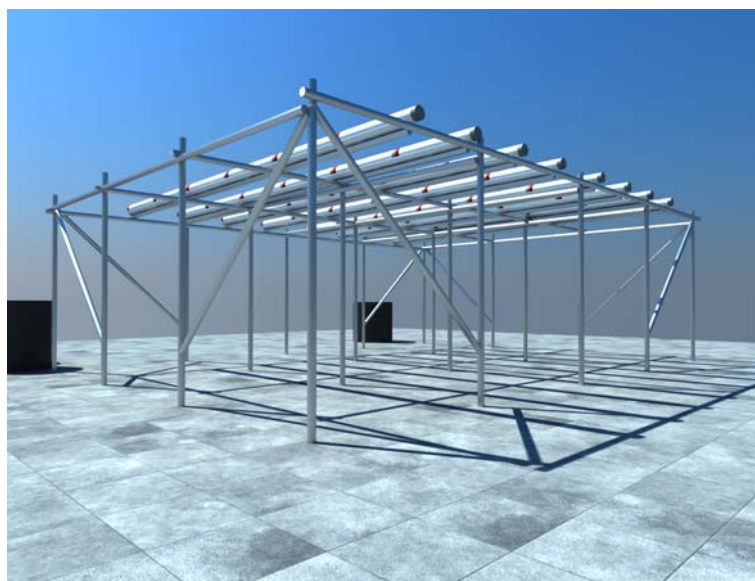
Οι διαστάσεις του πλαισίου είναι (ΠΧΜΧΥ σε m): 6X8X2,3. Είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένους χαλυβδοσωλήνες κατασκευών, κυκλικής διατομής διαμέτρου 60.3 και πάχους 2.6mm. Δημιουργήθηκε επίπεδο στήριξης των καναλιών το οποίο στηρίζεται σε κάναβο υποστυλωμάτων 2x2m. Η στήριξη του πλαισίου στο δάπεδο καθώς και η σύνδεση των σωλήνων έγινε με χρήση γαλβανισμένων μεταλλικών συνδέσμων λυόμενων κατασκευών.



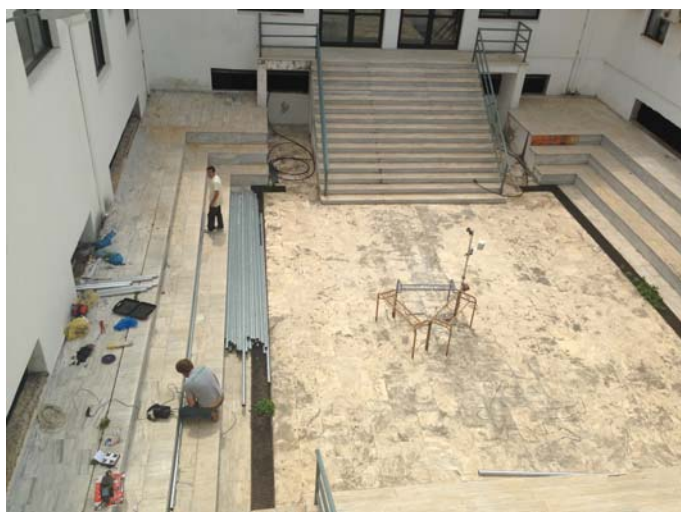
Εικόνα 6 3D Ανάπτυξη μοντέλου στο 3D studio max της Autodesk



Εικόνα 7 3D απεικόνιση από ΝΔ



Εικόνα 8 3D απεικόνιση από ΒΑ



Εικόνα 9 Πρώτη ημέρα κατασκευής της πέργολας



Εικόνα 10 Ολοκλήρωση κατασκευής του σκελετού της πέργολας

Πάνω στο πλαίσιο τοποθετήθηκαν 8 κανάλια μήκους 6m. Η βάση κάθε καναλιού είναι σωλήνας PVC ανοικτής υδρορροής βαρέως τύπου, χρώματος λευκού, ημικυκλικής διατομής διαμέτρου 125mm και πάχους 2,3mm (οι σωλήνες αυτές είναι διαθέσιμες συνήθως σε μήκος 3m και η σύνδεση γίνεται με ειδικά εξαρτήματα και χρήση ειδικής κόλλας PVC). Η κατά μήκος κλίση της υδρορροής είναι 2%. Στο υψηλότερο άκρο κάθε καναλιού είναι τοποθετημένο τερματικό υδρορροής ενώ στο χαμηλότερο άκρο κάθε καναλιού υπάρχει παροχέτευση σε αγωγό PVC Ø40. Τα κανάλια είναι χωρισμένα σε δύο ομάδες των τεσσάρων όσο αφορά την συλλογή της απορροής. Ένας αγωγός PVC, λευκός Ø40 συγκεντρώνει το σύνολο των απορροών από τα κανάλια κάθε ομάδας και τα οδηγούσε στην αντίστοιχη δεξαμενή.

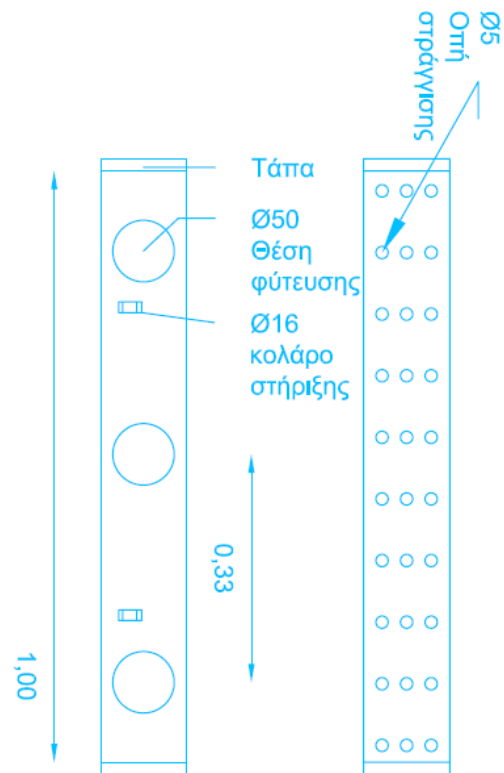
Περιμετρικά του χώρου των καναλιών και στο ίδιο επίπεδο είναι εγκατεστημένες γραμμές από γαλβανισμένο κοινό μαλακό σύρμα (Εικόνα 11), διατομής 2mm ανά 30cm και τα σύρματα είναι τεντωμένα με χρήση μεταλλικών εντατήρων.

Η κατασκευή του σκελετού έγινε ολοκληρώθηκε σε διάστημα 2 εβδομάδων (Εικόνα 9, Εικόνα 10).



Εικόνα 11 Σύρματα για την στήριξη αναρριχόμενων φυτών

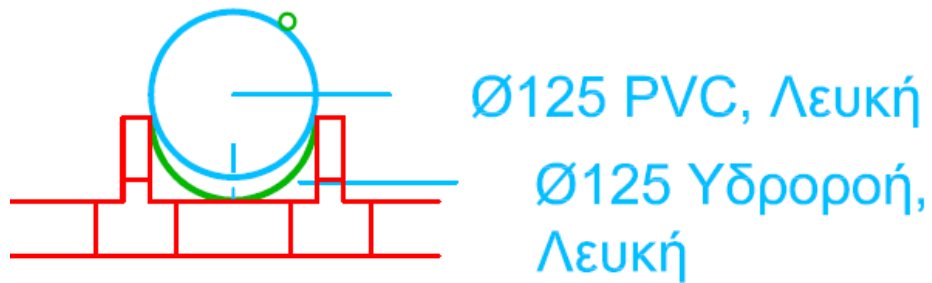
Πάνω σε κάθε κανάλι είναι τοποθετημένοι 6 ανεξάρτητοι σωληνωτοί φορείς φύτευσης (Εικόνα 12). Κάθε φορέας είναι ουσιαστικά ένας σωλήνας PVC Ø125mm, πάχους τοιχώματος 3mm και μήκους 1m (συνολικό μήκος με τάπες). Τα άκρα των σωλήνων είναι κλεισμένα με τάπες. Η συνδέσεις είναι με ειδική κόλλα συγκολλήσεως PVC). Στο πάνω μέρος κάθε φορέα φύτευσης υπάρχουν τρεις οπές (ανά 33,3cm και 16,6cm από τα άκρα) διαμέτρου 5cm για τη φύτευση των φυτών. Στο κάτω μέρος κάθε φορέα φύτευσης υπάρχουν 30 οπές στράγγισης διαμέτρου 5mm διατεταγμένες σε τρεις σειρές.



Εικόνα 12 Φυτευτικός φορέας (σχέδιο, πάνω και κάτω πλευρά)

Συνολικά απαιτήθηκαν 60 φορείς φύτευσης (48 για την πέργκολα και άλλοι 12 για πιθανές αντικαταστάσεις).

Οι φορείς φύτευσης στηρίχθηκαν με το βάρος τους πάνω στα κανάλια (υδρορροές)

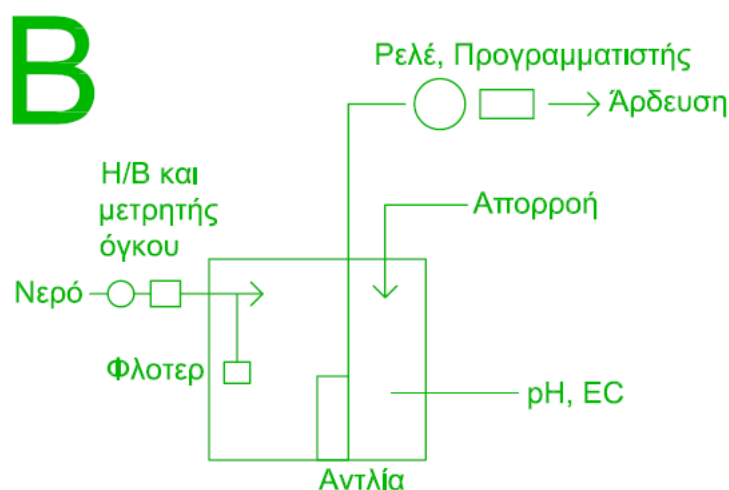


Εικόνα 13 Φυτευτικός φορέας εγκατεστημένος στην πέργκολα

Διάταξη θρέψης – άρδευσης

Η άρδευση (διανομή θρεπτικού διαλύματος) έγινε με σύστημα αγωγών εφαρμογής PE Ø16. Οι σωλήνες αυτοί είναι συνδεδεμένοι με κατάλληλο σύνδεσμο με κάθε σωληνωτό φορέα φύτευσης. Φέρουν ανά 33cm αυτορυθμιζόμενους σταλάκτες συνολικής παροχής 4lph με σταυρό 2 θέσεων από όπου ξεκινούσαν σωληνάκια Ø3,2 μήκους 33cm τα οποία καταλήγουν σε λόγχες υδροπονίας (2lph). Σε κάθε φυτό αντιστοιχούν 1-2 λόγχες (έτσι υπήρχε ασφάλεια ως προς την άρδευση ή και 2 εναλλακτικές ως προς την δόση άρδευσης). Όλοι οι αγωγοί εφαρμογής συνδέθηκαν μαζί σε αγωγό PE Ø20, ο οποίος ξεκινά από αντεπίστροφη βαλβίδα (ορειχάλκινη Ø20) και καταλήγει στην αντλία. Για τις συνδέσεις απαιτήθηκαν τερματικά, γωνίες και ταυ κλπ.

Υπήρχαν δύο ανεξάρτητα συστήματα διανομής θρεπτικού διαλύματος σε συσχέτιση με τα δύο ανεξάρτητα συστήματα συγκέντρωσης απορροής.



Εικόνα 14 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας αρδευτικού συστήματος (Σύστημα Β)

Στο σύστημα χρειάστηκαν κάποιες μικρές παρεμβάσεις για να βελτιωθεί η ομοιομορφία άρδευσης. Έγιναν 2 αλλαγές, στις 7-8-2013 έγινε σύνδεση σωλήνων και από το τέρμα με επιπλέον παροχή by-pass, ενώ στις 17-8-2013 έγινε τοποθέτηση βαλβίδας εξαερισμού στην κοινή τερματική γραμμή και ρύθμιση της εκφόρτισης της αντλίας.



Εικόνα 15 Σύστημα άρδευσης (αρχική σύνδεση)



Εικόνα 16 Σύστημα άρδευσης (στο πάνω μέρος της εικόνας διακρίνεται η τερματική σύνδεση των αγωγών εφαρμογής με by-pass και δεξιά η βαλβίδα αερισμού)

Όλοι οι αγωγοί (φορείς φύτευσης, υδρορροές, αγωγοί απορροής και αγωγοί άρδευσης) ήταν ανθεκτικοί στη χημική σύσταση του θρεπτικού διαλύματος και της απορροής.

Το σύστημα παρασκευής και παροχής θρεπτικού διαλύματος Β αποτελούταν από τα ακόλουθα:

1. Κάδος (PE, μαύρος) 750lt (ανοικτός σε όλη τη διάμετρο επάνω, ύψους 0,95cm μαζί με το καπάκι) από όπου γινόταν η άρδευση και όπου συγκεντρωνόταν η απορροή. Υπήρχε υπερχειλίση Ø20 και βαλβίδα αδειάσματος Ø20.



Εικόνα 17 Δεξαμενή θρεπτικού διαλύματος

2. Προγραμματιστής ρεύματος 2 στάσεων (ο προγραμματιστής είχε τη δυνατότητα σύνδεσης με τέτοιο τρόπο ώστε ο έλεγχος η αντλίας άρδευσης να είναι ανεξάρτητος από τον έλεγχο της Η/Β), ρελέ έναρξης και προστασίας αντλίας, υποβρύχια αντλία 0,5HP, ονομαστικής παροχής 500lph και πίεσης 2,5bar, Η/Β Ø20 και φλοτερ εγκατεστημένο στον κάδο απορροής/άρδευσης, το οποίο επέτρεπε τη δίοδο νερού για επαναπλήρωση του κάδου (σύνδεση με παροχή νερού που περιλάμβανε χειροκίνητη βάννα, φίλτρο γραμμής σίτας και αντεπίστροφη ορειχάλκινη βαλβίδα –όλα Ø20-). Ο προγραμματιστής ήταν τοποθετημένος σε στεγανό κουτί κατάλληλου μεγέθους.



Εικόνα 18 Προγραμματιστής άρδευσης

3. Σταλάκτες ΑΚ Palaplast αξιος – PC με 4 l/h



Εικόνα 19 Σταλάκτες ΑΚ Palaplast αξιος – PC

4. Λόγχες AK Palaplast Dripper strike 30



Εικόνα 20 λόγχη AK Palaplast Dripper strike 30

Όσο αφορά το πρόγραμμα άρδευσης, γίνονταν 8 ποτίσματα ανά ημέρα: 9:30 12:20 13:50 14:50 15:40 16:30 17:40 18:50, διάρκειας 1min το καθένα.

Η υγρασία του υποστρώματος ελέγχονταν μέσω ειδικών αισθητήρων και καταγραφικού δεδομένων (Εικόνα 21).



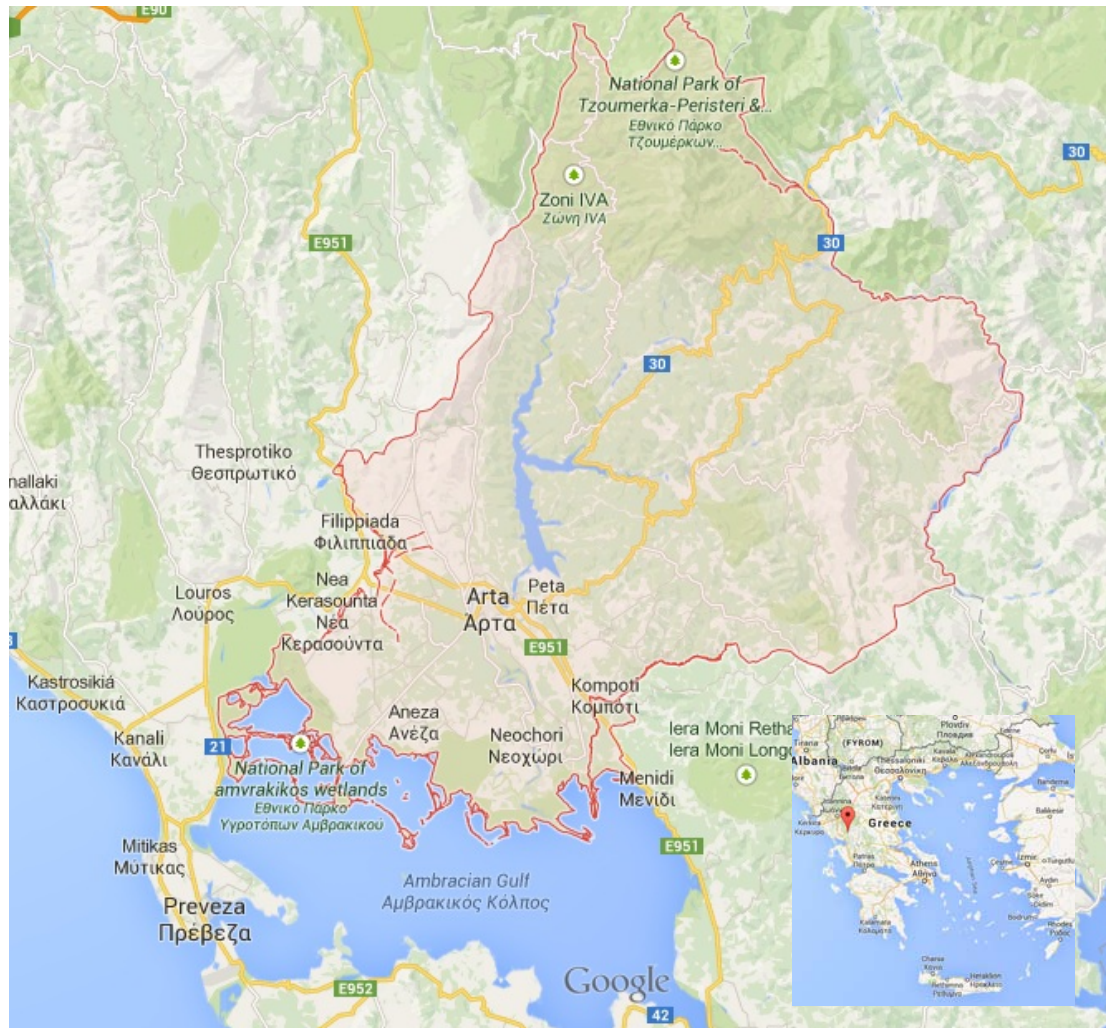
Εικόνα 21 Αισθητήρας EC5 και καταγραφικό (data logger) Em50 της Decagon Devices

[κενή]

Υλικά και μέθοδοι

Περιοχή εγκατάστασης και κλιματικές συνθήκες

Ο νομός Άρτας βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Ελλάδας και ανήκει γεωγραφικά και διοικητικά στην Ήπειρο, καταλαμβάνει το ΝΑ τμήμα της Ηπείρου (Εικόνα 22).



Εικόνα 22 Χάρτης νομού Άρτας (πηγή: GoogleMaps)

Η τεχνόπολη (campus) του ΤΕΙ Ηπείρου, στους Κωστακίους Άρτας (Εικόνα 23). Η τεχνόπολη έχει μια δομημένη κεντρική περιοχή έκτασης περίπου σαράντα στρεμμάτων, με μέσο υψόμετρο +10,5m, ενώ οι συντεταγμένες κέντρου της εν λόγω περιοχής σε ΕΓΣΑ'87 είναι οι εξής: $X = 235.743,575$ $Y = 4.334.481,659$.

Η πειραματική αξιολόγηση υλοποιήθηκε στο αίθριο του κτηρίου του τμήματος Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου.



Εικόνα 23 Δορυφορική εικόνα της Τεχνόπολης του ΤΕΙ Ηπείρου στους Κωστακιοούς Άρτας (πηγή: GoogleEarth, 2014)

Κλιματολογικά στοιχεία

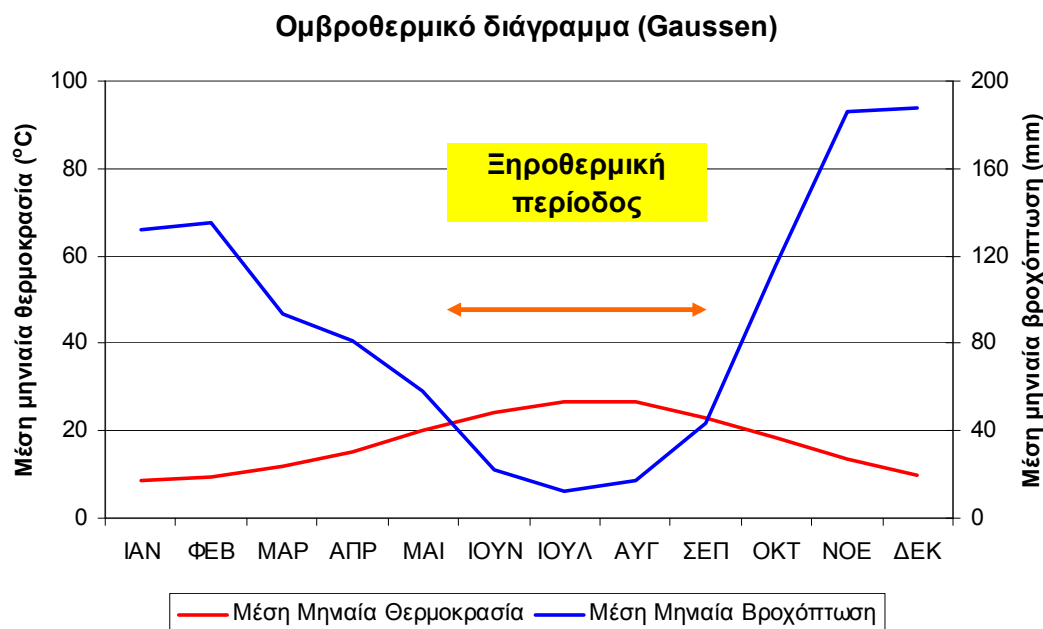
Τα κλιματικά στοιχεία που παρουσιάζονται προέρχονται από την ΕΜΥ (2014) αφορούν τα έτη 1976-1997. Το κλίμα της περιοχής της Άρτας, με ξηρό θέρος, υγρό αλλά όχι ψυχρό χειμώνα χαρακτηρίζεται σαν ήπιο μεσογειακού τύπου.

Τα κλιματικά στοιχεία μιας περιοχής παρουσιάζουν πάντοτε διακυμάνσεις μέσα στον χρόνο, κατά τις οποίες φθάνουν σε απόλυτα μέγιστες και απόλυτα ελάχιστες τιμές. Είναι φυσικό όμως ότι, για να πλησιάζουν τις πραγματικές τιμές, μέσα στις οποίες διακυμαίνεται το στοιχείο αυτό, απαιτείται σειρά μακράς χρονικής περιόδου κλιματικών παρατηρήσεων. Η γνώση των απόλυτα μέγιστων και ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας έχει μεγάλη σημασία, τόσο από κλιματικής άποψης, όσο και από πρακτικής εφαρμογής.

Η ηλιοφάνεια φθάνει περίπου τις 2500 ώρες το χρόνο. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών ηλιοφάνειας ανέρχεται σε 121,1 ημέρες. Απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες σημειώνονται συνήθως τον Ιανουάριο και οι απόλυτα μέγιστες ξηροθερμικούς μήνες, δηλαδή τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Σε γενικές γραμμές η ετήσια πορεία της σχετικής υγρασίας ακολουθεί την ετήσια πορεία των βροχών και είναι αντίστροφη σχεδόν με την ετήσια πορεία της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας. Οι βροχές στην περιοχή διακρίνονται από άνιση κατανομή στην διάρκεια του έτους, χαρακτηριστικό εξάλλου του Μεσογειακού κλίματος. Έτσι διαμορφώνονται δύο τελείως διαφορετικές περίοδοι, μια πολύομβρη από τα μέσα του φθινοπώρου μέχρι τα μέσα της άνοιξης και μια σχεδόν άνομβρη το

θέρος. Οι πρώτες βροχές συμβαίνουν συνήθως στα μέσα Σεπτεμβρίου ή αργότερα στα νότια πεδινά. Συνήθως ακολουθεί μια μικρή περίοδος με ηλιόλουστες και σχετικά ζεστές φθινοπωρινές ημέρες, το γνωστό μικρό καλοκαιράκι και από τα μέσα σχεδόν του Οκτωβρίου αρχίζουν οι έντονες και παρατεταμένες βροχές, που διατηρούνται μέχρι τα μέσα της άνοιξης σχεδόν. Από τον Οκτώβριο και μέχρι τον Ιανουάριο οι βροχές είναι άφθονες.



Εικόνα 24 Ομβροθερμικό διάγραμμα για την περιοχή της Άρτας

Όσο αφορά τη σχετική υγρασία, το μέγιστο σημειώνεται συνήθως κατά το Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο που επικρατούν υψηλές βροχοπτώσεις και νότιοι άνεμοι. Το ελάχιστο σημειώνεται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Από τον Ιανουάριο η σχετική υγρασία αρχίζει προοδευτική ελάττωση, η οποία γίνεται αλματώδης στο δίμηνο Μαΐου και Ιουνίου, και λαμβάνει τις μικρότερες τιμές τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος διαφέρουν ελάχιστα και από το Σεπτέμβριο αρχίζει αλματώδης άνοδος μέχρι τα τέλη Νοεμβρίου. Κατά το Δεκέμβριο υπάρχει ελαφρά κάμψη της τιμής της υγρασίας και από τον Ιανουάριο αρχίζει προοδευτικά η ελάττωση. Το φαινόμενο δροσιάς παρατηρείται συνήθως την άνοιξη και στις αρχές φθινοπώρου, ενώ της πάχνης από τα μέσα φθινοπώρου μέχρι την αρχή της άνοιξης και ειδικότερα κατά τις πρωινές ώρες. Η ομίχλη παρουσιάζεται συνήθως τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες και κυρίως τις νυχτερινές και πρωινές ώρες.

Ολικοί παγετοί δεν παρατηρούνται στην περιοχή παρά μόνο μερικοί που διαρκούν λίγες ώρες και εμφανίζονται από τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο και κυρίως τον Ιανουάριο με Φεβρουάριο. Οι ημέρες παγετού το χρόνο ανέχονται σε 12,4 κατά μέσω όρο. Ζημιές από παγετούς παρατηρούνται μόνο στα εσπεριδοειδή για τα οποία λαμβάνονται μέτρα προστασίας. Χαλαζόπτωση παρατηρείται σπανίως κατά φθινοπωρινούς μήνες, είναι μικρής διάρκειας και με κόκκους μικρής διαμέτρου. Στην περιοχή επικρατούν βορειοανατολικοί άνεμοι και η έντασή τους κυμαίνεται από 4,6 μέχρι και 6,5 Beaufort (EMY, 2014). Με βάση τα δεδομένα της EMY μπορούμε να

σχεδιάσουμε το ομβροθερμικό διάγραμμα από το οποίο προκύπτει ότι η ξηροθερμική εκτείνεται από Μαίο έως Σεπτέμβριο (Εικόνα 24).

Υποστρώματα

Το υπόστρωμα που δοκιμάστηκε είναι ο περλίτης (χημικά αδρανής, με pH 6,5-7,5, κοκκομετρίας 1-5mm, ειδικού βάρους 80-110kg/m³, με υδατοικανότητα 250 – 300l νερό/m³).



Εικόνα 25 Περλίτης Perloflor Hydro

Θρεπτικά διαλύματα

Η κατάρτιση του θρεπτικού διαλύματος έγινε από τον Αναπλ. Καθηγητή του Γ.Π.Α. Δρ. Σάββα Δημήτριο και παρουσιάζεται στη συνέχεια:

Καλλιεργούμενο είδος: Διάφορα καλλωπιστικά

Τύπος θρεπτικού διαλύματος: Θερμή εποχή έτους

Ημερομηνία: 02/08/2012

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ									
Πυκνά διαλύματα			Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.				Χημική σύσταση νερού		
Πυκνό διάλυμα Α	0,01	100	E_t^*	1,90	dS/m	E.C.	0,58	dS/m	
Πυκνό διάλυμα Β	0,01	100	pH opt.	5,60		pH	7,63		
Πυκνό διάλυμα οξέως	0,01	100	X: (K)	0,590		Ca ²⁺	1,90	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		Y: (Ca)	0,280		Mg ²⁺	0,65	mmol/l	
			Z: (Mg)	0,130		K ⁺	0,05	mmol/l	
			R (tot.-N/K)	2,000		NH ₄ ⁺	0,00	mmol/l	
			Nr (NH4/tot.-N)	0,080		Na ⁺	0,80	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2		[H ₂ PO ₄ ⁻]	1,200	mmol/l	SO ₄ ²⁻	0,79	mmol/l	
			[Fe] _t	20,00	μmol/l	NO ₃ ⁻	0,00	mmol/l	
			[Mn] _t	10,00	μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0,00	mmol/l	
			[Zn] _t	5,00	μmol/l	HCO ₃ ⁻	3,58	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[Cu] _t	0,70	μmol/l	Cl ⁻	0,80	mmol/l	
			[B] _t	25,00	μmol/l	Fe	0,00	μmol/l	
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	1		[Mo] _t	0,50	μmol/l	Mn ⁺⁺	1,20	μmol/l	
			[Si]	0,00	mmol/l	Zn ⁺⁺	0,15	μmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO ₃ (mmol/L)	1		% καθαρό λίπασμα			Cu ⁺⁺	0,00	μmol/l	
			καθαρό HNO ₃	68	(% w/w)	B	2,78	μmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH ₄ /(NH ₄ +NO ₃) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH ₄ (mmol/L)	1		καθαρό H ₃ PO ₄	85	(% w/w)	Mo	0,00	μmol/l	
			Fe σε χηλικό Fe	6	(% w/w)	Si	0,00	mmol/l	
			Π.Δ. Ιχv. (V, A)	20	200	Σcat _w	5,95	meq/l	
			Λιπάσματα (kg/δοχείο)	1,725	Σan _w	5,95	meq/l		

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ									
Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO_4^{2-}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	HCO_3^-	Cl^-	Si
C.A.S.	18,66			3,15	12,89	1,20	0,62	0,80	0,00
C.A.W.		5,95		1,57	0,00	0,00	3,58	0,80	0,00
A.A.F.			15,66	1,58	12,89	1,20	0,00	0,00	0,00
Ca^{2+}	6,65	3,80	2,85	0,00	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg^{2+}	3,09	1,30	1,79	1,58	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
K^+	7,00	0,05	6,95	0,00	5,75	1,20	0,00	0,00	0,00
NH_4^+	1,12	0,00	1,12	0,00	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Na^+	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H^+	0,00	0,00	2,96	0,00	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00
$[H_3O^+]_w$	2,34E-08			$[H_3O^+]_{(n.s.)}$	2,51E-06			[K]	7,003
B_w	22,42533			$B_{(n.s.)}$	1,19953			$[NH_4^+]$	1,120
$[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3]$	0,003755			$\Sigma_{cation(n.s.)}$	18,66	$\Sigma_{anion(n.s.)}$	18,66		meq/l

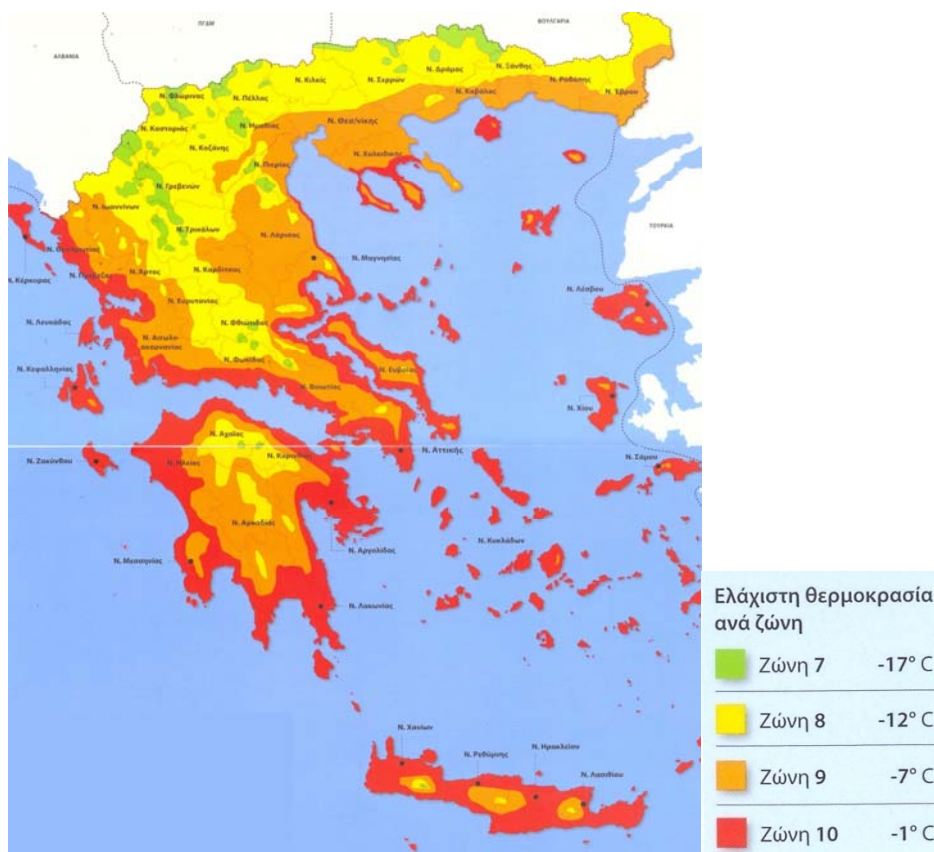
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ			
E.C.	1,90	dS/m	
pH	5,60		
Πυκνό διάλυμα Α		10	L
1	Νιτρικό ασβέστιο	0,308	Kg
2	Νιτρικό κάλιο	0,582	Kg
3	Νιτρικό αμμώνιο	0,067	Kg
4	Χηλικός σίδηρος	0,019	Kg
Πυκνό διάλυμα Β		10	L
1	Νιτρικό κάλιο	0,000	Kg
2	Θειικό μαγνήσιο	0,194	Kg
3	Φωσφορικό μονοκάλιο	0,163	Kg
4	Θειικό κάλιο	0,000	Kg
5	Νιτρικό μαγνήσιο	0,027	kg
6	Φωσφορικό οξύ	0,000	L
5	Π.Δ. Ιχνοστοιχείων	0,050	L
Πυκνό διάλυμα ιχνοστοιχείων		20	L
1	Θειικό μαγγάνιο	594,88	g
2	Θειικός ψευδάργυρος	557,75	g
3	Θειικός χαλκός	69,92	g
4	Βορικό οξύ	0,00	g
5	Βόρακας	847,11	g
6	Solubor	0,00	g
7	Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0,00	g
8	Μολυβδαινικό νάτριο	48,38	g
9	Νιτρικό οξύ	0,04	L
Πυκνό διάλυμα οξέως		10	L
1	Νιτρικό οξύ	0,193	L

Φυτικό υλικό

Στην κατασκευή τοποθετήθηκε ποικιλία φυτών. Η τελική επιλογή εξαρτήθηκε από την περίοδο προμήθειας και τη ζώνη ανθεκτικότητας.

Ο όρος ζώνη ανθεκτικότητας σημαίνει τη γεωγραφική περιοχή στην οποία αναπτύσσεται ένα είδος φυτού με γνώμονα την ανθεκτικότητα του στις ελάχιστες θερμοκρασίες που μετριούνται σε αυτήν .

Σύμφωνα με το σύστημα που ανέπτυξε η διεύθυνση γεωργίας των ΗΠΑ και καθιερώθηκε παγκοσμίως ότι υπάρχουν 11 ζώνες ανθεκτικότητας , αλλά στην Ελλάδα εμφανίζονται μόνο 4 από αυτές (7, 8, 9 και 10) .



Εικόνα 26 Χάρτης της Ελλάδας με ζώνες ανθεκτικότητας

Πειραματικά δεδομένα και απόκτηση εγχώριας τεχνογνωσίας ήταν απαραίτητα για την περίπτωση ειδικών φυτεύσεων σε κτήρια (κατακόρυφες φυτεύσεις, φυτεμένες κατασκευές). Στο πλαίσιο αυτό ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε ο εντοπισμός κατάλληλων φυτών. Σχετικές εργασίες έχουν παρουσιαστεί τελευταία (Salas και Montero, 2009), ενώ ενδιαφέρον έχουν εργασίες με φυτά που φύονται φυσικά σε τοίχους (Benvenuti, 2009) αλλά και ξηροφυτικά είδη της περιοχής της Μεσογείου (Φιλιππί, 2008) .

Πίνακας 1 Φυτικό υλικό που επιλέχθηκε

	Ονομασία	Λατινική ονομασία	Καταγωγή	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΤΩΝ
1	ΣΑΝΤΟΛΙΝΗ	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	Δυτική και κεντρική Μεσογείου	24
2	ΔΙΜΟΡΦΟΘΗΚΗ	<i>Dimorphoteca sinuata</i>	Νότια Αφρική	24
3	ΓΕΡΑΝΙ ΖΩΝΩΤΟ	<i>Pelargonium zonale</i>	Νότια Αφρική	12
4	ΓΕΡΑΝΙ ΚΙΣΣΟΦΥΛΛΟ (ΜΠΑΜΠΑΚΟΥΛΑ)	<i>Pelargonium peltatum</i>	Νότια Αφρική	12
5	ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ	<i>Rosmarinus</i>	Μεσόγειος	12

	Ονομασία	Λατινική ονομασία	Καταγωγή	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΤΩΝ
	ΕΡΠΟΝ	<i>officinalis</i> "Prostratus"		
6	ΣΕΡΦΙΝΙΑ (ΠΕΤΟΥΝΙΑ ΚΡΕΜΟΚΛΑΔΗΣ)	<i>Petunia surfinia</i>	Νότια Αμερική	24
7	ΓΚΑΖΑΝΙΑ	<i>Gazania rigens</i>	Νότια Αφρική	12
8	ΛΕΒΑΝΤΑ	<i>Lavandula angustifolia</i>	Κοσμοπολίτικο, και στη Μεσόγειο πολλά είδη	24
9	ΑΡΜΠΑΡΟΡΙΖΑ*	<i>pelargonium graveolens</i>	Νότια Αφρική	8

*Η αρμπάρόριζα (*Pelargonium graveolens*) δεν ήταν στο αρχικό πλάνο φύτευσης αλλά έπεται από προβλήματα άλλων φυτών , ήταν η επιλογή αντικατάστασης των κατεστραμμένων φυτών και όπως αποδείχτηκε ήταν μια πολύ καλή λύση.



Εικόνα 27 *Santolina chamaecyparissus*



Εικόνα 28 *Dimorphoteca sinuata*



Εικόνα 29 *Pelargonium zonale*



Εικόνα 30 *Pelargonium peltatum*



Εικόνα 31 *Rosmarinus officinalis* (Prostatus)



Εικόνα 32 *Petunia surfinia*



Εικόνα 33 *Gazania rigens*



Εικόνα 34 *Lavandula angustifolia*



Εικόνα 35 *Pelargonium graveolens*

Προετοιμασία των φυτών στο θερμοκήπιο

Αρχικά ταξινομήσαμε τους πάγκους (τους οποίους απολυμάναμε με χλωρίνη για τυχόν προσβολή από μύκητες, όγκους και άλλες παρασιτικές ασθένειες) του θερμοκηπίου σε 8 λωρίδες a, b, c, d, e, f, g και h (Εικόνα 36) όπως ακριβώς τοποθετήθηκαν και στην Πέργολα στον αίθριο χώρο του κτηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής τοπίου. Στη συνέχεια γεμίστηκαν οι φυτευτικοί φορείς με περλίτη ο οποίος ήταν και το αδρανές υπόστρωμα των φυτών (Εικόνα 37). Οι φυτευτικοί φορείς έπρεπε να είναι καλά γεμισμένοι για την ορθή ανάπτυξη αλλά και στήριξη των φυτών (Εικόνα 38).



Εικόνα 36 Διαχωρισμός θερμοκηπίου σε 8 λωρίδες



Εικόνα 37 Γέμισμα φυτευτικών φορέων με περλίτη



Εικόνα 38 Γεμισμένοι φυτευτικοί φορείς



Εικόνα 39 Φυτευτικοί φορείς πριν την τοποθέτηση φυτών

Έπειτα κάναμε κάποια προετοιμασία στα φυτά έτσι ώστε κατά τη μεταφύτευσή τους από τα φυτοδοχεία του θερμοκηπίου να εγκατασταθούν με επιτυχία στους φυτευτικούς φορείς (Εικόνα 40, Εικόνα 41, Εικόνα 42, Εικόνα 43). Κατά την ολοκλήρωση της μεταφύτευσης οι φυτευτικοί φορείς τοποθετήθηκαν στους πάγκους του θερμοκηπίου ακριβώς με το ίδιο πλάνο που είχαμε για την πέργολα (Εικόνα 47) και συνδέθηκαν με το σύστημα άρδευσης. Ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε φυτού έπρεπε να τοποθετηθούν δύο ή τρεις λόγχες (Εικόνα 48).



Εικόνα 40 Φυτό από το φυτώριο



Εικόνα 41 Επεξεργασία φυτών, βήμα α



Εικόνα 42 Επεξεργασία φυτών, βήμα β



Εικόνα 43 Επεξεργασία φυτών, βήμα γ



Εικόνα 44 Τοποθέτηση φυτού, βήμα α



Εικόνα 45 Τοποθέτηση φυτού, βήμα β



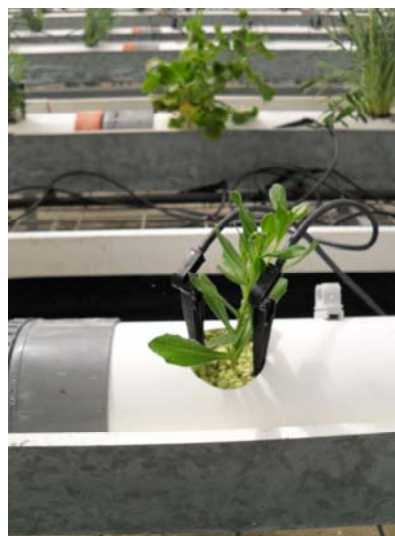
Εικόνα 46 Φυτευτικός φορέας στην τελική του μορφή



Εικόνα 47 Ελεγχος φυτών στους φυτευτικούς φορείς



Εικόνα 48 Τοποθέτηση λογχών στο θερμοκηπιακό σύστημα άρδευσης



Εικόνα 49 Φυτό κατά τις πρώτες μέρες προσαρμογής στο θερμοκήπιο με λίπανση για ανάπτυξη βλαστού

Τα φυτά χρειάστηκε να περάσουν ένα στάδιο προσαρμογής στο θερμοκήπιο λόγω της αλλαγής μικροκλίματος, του φυτωρίου και του αίθριου χώρου του τμήματος ανθοκομίας και αρχιτεκτονικής τοπίου και της μικρής ηλικίας των φυτών τα οποία έπρεπε να ανατηχθούν με τη βοήθεια του θρεπτικού διαλείμματος που είχαμε παρασκευάσει και των κατάλληλων συνθηκών στο υδροπονικό θερμοκήπιο του ΑΑΤ. Ο χρόνος που χρειάστηκαν τα φυτά για να εγκλιματιστούν ήταν 76 ημέρες (22-4-2013 έως 8-7-2013) . Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα χρειάστηκε να γίνει:

- αντικατάσταση μερικών *Rosmarinus officinalis* “Prostratus” τα οποία είχαν ξεραθεί
- λίπανση για ανάπτυξη βλαστού
- λίπανση για ανθοφόρα φυτά (συνταγή LOW) , καθαρισμός φυτών πέργκολας από ξερά άνθη
- ριζοτότσημα για μυκητοκτόνο δενδρολίβανου (TERAZOL 48% EC etridiazole 48% δόση 0,3 ml L⁻¹)
- ψεκασμός μπεργκένιας για κοκκοειδή
- 6 φορές ριζοτότσημα με θρεπτικό διάλυμα pH 6,2 τοπικά στα φυτά που έχουν πρόβλημα
- ψεκασμός φυτών πέργκολας για αλευρώδη και αφίδες (PROFIL 10gr στα 15 L νερού) χρησιμοποιήθηκαν 6 λίτρα
- εξαγωγή φυτών σπαραγγιού - δύσκολη εξαγωγή ριζικού συστήματος, και υποστρώματος από τον σωλήνα και μεταφύτευση διμορφοθήκης στη θέση των σπαραγγιών
- 2 ψεκασμοί για βακτήριο Δ.Ο. Kazukamikyn EM. KAZOUMIN, 40cc / 10 L.



Εικόνα 50 Κατάσταση θερμοκηπίου κατά την προσαρμογή των φυτών



Εικόνα 51 Προσαρμογή των φυτών στο θερμοκήπιο 20-5-2013



Εικόνα 52 Προσαρμογή των φυτών στο θερμοκήπιο 29-6-2013



Εικόνα 53 Προσαρμογή των φυτών στο θερμοκήπιο 1-7-2013

Οι φυτευτικοί φορείς μεταφέρθηκαν στην υδροπονική πέργολα στο αίθριο μετά τη λήξη του χρόνου προσαρμογής τους στο θερμοκήπιο. Για τις πρώτες 10 μέρες εγκατάστασης των φυτών στην πέργολα (8-7-2013 έως 19-7-2013) χρησιμοποιήθηκε δίχτυ σκίασης 30% πάνω από την πέργολα. Η πέργολα ήταν κατασκευασμένη με προδιαγραφές που επέτρεπαν στους εργαζομένους – τεχνικούς να βρίσκονται και πάνω στην πέργολα για ελέγχους, τοποθέτηση αισθητήρων, έλεγχος σταλαχτών και φυτών κλπ.



Εικόνα 54 Τοποθέτηση δικτύου σκίασης



Εικόνα 55 Δίχτυ σκίασης τοποθετημένο στην πέργολα



Εικόνα 56 Ταξινόμηση των φυτευτικών φορέων με βάση του σχεδίου φύτευσης



Εικόνα 57 Τοποθέτηση των φυτευτικών φορέων στην πέργολα



Εικόνα 58 Τέλος της τοποθέτησης των φυτευτικών φορέων στην πέργολα

Μετρητικός εξοπλισμός

Η πτυχιακή αυτή εργασία παρουσιάζει αποτελέσματα επίδρασης μίας φυτικής επιφάνειας και συγκεκριμένα μίας υδροπονικής πέργκολας στο μικροκλίμα ενός έντονα δομημένου χώρου.

Στην πειραματική διαδικασία θα χρησιμοποιήθηκε μετρητικός εξοπλισμός όπως:

- μετεωρολογικός σταθμός γυάλινου θερμοκηπίου AAT (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, ηλιακή ακτινοβολία, ύψος βροχής)
- αισθητήρες για μέτρηση θερμοκρασίας (T , $^{\circ}\text{C}$) και σχετικής υγρασίας αέρα (RH, %), HD9008TR (DeltaOhm, Padua, Italy) στο κέντρο του θερμοκηπίου, πάνω και κάτω από το επίπεδο της πέργκολας (Εικόνα 59)
- αισθητήρες μέτρησης ηλιακής ενέργειας (πυρανόμετρα, SKS1100 350-1100nm, Skye Instruments, UK, Εικόνα 59)

Οι μετρήσεις γίνονταν ανά 30s και καταγράφονταν ο μέσο όρος 10 λεπτών σε καταγραφικό DL2 (ΔΤ Devices, UK, Εικόνα 60).



Εικόνα 59 Αισθητήρες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα σε προστατευτικό κλωβό και πυρανόμετρο



Εικόνα 60 DL2 Datalogger

Εκτίμηση εξέλιξης ανάπτυξης / σκίασης μέσω φωτογράφισης

Κάθε Τετάρτη γινόταν φωτογράφιση της πέργολας από κάτω προς τα πάνω έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η ανάπτυξη των φυτών και η σκίαση από την πέργκολα. Χρησιμοποιήσαμε κάμερα Olympus FE-370 με ρύθμιση Scene-Αυτοπορταίτο, χωρίς flash, τοποθέτηση άξονας Α-Δ και κουμπιά ελέγχου προς Β (γραμματοείδη) από επιλεγμένα σημεία (6 σημεία Χ7, Χ8, Χ9, Χ10, Χ11, Χ12, συν μία γενική άποψη Χ13 από νότο, από τον πρώτο όροφο). Επίσης τοποθετήθηκε κόκκινο νήμα ακριβώς κάτω από τους φυτευτικούς φορείς έτσι ώστε να μπορούμε να μελετήσουμε με ακρίβεια την ανάπτυξη κάθε φυτού εάν το επιθυμούμε.



Εικόνα 61 Σημεία φωτογράφισης

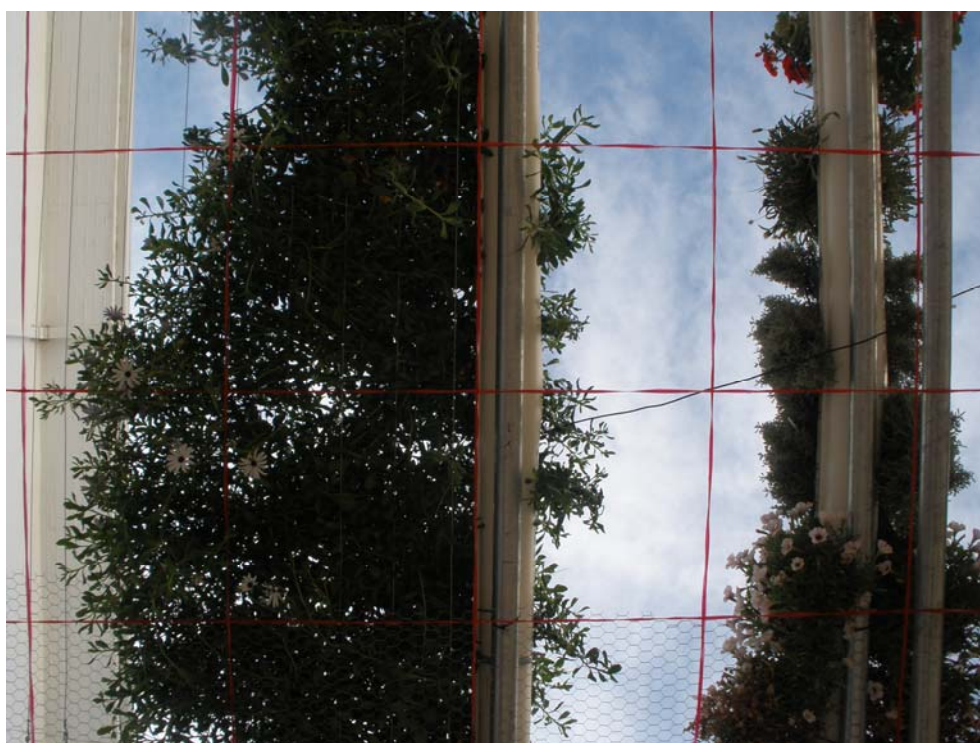


Εικόνα 62 Κόκκινο νήμα ακριβώς κάτω από τους φυτευτικούς φορείς

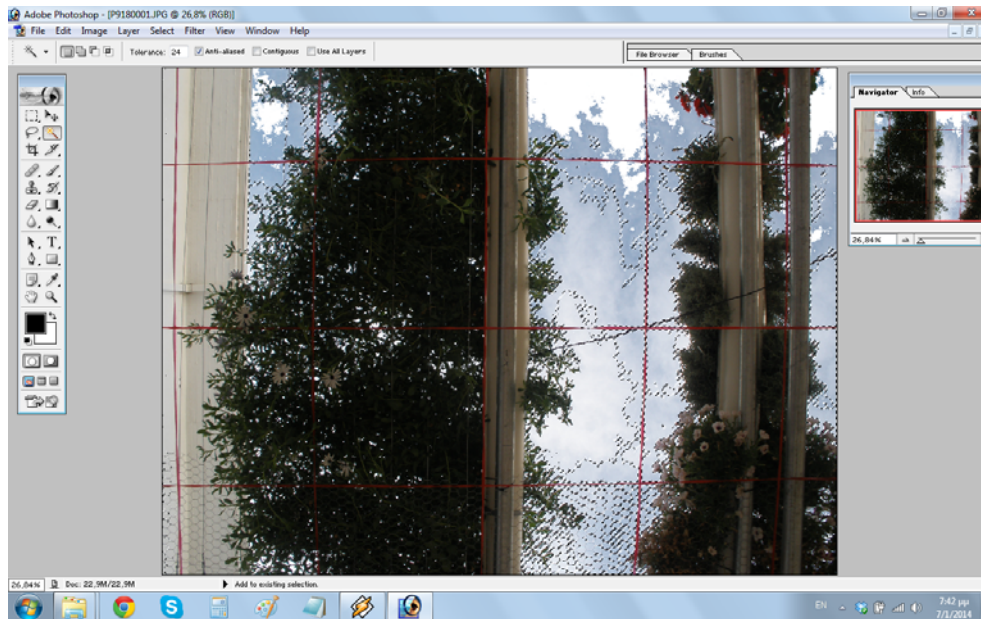


Εικόνα 63 Άποψη από το σημείο φωτογράφισης X13

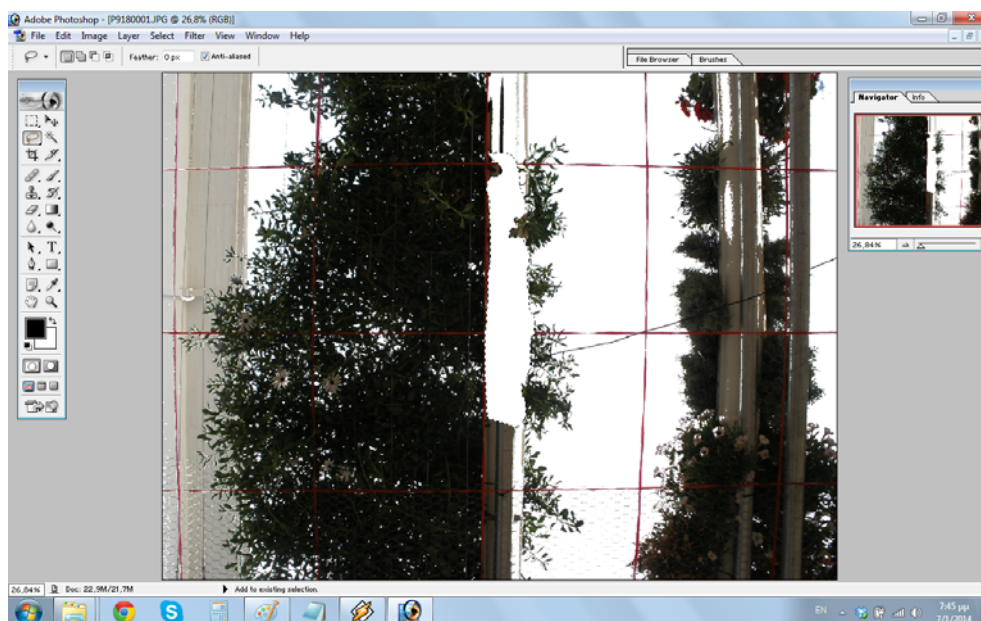
Όσο αφορά την επεξεργασία των φωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Adobe, Photoshop 7.0 και έγιναν οι ενέργειες που παρουσιάζονται στις επόμενες εικόνες.



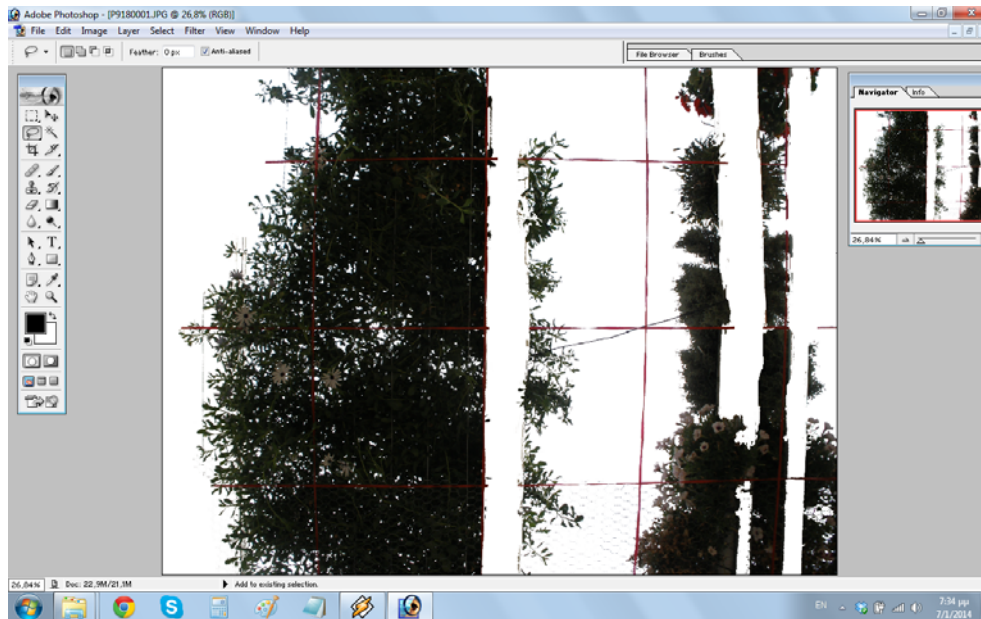
Εικόνα 64 Αρχική εικόνα > ανοίγμα με Adobe Photoshop 7.0



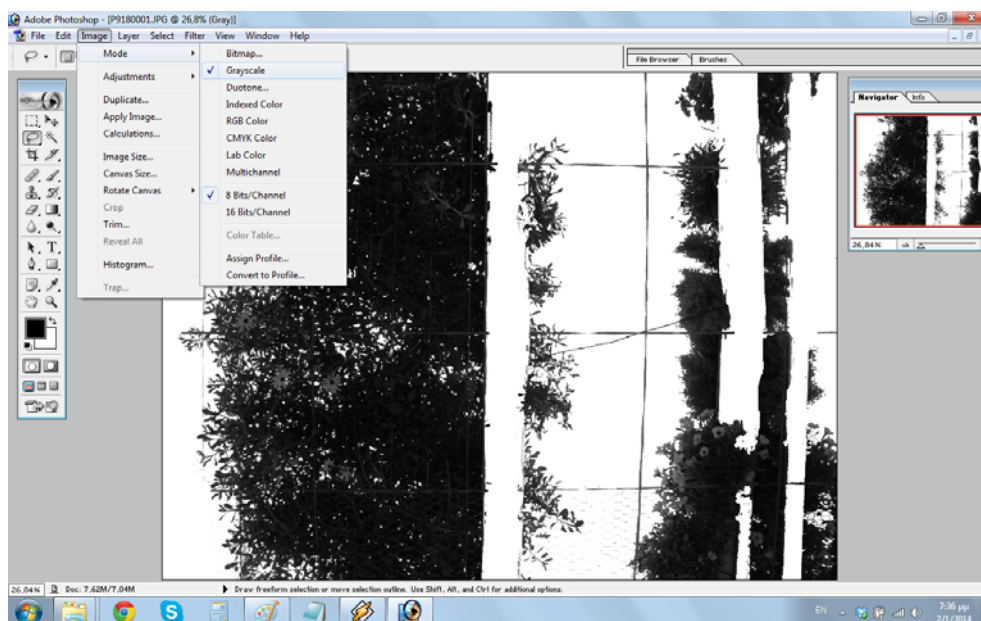
Εικόνα 65 Επιλογή του magic wand tool (w) για καθάρισμα του ουρανού.



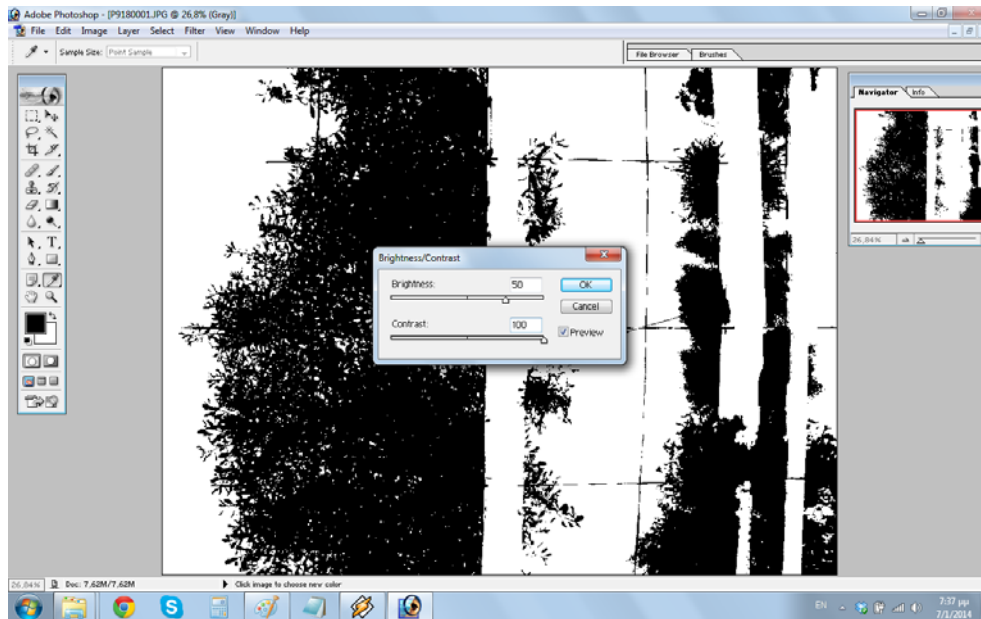
Εικόνα 66 Επιλογή του lasso tool (L) για καθάρισμα του, πλαισίου πέργολας, φυτευτικών φορέων και τοίχων του κτηρίου.



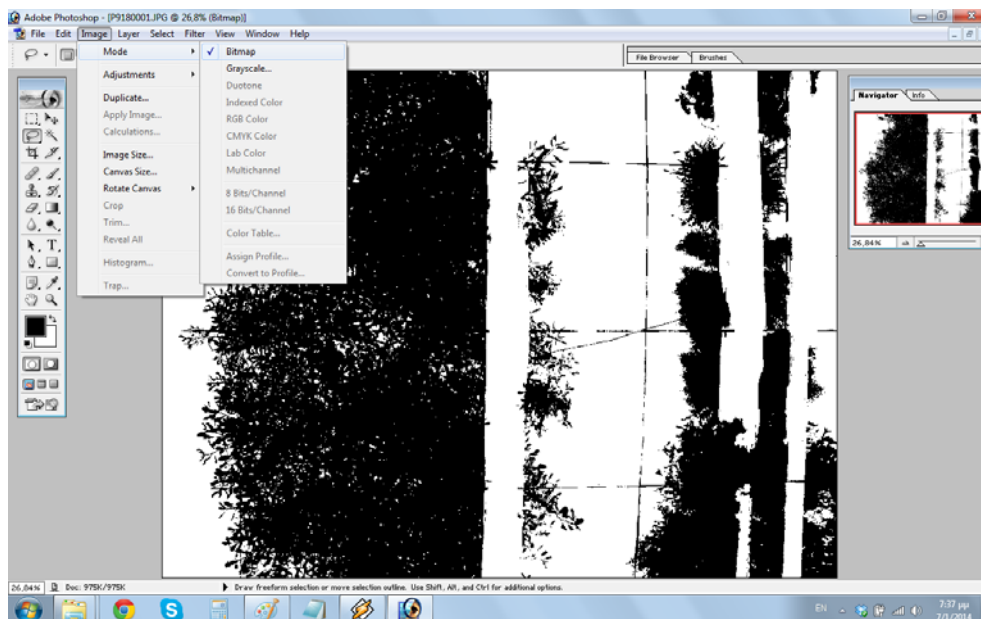
Εικόνα 67 Τέλος καθαρισμού ουρανού – φυτευτικών φορέων



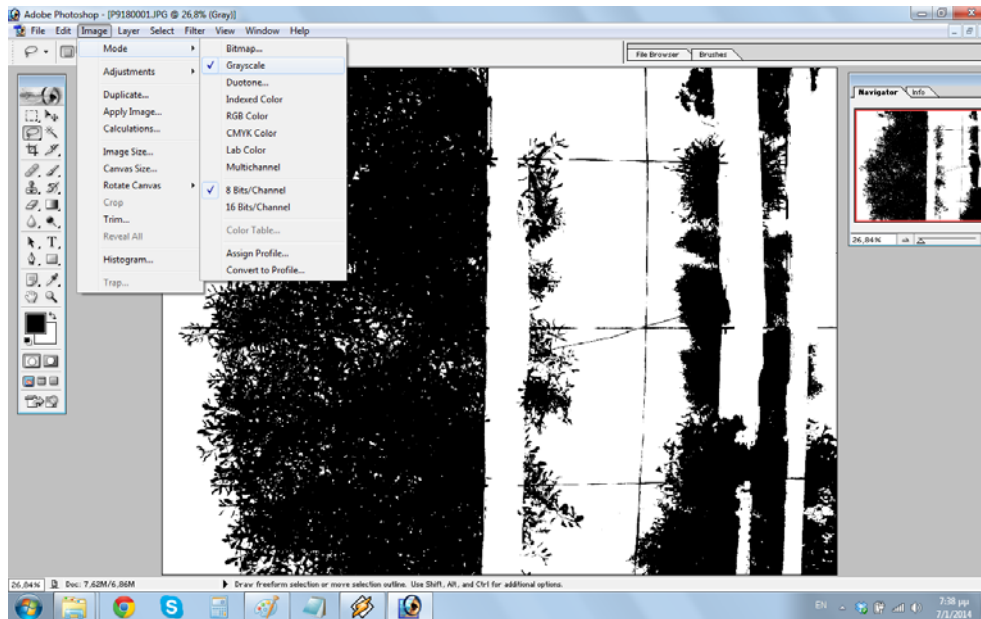
Εικόνα 68 Image>Mode>Grayscale>ok



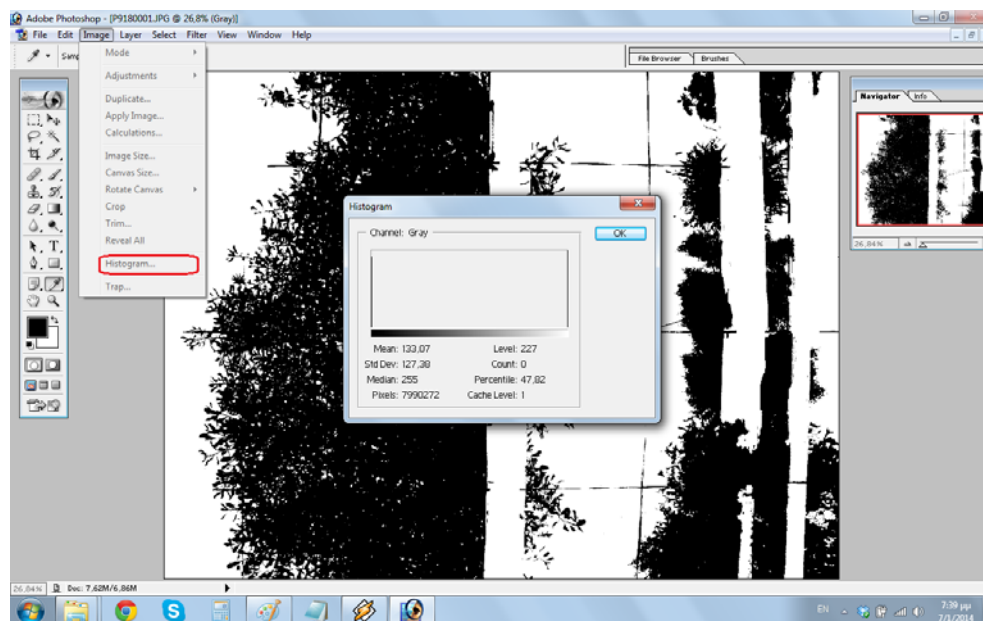
Εικόνα 69 Image>Adjustments>Brightness/Contrast (Brightness=+50, Contrast=+100)



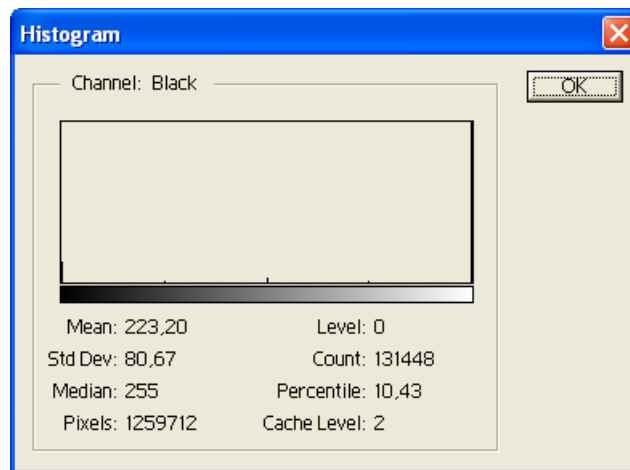
Εικόνα 70 Image>Mode>Bitmap>ok (72bit)



Εικόνα 71 Image>Mode>Grayscale (αυτό το βήμα πραγματοποιήθηκε για δεύτερη φορά)



Εικόνα 72 Image > Histogram



Εικόνα 73 Μετακίνηση δείκτη (σταυρού) προς τα αριστερά έως το μαύρο (Level=0) και διαβάζω ποσοστό (π.χ. 10,43: σημαίνει 10,43% μαύρο)>ok



Εικόνα 74 Τελική εικόνα

Κατά την ολοκλήρωση επεξεργασίας των φωτογραφιών βγαίνει ο μέσος όρος κάλυψης εβδομαδιαίως. Τα δεδομένα καταγράφονται σε αρχείο MS Excel και εκτιμάται ο μέσος όρος κάλυψης, εβδομαδιαία ανάπτυξη των φυτών και μηνιαία ανάπτυξη των φυτών.

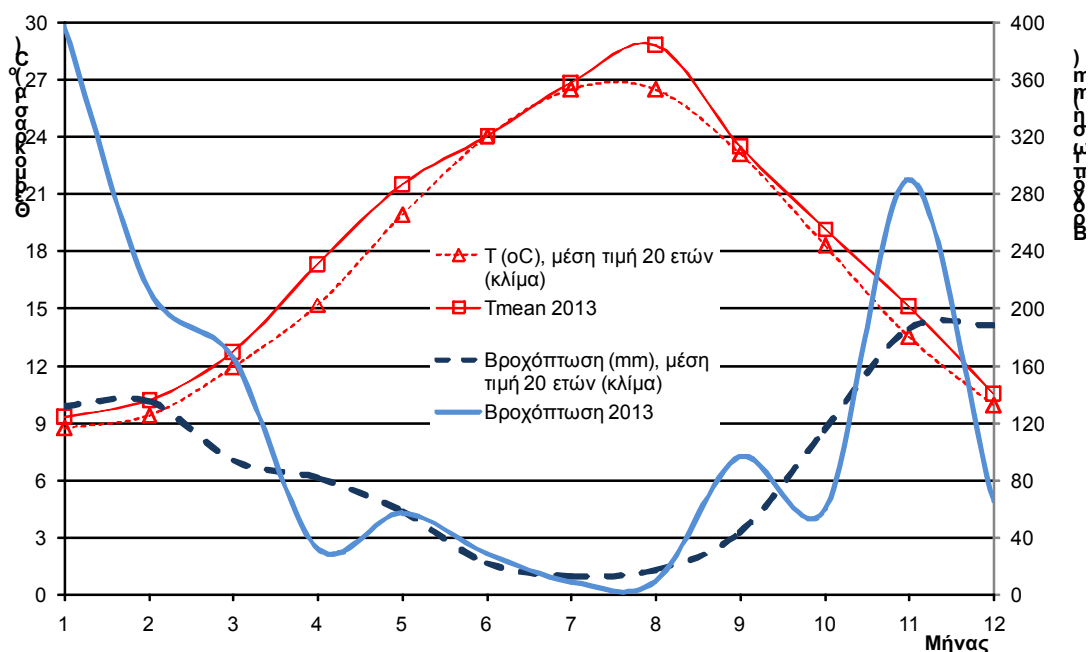
Την πρώτη εβδομάδα υπήρχε δίχτυ σκίασης για να προσαρμοστούν τα φυτά οπότε στις μετρήσεις κάλυψης υπήρχε ελάχιστα παραπάνω ποσοστό κάλυψης σε σχέση με το πραγματικό. Την δεύτερη βδομάδα το δίχτυ σκίασης αφαιρέθηκε αλλά επειδή τα φυτά ήταν ακόμη σε περίοδο προσαρμογής παρατηρήθηκε έντονη πτώση φύλλων και ξερών ανθέων οπότε και γενικά χαμηλή κάλυψη.

[κενή]

Αποτελέσματα

Τα δεδομένα μικροκλίματος παρατηρήθηκαν τόσο πριν την κατασκευή της πέργκολας (2009 και 2012) όσο αφού αυτή είχε τοποθετηθεί στο αίθριο (2013). Στην μετά κατάσταση οι μετρήσεις αφορούν κάτω από το επίπεδο της πέργκολας. Παράλληλα αξιοποιήθηκαν τα αντίστοιχα δεδομένα που μετρά ο μετεωρολογικός σταθμός του παρακείμενου γυάλινου θερμοκηπίου υδροπονίας.

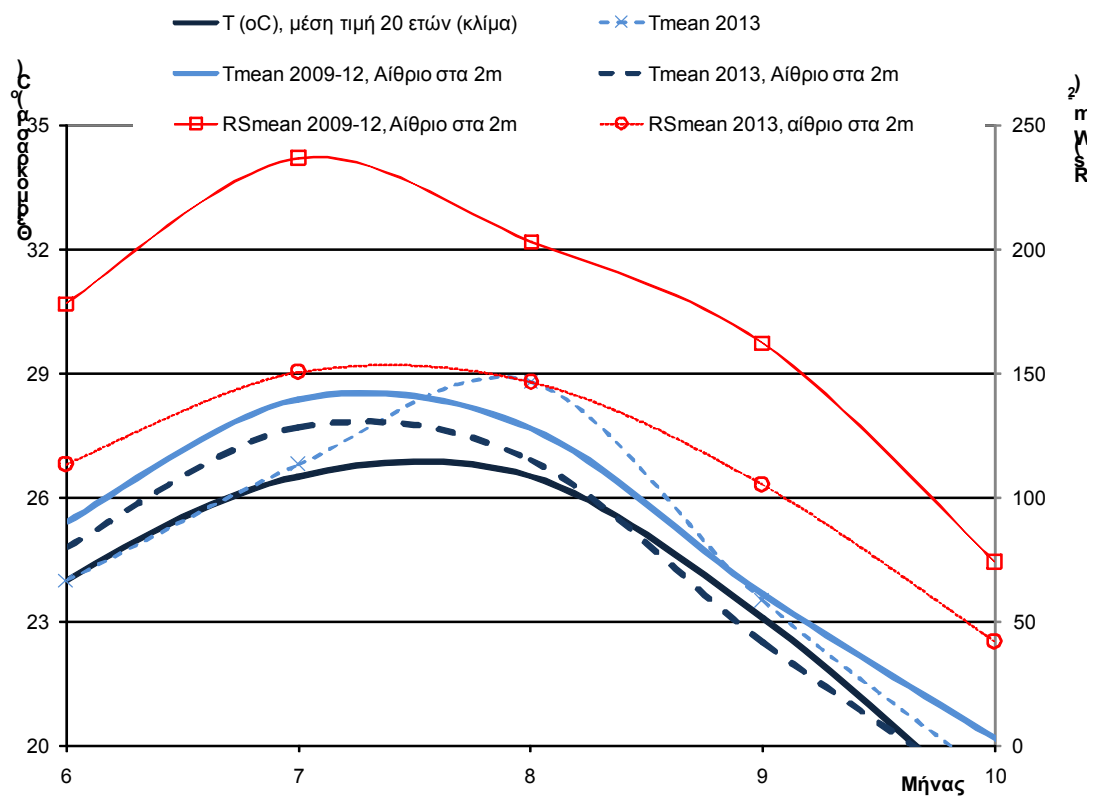
Στην Εικόνα 75 παρουσιάζονται η θερμοκρασία και η βροχόπτωση για το έτος 2013 σε σχέση με τις κλιματικές τιμές (μέσες τιμές 20 ετών - EMY, 2014). Είναι φανερό ότι εκτός από το μεγάλο ύψος βροχής του Ιανουαρίου 2013, οι παράμετροι του έτους αυτού είναι πολύ κοντά στις κλιματικές τιμές για την περιοχή.



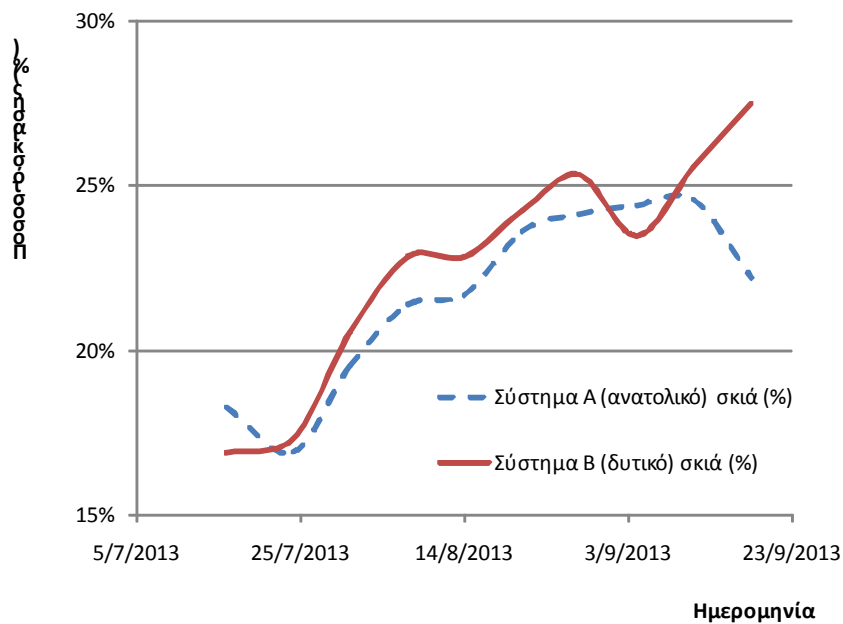
Εικόνα 75 Τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων για το 2013 σε σχέση με κλιματικές τιμές (EMY, 2014)

Στην Εικόνα 76 παρουσιάζεται η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία (ενέργεια) για την θερινή περίοδο 2009 - 2012 (χωρίς πέργκολα) και 2013 (με πέργκολα). Είναι φανερό ότι η θερμοκρασία εντός του αιθρίου (προσομοιάζει έντονα δομημένη περιοχή) είναι αυξημένη σε σχέση με τον ανοικτό αγρό (σταθμός θερμοκηπίου) και ότι η εγκατάσταση της πέργκολας, έστω και με τα φυτά σε νεαρό στάδιο ανάπτυξης είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά 1 περίπου $^{\circ}\text{C}$. Η ηλιακή ακτινοβολία μετά την εγκατάσταση της πέργκολας είναι από 50-100 Wm^{-2} μικρότερη.

Όσο αφορά τη σκίαση αυτή αυξάνονταν όσο αυξάνονταν και η ανάπτυξη των φυτών και έφτασε σε ποσοστό έως και 25% (Εικόνα 77).



Εικόνα 76 Θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία στο αίθριο πριν (2009-2012) και μετά (2013) την εγκατάσταση της πέργκολας.



Εικόνα 77 Εξέλιξη ποσοστού σκίασης από την πέργκολα

Συμπεράσματα

Από τη διαδικασία κατασκευής της πέργκολας, την διαχείριση της κατασκευής και του φυτικού υλικού καθώς και την μελέτη της επίδρασης στο μικροκλίμα του αιθρίου κατά τους πρώτους 5 μήνες λειτουργίας του συστήματος προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ο σκελετός της κατασκευής αποδείχθηκε πολύ αποτελεσματικός χωρίς να χρειαστεί καμία τροποποίηση κατά τη διάρκεια του πειράματος.
- Οι αισθητήρες που ήταν τοποθετημένοι στην κατασκευή της πέργκολας καθώς και στο γύρο χώρο μας έδωσαν αρκετές πληροφορίες ως προς το σύστημα της πέργκολας, στις διαφορές του μικροκλίματος καθώς και στην ψυχολογία των ατόμων που βρισκόταν στο χώρο του κτηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.
- Το σύστημα άρδευσης είχε γενικά καλή επίδοση ως προς την υποβρύχια αντλία και συνδεσμολογία με τον προγραμματιστή ποτίσματος.
- Ο χρόνος προσαρμογής των φυτών τελικά βοήθησε πολύ στην επιβίωση των φυτών.
- Το θρεπτικό διάλυμα ήταν πολύ καλή συνταγή για χρήση στο κλειστό υδροπονικό σύστημα της πέργκολας με καλλωπιστικά φυτά σε μεσογειακές συνθήκες .
- Πολύ μεγάλο ποσοστό των φυτών όχι μόνο κατάφεραν να επιβιώσουν (67 από τα 72 φυτά συνολικά επιβίωσαν)
- Οι επιδράσεις στο μικροκλίμα ήταν θετικές (σκίαση και μείωση θερμοκρασίας).

[κενή]

Βιβλιογραφία

Alexandri, E & Jones, P, 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43 (4): 480-493

Bass, B. and B. Baskaran, 2003: Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaption Strategy for Urban Areas: Impacts and Evaluations Progress Report. April 1, 1999 – March 3, 2001.

Benvenuti S., 2009. Germination ecology of Mediterranean species from natural "living walls". ISHS 2nd International Conference on Landscape and Urban Horticulture Bologna, Italy 9-13 June 2009

Blanc P., 2009. Mur Vegetal – Main Works (διαθέσιμο στο: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>)

Cantor S. L., 2008. Green roofs in sustainable landscape design. W.W. Norton & Company Ltd, New York.

Elazzarin, M. R., Castellotti, F., Busato, F. 2005. Experimental measurements and numerical modeling of a green roof. *Energy and Buildings*, 37:1260-1267.

Eumorfopoulou E., D. Aravantinos. 1998. The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. *Energy and Buildings*. 27(1):29-36.

Fang Fang C (2008). Evaluating the thermal reduction of plant layers on rooftops. *Energy and Buildings*, 40 (6): 1048-1052

Hoffman L. and W. McDonough, 2004. Green Roofs: Ecological Design And Construction. Earth Pledge Foundation, Schiffer Publishing.

Holm, D., 1989: Thermal improvement by means of leaf cover on external walls - a simulation model. *Energy and Buildings*, 14:19-30.

Hoyano, A., 1988: Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building. *Energy Buildings*, 11:181-199.

Luvall, J.C., and H. R. Holbo, 1989: Measurements of short-term thermal responses of coniferous forest canopies using thermal scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 27:1-10.

Monteith, J L & Unsowrth A M, 2008. Principles of environmental Physics, 3rd Edition. Academic Press, Elsevier.

Montero, J.L., Salas, M.C., 2009. Hydroponic pergola as an example of living furniture in urban landscape. ISHS 2nd International Conference on Landscape and Urban Horticulture Bologna, Italy 9-13 June 2009

Sailor D J (2008). A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, 40 (8): 1466-1478

Salas, M.C., Montero, J.L., 2009. Hydroponic system for growing ground cover plants on vertical surface. ISHS 2nd International Conference on Landscape and Urban Horticulture Bologna, Italy 9-13 June 2009

Santamouris M., Georgakis C., 2003. Energy and indoor climate in urban environments: recent trends. Building Services Engineering Research and Technology, Vol. 24, No. 2, 69-81

Santamouris. M., Pavlou, C., Doukas, P., Mihalakakou, G., Synnefa, A., Hatzibiros, A., Patargias, P, 2007. Investigating and analyzing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy, 32: 1781-1788.

Takebayashi H & Moriyama M (2007). Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. Building and Environment, 2 (8): 2971-2979

Tan et al., 2007: Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003, Int. J. Biometeorology, 51, 193–200

Wilmers, F., 1988: Green for amelioration of urban climate. Energy and Buildings, 11:288-299.

Yang J; Yu Q; Gong P, 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmospheric Environment, 42 (31): 7266-7273.

ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2014. Κλιματολογικά στοιχεία Άρτας (ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ: 1976-1997), Διαθέσιμο στο: http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Arta&dr_region=ClimEpirus. Προσπελάστηκε: 20/1/2014

Νεκτάριος Π., 2007. Φυτοκάλυψη δομημένων χώρων στα αστικά κέντρα, δυνατότητες και προοπτικές της Ελληνικής πραγματικότητας. 1ο συνέδριο "Πράσινες Οροφές για μια Βιώσιμη Αττική", Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ολιβιέ Φιλίππι, 2008. Για έναν άνυδρο κήπο. Εκδόσεις Καστανιώτη Αθήνα.

Παγκάλου Ε., 2005 Σύγχρονη Τεχνολογία Κατασκευής Πράσινων Στεγών – Εγκατάσταση Πράσινης Στέγης σε Κτήρια της ΔΕΗ. ΕΕΕΕ ΕΠΕ, Αθήνα

Παπαϊωάννου Γ., 2007 , Πράσινες στέγες (διαθέσιμο στο: <http://www.ecpcrete.gr>)

Πετρόπουλος Ν., 2000. Οροφόκηποι. Διδακτικές Σημειώσεις. ΤΕΙ Ηπείρου Τμ. ΑΑΤ, Άρτα.

Σάββας Δ., 2008. Χαρακτηριστικά φυσικών πορωδων υλικων για χρηση τους ως υποστρώματα στις καλλιεργειες εκτος εδαφους. Παρουσιαση σε ημεριδα PoPruRa, Πρέβεζα 9-2008

Τσιρογιάννης Ι.Λ., Βάρρας Γρ., 2009. Αξιολόγηση επιδράσεων σχετικά με εγκατάσταση πράσινου σε κτήρια και ανάπτυξη καινοτόμων υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις. Πρόταση που υποβλήθηκε στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2007-2013, «ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ: ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΑ ΤΕΙ»

Παράρτημα Ι - Διάφορα ενδιαφέροντα κατά τη διάρκεια του πειράματος

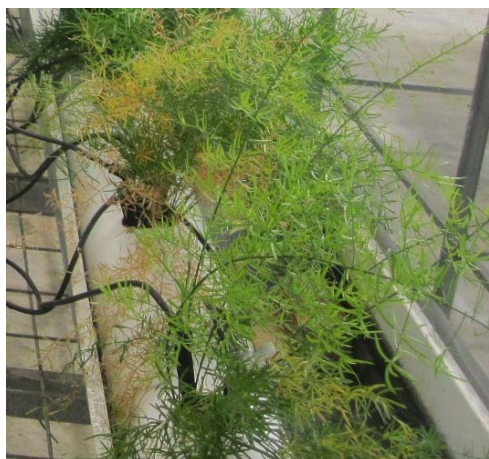
Προβλήματα με φυτικό υλικό

Αρχικά υπήρχαν μερικές απώλειες φυτών στο υδροπονικό θερμοκήπιο καθώς μερικά φυτά δεν κατάφεραν να προσαρμοστούν στις συνθήκες του καινούριου υποστρώματος και θρεπτικού διαλύματος και συνθηκών του θερμοκηπίου.



Εικόνα 78 Προσβολή από αλευρώδη (*Trialeurodes vaporariorum*) σε σε *Petunia surfinia*

Στις 18-6-2013 έγινε η αφαίρεση των 6 *Asparagus densifloru* (σπαράγγια) από τους φορείς h1 , h6 και στις 19-6-2013 έγινε η αντικατάστασή τους διότι γενικά δεν είχαν καλή συμπεριφορά και στην θέση τους τοποθετήθηκαν *Dimorphoteca sinuata* (διμορφοθήκες).



Εικόνα 79 *Asparagus densifloru*



Εικόνα 80 *Dimorphoteca sinuata*

Στις 2-8-2013 έγινε αντικατάσταση φυτών *Petunia surfinia* (σερφίνιες) στη θέση e1. Ήταν σε υπόστρωμα τύρφης με αποτέλεσμα να μην είναι έτοιμες να εγκλιματιστούν στον περλίτη του φυτευτικού φορέα στην πέργολα , οπότε μετά από μερικές ημέρες τα φυτά δεν επέζησαν και αντικαταστάθηκαν από φυτά ομοίου είδους *Petunia surfinia*



Εικόνα 81 *Petunia surfinia*



Εικόνα 82 *Petunia surfinia*



Εικόνα 83 Αντικατάσταση φυτών

Στις 5-9-2013 έγινε η αντικατάσταση 4 *Pelargonium zonale* (γερανιών) λόγω σαπίσματος στις θέσεις e2, g2, e5 και g5 όπου τοποθετήθηκαν *Pelargonium capitatum* (αρμπάρόριζες).



Εικόνα 84 *Pelargonium capitatum* (αρμπάρόριζες)



Εικόνα 85 *Pelargonium zonale*

Έκθεση των φυτών της πέργκολας στο ηλιακό φως σκιάσεις

Στις 21 Ιουνίου κανένα μέρος της πέργκολας δεν σκιαζόταν στη διάρκεια της ημέρας. 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου είχαμε διαφοροποίηση νότιου και βόρειου τμήματος. Το νότιο τμήμα δεν δεχόταν άμεσο ηλιακό φως σχεδόν καθόλου στη διάρκεια της ημέρας επομένως έως το τέλος Μαΐου και από αρχές Αυγούστου το νότιο τμήμα έπρεπε να μένει αρκετό διάστημα της ημέρας στη σκιά. Ηγκαζάνια ήταν ο καλύτερος δείκτης καθώς είναι φωτόφιλο και βρισκόταν στην βόρεια και νότια πλευρά



Εικόνα 86 Σκίαση πέργκολας στις 11:30



Εικόνα 87 Σκίαση πέργκολας στις 13.30



Εικόνα 88 Σκίαση πέργκολας στις 15.30

Εικόνες από ανατολικά (25/9/2013) (ο ήλιος σχετικά χαμηλά στον ορίζοντα, το καλοκαίρι ο ήλιος πιο ψηλά, οπότε οι σκιές διαφέρουν σε σχέση με άλλη χρονική περίοδο) Ύψος τοίχου: 10μ .

Θεωρητικά εκτιμώμενο μήκος σκιάς

	21-Δεκ	21-Μαρ	21-Σεπ	21-Ιουν
8:00	55,75	24,10	24,10	14,70
10:00	28,63	11,86	11,86	5,47
12:00	21,65	8,05	8,05	2,87
16:00	28,63	11,86	11,86	5,47
18:00	55,75	24,10	24,10	14,70

Έλεγχος ομοιομορφίας άρδευσης

Η ομοιομορφία της άρδευσης ήταν το μεγαλύτερο τεχνικό ζήτημα όπου κληθήκαμε να αντιμετωπίσουμε καθώς το αρδευτικό σύστημα της πέργολας ήταν διαφορετικό από ένα κοινό αρδευτικό σύστημα ενός κήπου – πάρκου και έτσι είχαμε δυσκολία ώστε να φτάσουμε τουλάχιστον το 85% της ομοιομορφίας του συστήματος..

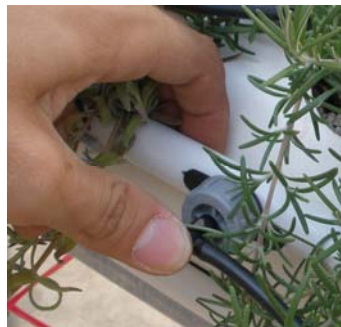
Στις ακόλουθες ημερομηνίες αναγράφονται οι ενέργειες που έγιναν στο αρδευτικό σύστημα της πέργολας:

Στις 10-7-2013 έγινε η πρώτη μέτρηση ομοιομορφίας η οποία ήταν πολύ χαμηλή



Εικόνα 89 Πρώτη μέτρηση ομοιομορφίας

Στις 10-7-2013 ελέγχτηκαν όλοι οι σταλάκτες ως προς την σωστή σύνδεσή τους



Εικόνα 90 Έλεγχος σταλαχτών



Εικόνα 91 Σταλάκτης βουλωμένος

Στις 6-8-2013 έγινε έλεγχος ομοιομορφίας (επίσης χαμηλό ποσοστό).

Στις 7-8-2013 κάναμε ένωση των σωλήνων στο πίσω μέρος και κλείσιμο της εκφόρτισης αλλά και πάλι δεν είχαμε καλά αποτελέσματα .

Στις 17-8-2013 χρειάστηκε να γίνει σύστημα by pass το οποίο έστελνε θρεπτικό διάλυμα και από πίσω , ανοίξαμε λίγο την εκφόρτιση και συνδέθηκε βαλβίδα εξαερισμού. Τα μακαρόνια δέθηκαν με πλαστικά δεματικά διότι από την υψηλή

θερμοκρασία το πλαστικό μακαρόνι μαλάκωνε με αποτέλεσμα από την πίεση της άρδευσης να αποσυνδέονται από τις λόγχες.



Εικόνα 92 Σύνδεση και έλεγχος λογχών

Κατα διαστήματα παρατηρήθηκαν ζητήματα που σχετίζονταν με υψηλή υγρασία π.χ. στις 1-8-2013 στη θέση h1 τα φύλλα του *Dimorphoteca sinuata* ήταν συνεστραμμένα λόγω της υψηλής υγρασίας εδάφους 40%.



Εικόνα 93 Συνεστραμμένα φύλλα λόγω της υψηλής υγρασίας εδάφους

[κενή]

Παράρτημα II: Προτάσεις εναλλακτικών μορφών που θα μπορούσε να έχει σε εμπορικές εφαρμογές η ιδέα της υδροπονικής πέργκολας

Singapore , Singapore garden

<http://www.singaporegarden.co.uk>



Εικόνα 94 Singapore garden

Dubai , Miracle Garden

<http://www.dubaimiraclegarden.com>



Εικόνα 95 Miracle Garden

Spain , Madrid (SelgasCano)

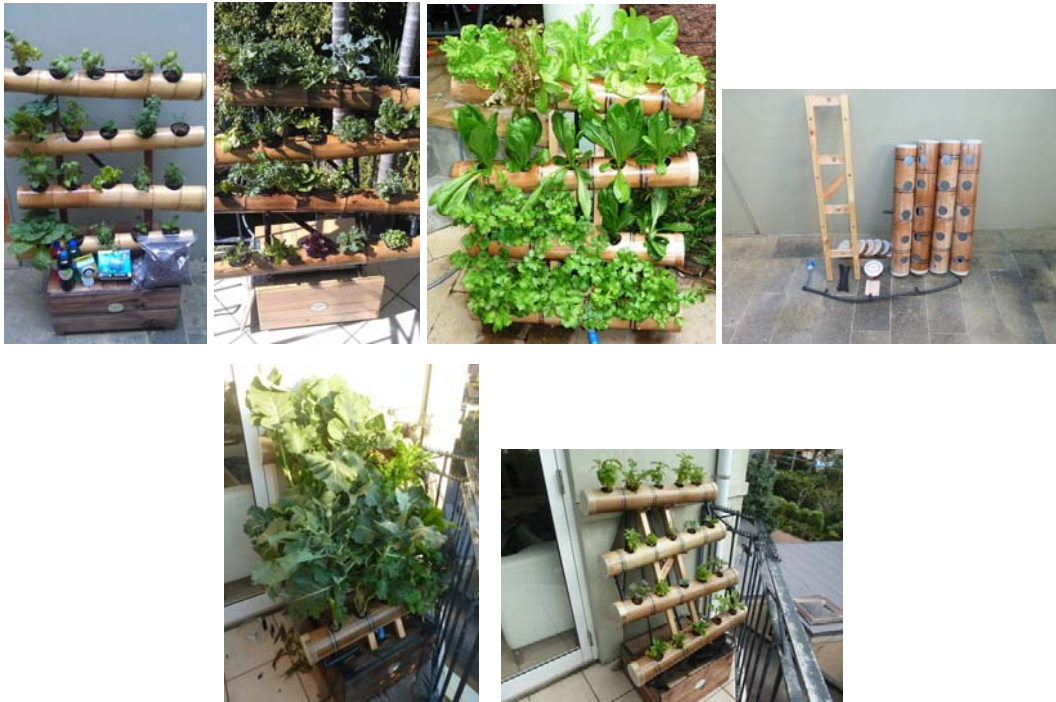
<http://www.selgascano.net>



Εικόνα 96 Selgas Cano

Australia , vertical grow

<http://www.verticalgrow.com.au>



Εικόνα 97 Vertical grow

MSri Lanka , Clearpoint tower
Μελλοντικό υδροπονικό πράσινο κτήριο
<http://www.inhabitat.com>



Εικόνα 98 Clearpoint Garden

Hydroponic construction from home hydro systems
<http://www.homehydrosystems.com>



Εικόνα 99 Home hydro systems