



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

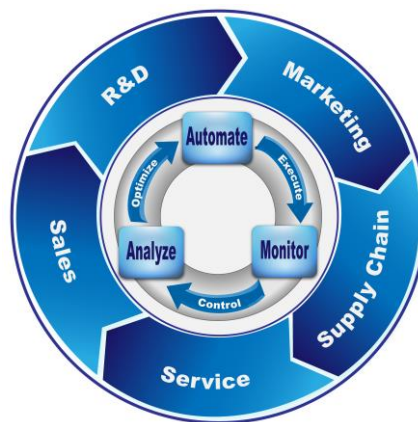
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

ΚΑΡΑΜΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Π.Μ.Σ : Αυτοματισμός Παραγωγής & Υπηρεσιών



Επιβλέπων Καθηγητής: Χρ.Δρόσος

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Πειραιάς, Μάιος 2018

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών» του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο Καραγιάννης Γεώργιος / Η Αυδρέα κάτωθι υπογεγραμμένος / η η
του Αυδρέα, με αριθμό μητρώου 35 φοιτητής /
τρα του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής,
πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα
παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Διπλόν



Ημερομηνία

7/6/18

Περίληψη (ελληνικά)

Η παρούσα διατριβή δημιουργήθηκε ύστερα από την διαπίστωση ότι σε πολλές Ευρωπαϊκές και όχι μόνο χώρες παρατηρείται μια στροφή προς την αστική γεωργία και τις οικιακές καλλιέργειες υδροπονικού τύπου. Η υδροπονία είναι εξαιρετική τεχνική για τέτοιου είδους προσπάθειες διότι προσφέρει υψηλής ποιότητας σοδειές σε μικρά χρονικά διαστήματα αλλά και σε μικρούς χώρους λόγω απουσίας χώματος. Σκοπός της διατριβής λοιπόν είναι η δημιουργία ενός υδροπονικού ελεγκτή ο οποίος θα παρακολουθεί και θα ελέγχει τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που είναι απαραίτητοι για μια πετυχημένη υδροπονική καλλιέργεια. Πιο συγκεκριμένα θα παρακολουθεί την θερμοκρασία και την υγρασία του χώρου καλλιέργειας, την θερμοκρασία, την αγωγιμότητα, το pH και το ύψος του νερού καλλιέργειας στην δεξαμενή (δεδομένου του ότι οι ρίζες των φυτών είναι βυθισμένες μέσα σε νερό και όχι σε χώμα) καθώς και την ύπαρξη φωτισμού. Επιπλέον θα μπορεί να ελέγχει τον εξαερισμό, τον ανεμιστήρα, την λάμπα και τον υγραντήρα του χώρου καλλιέργειας καθώς και τις αντλίες για την δοσολογία των υδροπονικών λιπασμάτων. Ειδοποιήσεις θα ενεργοποιούνται αν κάποια από τις παραπάνω τιμές υπερβεί τα ανώτατα ή κατώτατα όρια τα οποία έχει θέσει ο χρήστης.

Η πλατφόρμα που επιλέχθηκε για την υλοποίηση του ελεγκτή είναι το Arduino Mega 2560 καθώς διαθέτει μεγάλη μνήμη και παρέχει αρκετές υποδοχές για να υποστηρίξει οθόνη, αισθητήρες, ρελέ και shields.

Με την χρήση της παραπάνω εφαρμογής θα μπορεί ο οποιοσδήποτε να καλλιεργεί λαχανικά, φρούτα και βότανα σε υδροπονικά θερμοκήπια τοποθετημένα σε αστικά κέντρα καταβάλλοντας ελάχιστη προσπάθεια αλλά και με μικρό κόστος. Ο ελεγκτής αποτελείται από φθηνά περιφερειακά υλικά και ακολουθεί την λογική του ανοιχτού κώδικα.

Ο σύγχρονος άνθρωπος της πόλης λοιπόν δεν θα χρειάζεται να αφιερώνει μεγάλο μέρος του πολύτιμου χρόνου του στην καλλιέργεια καθώς ο ελεγκτής προσφέρει πολλές αυτοματοποιημένες διαδικασίες καθώς και απομακρυσμένο έλεγχο μέσω διαδικτύου.

Λέξεις-Κλειδιά: Αστική γεωργία, οικιακή καλλιέργεια, υδροπονία, ελεγκτής, arduino

Abstract (English)

This thesis was created after the observation that in many European and not only countries there is a shift towards urban agriculture and domestic hydroponic crops. Hydroponics is an excellent technique for such efforts because it offers high quality crops in short periods of time but also in small spaces due to the absence of soil.

The aim of the dissertation is to create a hydroponic controller that will monitor and control the environmental factors necessary for a successful hydroponic cultivation.

In particular, it will monitor the temperature and humidity of the growing area, the temperature, conductivity, pH and height of the culture water in the reservoir (since the root of the plants are immersed in water and not in soil) and the presence of lighting.

In addition, it will be able to control the ventilation, fan, bulb and humidifier as well as pumps for the dosing of hydroponic fertilizers. Notifications will be triggered if any of the above values exceeds the thresholds set by the user.

The platform chosen to implement the controller is the Arduino Mega 2560 as it has a lot of memory and provides several slots to support display, sensors, relays and shields.

By using the above application, anyone can grow vegetables, fruits and herbs in hydroponics greenhouses located in urban centers, paying little effort but also at a low cost. The controller is made up of cheap peripheral materials and follows the logic of open source.

The modern man of the city therefore will not have to devote much of his precious time to cultivation as the controller offers many automated processes as well as remote control over the internet.

Keywords: Urban agriculture, domestic crop, hydroponics, controller, Arduino

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	7
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2.ΑΣΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	10
2.1 Ορισμός	10
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	10
2.2.1 Τεχνικές αστικής καλλιέργειας αρχαίων πολιτισμών	11
2.2.2 Τεχνικές αστικής καλλιέργειας νεότερων πολιτισμών.....	12
2.3 Οφέλη αστικής γεωργίας.....	13
2.4 Περιορισμοί αστικής γεωργίας.....	14
3.ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	15
3.1 Ορισμός	15
3.2 Είδη υδροπονικών καλλιεργειών.....	15
3.2.1 Ταξινόμηση ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης απορροής	15
3.2.1.1 Ανοικτά συστήματα	15
3.2.1.2 Κλειστά συστήματα	16
3.2.2 Ταξινόμηση ανάλογα με το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος	17
3.2.2.1 Καλλιέργεια σε πορώδη υποστρώματα.....	17
3.2.2.2 Καλλιέργεια χωρίς πορώδη υποστρώματα	20
3.3 Θρεπτικά διαλύματα.....	22
3.3.1 Σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων.....	22
3.3.2 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	22
3.3.3 Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων	23
3.4 Πλεονεκτήματα υδροπονίας.....	24
3.5 Μειονεκτήματα υδροπονίας	25
4.ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ	26
4.1 Arduino Mega 2560.....	26
4.2 Arduino Ethernet Shield	27
4.3 Microbot LCD Shield for Arduino	28
4.4 Breadboard (Πλακέτα δοκιμών).....	29

4.5 Αισθητήριο DHT11	30
4.6 Αισθητήριο DS18B20	31
4.7 Αισθητήριο HC-SR04	32
4.8 Tiny RTC I2C.....	34
4.9 Φωτοαντίσταση (PHOTORESISTOR)	34
4.10 Αισθητήριο οξύτητας (PH).....	35
4.11 Αισθητήριο ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC).....	37
4.12 Πλακέτα ρελέ 8 καναλιών	37
4.13 LED	38
4.14 Συνδεσμολογία	40
5.ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ.....	41
5.1 Έτοιμες βιβλιοθήκες Arduino	41
5.2 Λογισμικό γραφικού περιβάλλοντος οθόνης LCD.....	43
5.3 Λογισμικό μηχανισμών και αυτοματισμών	55
5.4 Λογισμικό εφαρμογής χειρισμού ελεγκτή μέσω διαδικτύου.....	69
6.ΤΕΣΤ ΕΥΧΡΗΣΤΙΑΣ	75
6.1 Σενάριο 1:Παρακολούθηση μετρήσεων μέσω οθόνης LCD	75
6.2 Σενάριο 2:Παρακολούθηση μετρήσεων μέσω εφαρμογής.....	80
6.3 Συμπεράσματα τεστ ευχρηστίας.....	81
7.ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ	82
8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	83
9.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84
10.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	86
Παράρτημα 1:Δημοσίευση	87
Παράρτημα 2: Πρόταση διατριβής.....	95

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα	22
Πίνακας 2. Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία.....	22
Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά Arduino Mega 2560.....	26
Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά Ethernet Shield.....	27
Πίνακας 5. Περιγραφή ακροδεκτών Ethernet Shield	27
Πίνακας 6. Περιγραφή ακροδεκτών LCD Shield.....	28
Πίνακας 7. Σχέση μεταξύ κουμπιών και τάσης στον ακροδέκτη A0	29
Πίνακας 8. Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DHT11	30
Πίνακας 9. Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα DHT11	31
Πίνακας 10. Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DS18B20	31
Πίνακας 11. Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα DS18B20	31
Πίνακας 12. Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα HC-SR04	33
Πίνακας 13. Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα HC-SR04	33
Πίνακας 14. Τεχνικά χαρακτηριστικά Tiny RTC I2C.....	34
Πίνακας 15. Περιγραφή ακροδεκτών προσθέτου Tiny RTC I2C.....	34
Πίνακας 16. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοαντίστασης	34
Πίνακας 17. Περιγραφή ακροδεκτών φωτοαντίστασης	35
Πίνακας 18. Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα pH.....	35
Πίνακας 19. Αντιστοίχιση της τάσης εξόδου ηλεκτροδίου με την τιμή pH.....	36
Πίνακας 20. Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα οξύτητας	36
Πίνακας 21. Τεχνικά χαρακτηριστικά πλακέτας ρελέ 8 καναλιών.....	37
Πίνακας 22. Περιγραφή ακροδεκτών πλακέτας ρελέ 8 καναλιών.....	38
Πίνακας 23. Τεχνικά χαρακτηριστικά led	38
Πίνακας 24. Περιγραφή ακροδεκτών led	39

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Αναπαράσταση Chinampas	11
Εικόνα 2. Καλλιέργειες υπό μορφή διαζωμάτων Μάτσου Πίτσου.....	11
Εικόνα 3. Αμερικάνικη διαφήμιση εποχής για τους κήπους της νίκης.....	12
Εικόνα 4. Υδροπονική καλλιέργεια φυτών ντομάτας σε υπόστρωμα ορυκτοβάμβακα	19
Εικόνα 5. Προετοιμασία υδροπονικού θερμοκηπίου με υπόστρωμα κοκκοφοίνικα	19
Εικόνα 6. Υδροπονική καλλιέργεια φυτών μαρουλιού με την μέθοδο της επίπλευσης	20

Εικόνα 7. Υδροπονική καλλιέργεια φυτών μαρουλιού με την μέθοδο μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος.....	21
Εικόνα 8. Καλλιέργεια φυτών μαρουλιού με την μέθοδο της αεροπονίας.....	21
Εικόνα 9. Arduino Mega 2560 Microcontroller	27
Εικόνα 10. Arduino Ethernet Shield.....	28
Εικόνα 11. Microbot LCD Shield	29
Εικόνα 12. Breadboard	30
Εικόνα 13. Αισθητήρας DHT11	31
Εικόνα 14. Αισθητήρας DS18B20.....	32
Εικόνα 15. Γραφική αναπαράσταση λειτουργίας αισθητήρα	32
Εικόνα 16. Αισθητήρας HC-SR04.....	33
Εικόνα 17. Πρόσθετο Tiny RTC I2C.....	34
Εικόνα 18. Φωτοαντίσταση	35
Εικόνα 19. Αναλογικός αισθητήρας οξύτητας.....	36
Εικόνα 20. Πλακέτα ρελέ 8 καναλιών	38
Εικόνα 21. Led σε διάφορα χρώματα	39
Εικόνα 22. Συνδεσμολογία πρωτοτύπου υδροπονικού ελεγκτή	40
Εικόνα 23. Menu structure diagram.....	44
Εικόνα 24. UML Class diagram	45
Εικόνα 25. Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής χειρισμού υπολογιστή μέσω διαδικτύου.....	70
Εικόνα 26. Οθόνη βασικού μενού κατά την εκκίνηση του ελεγκτή	75
Εικόνα 27. Οθόνη βασικού μενού	75
Εικόνα 28. Οθόνη υπομενού Sensors	76
Εικόνα 29. Οθόνη Grow Room	76
Εικόνα 30. Μήνυμα επιστροφής στο υπομενού.....	77
Εικόνα 31. Οθόνη Water.....	77
Εικόνα 32. Οθόνη υπομενού Sensors	78
Εικόνα 33. Οθόνη υπομενού Sensors	78
Εικόνα 34. Οθόνη EC	79
Εικόνα 35. Οθόνη PH	79
Εικόνα 36. Οθόνη βασικού μενού.....	80
Εικόνα 37. Οθόνη αυτόματης λειτουργίας	80
Εικόνα 38. Αρχείο exe	81
Εικόνα 39. Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής χωρίς σύνδεση	81
Εικόνα 40. Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής σε σύνδεση με τον ελεγκτή.....	81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- **EEPROM:** Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Μνήμη)
- **RTC:** Real Time Clock (Ρολόι)
- **Ph:** power of Hydrogen (Μονάδα μέτρησης οξύτητας)
- **EC:** Electrical Conductivity (Ηλεκτρική αγωγιμότητα)
- **GND:** Ground (Γείωση)
- **PCB:** Printed Circuit Board (Τυπωμένο κύκλωμα)
- **VCC:** Voltage at the Common Collector (Τάση)
- **kHz:** kilohertz (Συχνότητα)
- **VDC:** Volts Direct Current (Τάση συνεχούς ρεύματος)
- **mA:** milliampere (Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος)

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διατριβή επικεντρώνεται στην δημιουργία και κατασκευή ελεγκτή για τον έλεγχο υδροπονικού θερμοκηπίου. Στόχος είναι να δοθεί η ευκαιρία στον σύγχρονο άνθρωπο της πόλης να καλλιεργεί μόνος του μικρές ποσότητες φρούτων, λαχανικών και βοτάνων για ιδία χρήση με το μικρότερο δυνατό οικονομικό αλλά και χρονικό κόστος.

Ο ελεγκτής με μικρές μετατροπές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγαλύτερης έκτασης καλλιέργειες εντός ή εκτός θερμοκηπίου. Προς το παρόν είναι κατάλληλος για υδροπονικές καλλιέργειες σε ειδικά διαμορφωμένο θερμοκήπιο με την χρήση λάμπας η οποία μιμείται το φως τους ήλιου. Στο συγκεκριμένο είδος καλλιέργειας οι ρίζες βρίσκονται βυθισμένες και αναπτύσσονται μέσα σε νερό απαιτώντας ελάχιστο χώρο σε σχέση με τις συμβατικές οι οποίες χρησιμοποιούν χώμα για την ανάπτυξη των ριζών του εκάστοτε φυτού. Η παραπάνω ιδιαιτερότητα τις καθιστά ιδανικές για εγκατάσταση ακόμα και μέσα σε διαμερίσματα.

Για την σωστή και γρήγορη ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητη η διατήρηση των περιβαλλοντικών παραγόντων σε σωστά και επιτρεπόμενα επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα της θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου καλλιέργειας αλλά και τα επίπεδα της θερμοκρασίας, αγωγιμότητας και οξύτητας του νερού καλλιέργειας είναι εξαιρετικά σημαντικά για την δημιουργία μιας ποιοτικής σοδειάς.

Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω απαιτήσεις ο ελεγκτής δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να:

- παρακολουθεί τα επίπεδα υγρασίας του χώρου καλλιέργειας
- παρακολουθεί τη θερμοκρασία του χώρου καλλιέργειας
- παρακολουθεί τη στάθμη του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί τη θερμοκρασία του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί το επίπεδο της αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί το επίπεδο της ενεργούς οξύτητας του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί την κατάσταση της λάμπας καλλιέργειας (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του υγραστήρα (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του εξαερισμού (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του ανεμιστήρα (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του αυτόματου δοσομετρητή (ON-OFF)
- παρακολουθεί την ύπαρξη alarms (HIGH-LOW-OK)
- παρακολουθεί την μέγιστη και ελάχιστη τιμή που έχει σημειωθεί για κάθε μέτρηση
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λάμπα καλλιέργειας
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λειτουργία του υγραστήρα
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λειτουργία του ανεμιστήρα
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λειτουργία του εξαερισμού
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την αυτόματη λειτουργία του φωτισμού

- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την αυτόματη λειτουργία του υγραντήρα
- ενεργοποιεί την αυτόματη δοσομετρική λειτουργία λιπασμάτων
- επιλέγει τον χρόνο λειτουργίας της λάμπας καλλιέργειας ώστε να ενεργοποιείται και να απενεργοποιείται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα
- επιλέγει το επιθυμητό κατώτερο επίπεδο υγρασίας ώστε όταν η υγρασία υποχωρήσει κάτω από αυτό να ενεργοποιείται η αυτόματη λειτουργία ύγρανσης
- επιλέγει την επιθυμητή ποσότητα σε ml από κάθε υγρό λίπασμα που έχει τοποθετηθεί στις αντλίες ώστε όταν ενεργοποιηθεί η αυτόματη δοσομετρική λειτουργία να ληφθούν οι κατάλληλες δοσολογίες
- επιλέγει τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές οι οποίες αν ξεπεραστούν θα εμφανίζονται alarms
- βαθμονομεί τον αισθητήρα αγωγιμότητας

Επιπλέον μέσω διαδικτύου και πιο συγκεκριμένα μέσω windows forms εφαρμογής ο χρήστης μπορεί να:

- συνδέεται/αποσυνδέεται στην κατάλληλη ip που αντιστοιχεί στον ελεγκτή
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λάμπα καλλιέργειας
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λειτουργία του υγραντήρα
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λειτουργία του ανεμιστήρα
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την λειτουργία του εξαερισμού
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την αυτόματη λειτουργία του φωτισμού
- ενεργοποιεί/απενεργοποιεί την αυτόματη λειτουργία του υγραντήρα
- ενεργοποιεί την αυτόματη δοσομετρική λειτουργία λιπασμάτων
- παρακολουθεί τα επίπεδα υγρασίας του χώρου καλλιέργειας
- παρακολουθεί τη θερμοκρασία του χώρου καλλιέργειας
- παρακολουθεί τη στάθμη του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί τη θερμοκρασία του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί το επίπεδο της αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί το επίπεδο της ενεργούς οξύτητας του νερού καλλιέργειας
- παρακολουθεί την κατάσταση της λάμπας καλλιέργειας (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του υγραντήρα (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του εξαερισμού (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του ανεμιστήρα (ON-OFF)
- παρακολουθεί την κατάσταση του αυτόματου δοσομετρητή (ON-OFF)

Δημιουργώντας έναν φθινό και ανοιχτού κώδικα υδροπονικό ελεγκτή δίνεται η δυνατότητα και το κίνητρο στον καθένα να ασχοληθεί με την καλλιέργεια αφού όλες οι διαδικασίες γίνονται πιο απλές, γρήγορες και αξιόπιστες ακόμα και μέσα στο σπίτι.

2 ΑΣΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

2.1 Ορισμός

Ως αστική καλλιέργεια θεωρείται ένα σύνολο πρακτικών και μικρής κλίμακας γεωργικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται από τους ανθρώπους εντός του αστικού περιβάλλοντος με σκοπό την καλλιέργεια παραγωγικών κυρίως φυτών και εδώδιμων γεωργικών προϊόντων. Ουσιαστικά, αστική καλλιέργεια είναι η παραγωγή αγροτικών προϊόντων μέσα στα όρια των πόλεων.

Ο τρόπος εφαρμογής της, διαφέρει ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή, καθώς οι καλλιέργειες επηρεάζονται από τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει ο κάθε τόπος.

Τα παραγόμενα προϊόντα προορίζονται συνήθως για ίδια κατανάλωση και κάλυψη ενός μέρους των διατροφικών αναγκών των αστών καλλιεργητών και των οικογενειών τους, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις κατά τις οποίες εισέρχονται στην αλυσίδα εμπορίας αγροδιατροφικών ειδών, αποτελώντας εμπορεύσιμα προϊόντα [1],[2].

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να διαχωριστεί η έννοια της αστικής καλλιέργειας σε δύο επιμέρους:

α. Δημόσια αστική καλλιέργεια: Καλλιέργεια στην πόλη, σε κοινόχρηστους δημόσιους χώρους, όπου συνεισφέρουν εν δυνάμει όλοι οι κάτοικοι και έχουν αντίστοιχα όλοι οφέλη από αυτό.

β. Ιδιωτική αστική καλλιέργεια: Καλλιέργεια στην πόλη, στα πλαίσια της κατοικίας(διαμερίσματος, μονοκατοικίας) του κάθε αστού, όπου η παραγωγή είναι σαφώς μικρότερη από τη δημόσια και τα οφέλη πηγαίνουν στον ιδιώτη παραγωγό[1],[2].

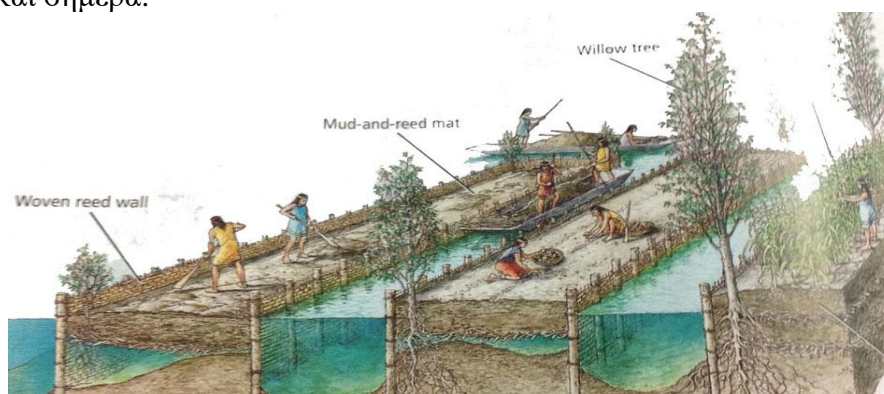
2.2 Ιστορική αναδρομή

Η δημιουργία μικρής κλίμακας γεωργικών καλλιεργειών σε αστικά κέντρα δεν είναι καινούρια καθώς εφαρμοζόταν από τα αρχαία ακόμη χρόνια σε αρκετές περιοχές του πλανήτη συχνά από ανάγκη ή για να παρέχουν μικρές ποσότητες τροφής σε περιπτώσεις ξαφνικής έλλειψης λόγω καιρικών ή πολεμικών συνθηκών. Ανάλογα με την περιοχή και τις ιδιαίτερες συνθήκες του κάθε τόπου, οι άνθρωποι διατηρούσαν έναν οικιακό λαχανόκηπο, στον οποίο καλλιεργούσαν λαχανικά, φρούτα ή ακόμα και δένδρα, με στόχο την επίτευξη μιας σχετικής αυτάρκειας σε επίπεδο νοικοκυριού[1],[2].

2.2.1 Τεχνικές αστικής καλλιέργειας αρχαίων πολιτισμών

Στο Μεξικό χρησιμοποιούσαν μικρές, ορθογώνιες περιοχές, γόνιμου εδάφους για τη φύτευση σοδειών, σε ρηχές λίμνες ή σε παράλια λιμνών στην κοιλάδα του Μεξικού τις οποίες αποκαλούσαν chinampas. Η πρακτική αυτή χρονολογείται στα πλαίσια της αρχαϊκής περιόδου, από το 8000-2000 π.χ. Οι γεωργοί έχτιζαν ένα φράχτη τριγύρω από μια περιοχή εντός λίμνης και τον γέμιζαν με λάσπη, ιζήματα της λίμνης και ώριμα φρούτα και λαχανικά, ώστε το τεχνητό αυτό «νησί» να ξεπεράσει το επίπεδο της λίμνης.

Στις άκρες κατά μήκος των νησιών φύτευαν δέντρα για καλύτερη στήριξη των νησιών. Τα chinampas χωρίζονταν μεταξύ τους με κανάλια ώστε να είναι δυνατή η διέλευση πλοιαρίων. Είχαν μεγάλες αποδόσεις, ως και 4 σοδειές το χρόνο, λόγω κυρίως της γονιμότητας που προσέφερε το έδαφος. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα.



Εικόνα 1: Αναπαράσταση chinampas

Στο Μάτσου Πίτσου δημιουργούσαν κατασκευές υπό μορφή διαζωμάτων σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, με ύψος ως και 4 μέτρα, στα προάστια της πόλεων που εξυπηρετούσαν την καλλιέργεια αλλά και τη στήριξη του εδάφους. Έτσι λοιπόν οι κάτοικοι της περιοχής ήταν αυτόνομοι από άποψη φαγητού, με τροφή που παραγόταν στα περίχωρα της πόλης και τους απέφερε δύο σοδειές ετησίως[1].



Εικόνα 2: Καλλιέργειες υπό μορφή διαζωμάτων Μάτσου Πίτσου

2.2.2 Τεχνικές αστικής καλλιέργειας νεότερων πολιτισμών

Καθώς ο χρόνος περνούσε, ο πληθυσμός στις πόλεις αυξανόταν και οι πόλεις γίνονταν όλο και λιγότερο αυτόρκες καθώς οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις αντικαθιστούνταν από πολυώροφα και μη κτήρια αλλά και κατασκευές. Η καλλιέργεια είχε αποκοπεί σχεδόν ολοκληρωτικά από το αστικό περιβάλλον.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες και πιο συγκεκριμένα στο Detroit, κατά τη διάρκεια του «Πανικού του 1893», ο δήμαρχος της πόλης, ενθάρρυνε την καλλιέργεια άδειων και εγκαταλελειμμένων εκτάσεων της περιοχής. Μέσα σε δύο χρόνια, σχεδόν οι μισές οικογένειες του Detroit καλλιεργούσαν τρόφιμα και λαχανικά σε αναξιοποίητες μέχρι τότε εκτάσεις της πόλης.

Κατά τη διάρκεια του Πρώτου και του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, σε πολλές αστικές περιοχές των Η.Π.Α. αλλά και της Ευρώπης δημιουργήθηκαν οι λεγόμενοι «Κήποι της Νίκης» (Victory Gardens). Επρόκειτο για μικρές καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης εντός αστικών κέντρων, που αποσκοπούσαν αφενός στον ανεμπόδιο ανεφοδιασμό των στρατευμάτων και αφετέρου στον περιορισμό της επισιτιστικής κρίσης και την κάλυψη ενός μέρους των διατροφικών αναγκών των αστών.



Εικόνα 3: Αμερικάνικη διαφήμιση εποχής για τους κήπους της νίκης

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η ανάγκη για καλλιέργεια τροφής εντός των πόλεων ελαχιστοποιήθηκε και πάλι λόγω της μαζικής παραγωγής τροφίμων και της οικονομικής προόδου που χαρακτήριζε τις περισσότερες κοινωνίες του δυτικού κόσμου.

Η αστική γεωργία επανήλθε δυναμικά στο προσκήνιο από το 2000 και έπειτα, όταν άρχισε να αναπτύσσεται σε αρκετές περιοχές του πλανήτη, είτε λόγω της οικονομικής κρίσης είτε ως δημιουργική ενασχόληση για τον ελεύθερο χρόνο των αστών[1],[2].

2.3 Οφέλη αστικής γεωργίας

Η δημιουργία αστικών καλλιεργειών προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και εκπαιδευτικούς τομείς για τους πολίτες και τους αστικούς οικισμούς.

Πιο συγκεκριμένα η αστική γεωργία:

- **Βοηθάει στο να προσεγγίσει εκ νέου ο άνθρωπος της πόλης το φυσικό περιβάλλον.** Στη σημερινή εποχή της έντονης αστικοποίησης, του γρήγορου τρόπου ζωής και των υπερβολικών υποχρεώσεων ο άνθρωπος έχει χάσει σχεδόν ολοκληρωτικά την επαφή του με την φύση. Η αστική γεωργία λοιπόν μπορεί να αποτελέσει τον συνδετικό κρίκο μεταξύ αυτών των δύο[2].
- **Λειτουργεί ως πνεύμονας πρασίνου.** Είναι γνωστό ότι γενικά η χλωρίδα του πλανήτη παράγει πολύτιμο οξυγόνο που είναι απαραίτητο για την υγεία των ανθρώπων[2].
- **Συμβάλλει στην βέλτιστη εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων.** Πιο συγκεκριμένα, επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων μέσω της αξιοποίησης όμβριων υδάτων και της παρακράτησης απορροών[2].
- **Συμβάλλει γενικά στην βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών του αστικού ιστού[2].**
- **Συμβάλλει στον περιορισμό της άναρχης δόμησης.** Με τη κατάληψη αστικών εκτάσεων από καλλιέργειες εμποδίζεται η απεριόριστη ανάπτυξη των πόλεων[2].
- **Αναβαθμίζει ποιοτικά την αισθητική της πόλης.** Αξιοποιώντας δημόσιους υπαίθριους χώρους δημιουργούνται μικρές οάσεις πρασίνου[2].
- **Συμβάλλει στην κοινωνικοποίηση των ανθρώπων.** Οι αστικοί κήποι μέσω της δημιουργικής απασχόλησης ενισχύουν την κοινωνική αλληλεγγύη και τη συλλογική σύμπραξη, καθώς άνθρωποι ανταλλάσσουν απόψεις, γνώσεις και ιδέες σχετικά με την παραγωγή αγροτικών προϊόντων[2].
- **Βοηθάει στην περιβαλλοντική εκπαίδευση των νέων.** Ένας αστικός κήπος μπορεί να αποτελέσει ιδανικό πεδίο εκπαίδευσης και κατάρτισης στην κατεύθυνση της αειφορικής ανάπτυξης[2].
- **Ενισχύει την εφευρετικότητα και την καινοτομία.** Οι άνθρωποι που ασχολούνται ενεργά με την καλλιέργεια μικρών εκτάσεων γης εντός αστικών περιοχών, επινοούν ή εξελίσσουν καινοτόμες πρακτικές[2].

- **Ενισχύει τις τοπικές οικονομίες.** Η τοπική παραγωγή τροφίμων στις αστικές και περιαστικές περιοχές οδηγεί στη δημιουργία ισχυρότερων τοπικών οικονομιών, κυρίως, μέσα από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας[2].
- **Βελτιώνει την ποιότητα των τροφίμων.** Πιο συγκεκριμένα υποστηρίζει μεθόδους παραγωγής τροφίμων, περισσότερο βιώσιμων και με περισσότερο σεβασμό προς τον καταναλωτή και το περιβάλλον[2].

2.4 Περιορισμοί αστικής γεωργίας

Στη σύγχρονη εποχή των αστικών κέντρων υπάρχουν παράγοντες οι οποίοι λειτουργούν περιοριστικά στην άσκηση και ανάπτυξη γεωργικών δραστηριοτήτων εντός των πόλεων.

Πιο συγκεκριμένα:

- **Νομικά προβλήματα που αφορούν τη χρήση και καλλιέργεια γης εντός αστικού ιστού.** Πιο συγκεκριμένα σε αρκετά κράτη-μέλη της Ε.Ε. δεν υπάρχει ξεκάθαρη νομοθεσία, η οποία να ρυθμίζει την αγορά γης και την μίσθωση γεωργικών εδαφών[2].
- **Υψηλές τιμές αστικής γης προς καλλιέργεια.** Λόγω της ανάπτυξης των υποδομών και της αστυφιλίας οι επενδυτές διαβλέπουν μεγαλύτερο κέρδος στην δημιουργία ακινήτων παρά καλλιεργειών[2].
- **Ανυπαρξία αγοράς καλλιεργήσιμης γης[2].**
- **Μόλυνση αστικού ιστού.** Η μόλυνση του εδάφους και της ατμόσφαιρας των πόλεων μπορεί να οδηγήσει σε αφομοίωση βαρέων μετάλλων (π.χ. μόλυβδος, αρσενικό) και άλλων ουσιών από τα φυτά[2].
- **Δυσκολίες αναφορικά με την προμήθεια και χρήση υλικών και εξοπλισμού που αφορούν τις καλλιέργειες.** Πιο συγκεκριμένα, η αποτελεσματική ανάπτυξη και δημιουργία αστικών καλλιεργειών προϋποθέτει πληθώρα προϊόντων (χώματα, λιπάσματα, αρδευτικό εξοπλισμό κλπ.) με τα οποία οι σύγχρονοι αστοί, κατά κανόνα δεν είναι εξοικειωμένοι[2].
- **Σύγχρονος τρόπος ζωής.** Στις σημερινές κοινωνίες οι άνθρωποι λόγω αυξημένων υποχρεώσεων δεν διαθέτουν πλέον καθόλου ελεύθερο χρόνο για να ασχοληθούν με χόμπι ή δραστηριότητες[2].

3 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

3.1 Ορισμός

Η λέξη υδροπονία (hydroponics) παράγεται από δύο ελληνικές λέξεις: Ύδωρ (hydro) που σημαίνει νερό και πόνος (ponos) που σημαίνει εργασία, δηλαδή εργασία με το νερό. Είναι μια τεχνολογικά εξελιγμένη μέθοδος γεωργικής παραγωγής χωρίς χώμα, αλλά με χρήση ενός θρεπτικού διαλύματος το οποίο παρέχει όλα τα απαραίτητα συστατικά στο φυτό για την ανάπτυξή του σε ένα περισσότερο ελεγχόμενο περιβάλλον. Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται εκτός του φυσικού εδάφους, είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα είτε σε θρεπτικά διαλύματα.

Οι υδροπονικές καλλιέργειες θεωρούνται οι πιο σύγχρονες τεχνολογίες που υπάρχουν παγκόσμια στον τομέα της γεωργικής παραγωγής. Η ουσιαστική διαφορά της υδροπονίας με τη συμβατική μέθοδο καλλιέργειας στο έδαφος, εστιάζει στο γεγονός ότι τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους εξαρτώνται κατά πολύ από την ποιότητα του ίδιου του χώματος και για το αν τελικά θα απορροφηθούν από το φυτό. Αντιθέτως στην υδροπονία αυτό είναι ελεγχόμενο και άμεσο αφού το καλλιεργητικό μέσο περιέχει άλατα ακριβώς στην ίδια μορφή που θα τα διέθετε ένα καλό έδαφος, αλλά σε πολύ πιο καθαρή μορφή. Για την ανάπτυξη αυτού του τομέα στη χώρα μας απαιτείται πρωτίστως ένα υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης και κατάρτισης[1],[3].

3.2 Είδη υδροπονικών καλλιεργειών

Οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον **τρόπο διαχείρισης της απορροής του μέσου καλλιέργειας** αλλά και με βάση το **μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος**.

3.2.1 Ταξινόμηση ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης απορροής

3.2.1.1 Ανοικτά συστήματα

<<Το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει (αποστραγγίζει) μετά την άρδευση δεν επαναχρησιμοποιείται και απορρίπτεται στο έδαφος, είτε διατίθεται για άρδευση εξωτερικών φυτειών. Τα ανοικτά συστήματα εφαρμόζονται σε συστήματα καλλιέργειας σε υποστρώματα>>[3].

Πλεονεκτήματα

- <<Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται στα φυτά είναι γνωστή και σταθερή και εύκολα μπορεί να τροποποιείται ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών>>[3].
- <<Είναι εύκολη η εφαρμογή τους εφόσον η διαχείριση της απορροής είναι απλή και το θρεπτικό διάλυμα φεύγει εκτός του περιβάλλοντος του

θερμοκηπίου, χωρίς αυτό να επηρεάζει τη θρέψη και ανάπτυξη των φυτών>>[3].

- <<Η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, όταν το χρησιμοποιούμενο νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα>>[3].
- <<Η επένδυση έχει σχετικά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης σε σχέση με τα κλειστά συστήματα>>[3].

Μειονεκτήματα

- <<Γίνεται σπατάλη νερού και λιπασμάτων, ιδιαίτερα όταν το θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείται για άλλες καλλιέργειες>>[3].
- <<Η διαφυγή των λιπασμάτων στο περιβάλλον προκαλεί τη μόλυνση του με νιτρικά και φωσφορικά ιόντα>>[3].

3.2.1.2 Κλειστά συστήματα

<<Το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει μετά την άρδευση, συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται (ανακυκλώνεται), μετά από κατάλληλη επεξεργασία στην ίδια καλλιέργεια>>[3].

Πλεονεκτήματα

- <<Λόγω του ότι στα συστήματα αυτά το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται, αποτρέπεται η διαφυγή λιπασμάτων στο περιβάλλον, οπότε αποφεύγεται η μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών με νιτρικά και φωσφορικά ιόντα (περιβαλλοντικό όφελος)>>[3].
- <<Γίνεται σημαντική εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων (οικονομικό όφελος)>>[3].

Μειονεκτήματα

- <<Είναι αναγκαία η απολύμανση του διαλύματος απορροής, για αποφυγή μετάδοσης ιολογικών και μυκητολογικών ασθενειών σε όλη την καλλιέργεια διά μέσου του ανακυκλούμενου διαλύματος>>[3].
- <<Είναι δύσκολη η συμπλήρωση του διαλύματος της απορροής με τις κατάλληλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, ώστε το νέο διάλυμα τροφοδοσίας που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία να καλύπτει ικανοποιητικά τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών>>[3].
- <<Απαιτείται νερό πολύ καλής ποιότητας>>[3].
- <<Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι αυξημένο>>[3].

3.2.2 Ταξινόμηση ανάλογα με το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος

3.2.2.1 Καλλιέργεια σε πορώδη υποστρώματα

<<Λόγω της εξάπλωσης χρήσης της υδροπονίας σε όλο τον κόσμο έχουν δημιουργηθεί πολλές και διαφορετικές μέθοδοι για καλλιέργεια σε πορώδη υποστρώματα. Οι πιο διαδεδομένες είναι η τοποθέτηση υποστρωμάτων σε σάκους, γλάστρες, λεκάνες και κανάλια.

Πριν την εγκατάσταση της φυτείας θα πρέπει να ισοπεδωθεί το έδαφος του θερμοκηπίου, ώστε να έχουμε ομοιόμορφη παροχή νερού σε όλη την έκταση και να καλυφθεί με πλαστικό (μαύρο στην κάτω και λευκό στην πάνω επιφάνεια). Η κλίση κατά μήκος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1-1,5%. Ο τρόπος ανάπτυξης των φυτών σε δοχεία, σε σάκους, σε λεκάνες, σε αυλάκια στο έδαφος, σε στεγανά κανάλια πάνω από το έδαφος και σε υπερυψωμένα στεγανά κανάλια (πάγκους) δεν επηρεάζει την εν λόγω εργασία.

Όταν τοποθετηθούν οι σάκοι στην πάνω επιφάνεια τους και στις επιθυμητές αποστάσεις και διαστάσεις, κόβεται ένα τμήμα του πλαστικού φύλλου που τον καλύπτει ανάλογα με το μέγεθος των κύβων ανάπτυξης των σποροφύτων, ώστε αργότερα να μπορέσουν οι ρίζες των νεαρών φυτών που θα τοποθετηθούν επάνω του να εισχωρήσουν μέσα στο υπόστρωμα. Τοποθετούνται οι γραμμές άρδευσης, παράλληλα με τις γραμμές του σάκου, σε οριζόντιο επίπεδο και σε θέση χαμηλότερη των σάκων, ώστε να μην αδειάζει ο σωλήνας τροφοδοσίας, μετά το τέλος της άρδευσης.

Η τροφοδοσία με θρεπτικό διάλυμα των φυτών γίνεται με την τοποθέτηση εύκαμπτου πλαστικού αγωγού μικρής διαμέτρου (μακαρονιού) επί του αγωγού άρδευσης και σταγόνας χαμηλής παροχής. Στη συνέχεια ακολουθεί πότισμα των σάκων με κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα διαβροχής μέχρι κορεσμού και αφήνονται γεμάτοι, τουλάχιστον 24 ώρες, πριν γίνει η φύτευση. Κατά τη φύτευση τοποθετείται σε κάθε θέση που έχει διανοιχθεί ένας κύβος ορυκτοβάμβακα ή διάτρητο μικρό δοχείο με κατάλληλο μείγμα, που φέρει το σπορόφυτο. Μετά τη φύτευση γίνονται με το μαχαίρι σχισμές στις πλευρές του σάκου (2-4 cm), στο μέσο της απόστασης μεταξύ των θέσεων άρδευσης (κάθετα ή γωνία 45°), για σκοπούς στράγγισης της περίσσειας του θρεπτικού διαλύματος. Οι σχισμές μπορεί να καταλήγουν μέχρι τον πυθμένα του σάκου ή να σταματούν 1-3 cm ψηλότερα ή και να χαράσσονται οριζόντια σε αυτό το ύψος ανάλογα με την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας από το υπόστρωμα.

Τα υποστρώματα μπορεί να είναι ανόργανα πορώδη υλικά, όπως είναι ο ορυκτοβάμβακας, ο περλίτης, η ποταμίσις κρυσταλλική άμμος και τα μικρής διαμέτρου χαλίκια από βασάλτικα πετρώματα, μπορεί όμως να είναι και οργανικά πορώδη υλικά φυσικής προέλευσης, όπως είναι οι ίνες καρύδας (κοκκοφοίνικας), η τύρφη και η κομπόστα>>[3].

Περλίτης

<<Ο περλίτης είναι ορυκτό, αργιλοπυριτικό, ηφαιστειογενούς προέλευσης. Οι κόκκοι του ορυκτού θερμαίνονται στους 1000 0 C όπου και διογκώνονται. Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται διογκωμένοι κόκκοι διαμέτρου 1,5-3 mm>>[4].

Ελαφρόπετρα

<<Η ελαφρόπετρα είναι ηφαιστειογενές υλικό που παράγεται στην χώρα μας. Η κοκκομετρική ποικιλία που κυκλοφορεί στην αγορά είναι : 0-5 mm, 0-8 mm, 5-8 mm και 8-16 mm>>[4].

Πετροβάμβακας

<<Ο πετροβάμβακας ή αλλιώς ορυκτοβάμβακας είναι διογκωμένο ανόργανο υλικό. Οι πρώτες ύλες από τις οποίες παράγεται (βαλσάτης, ασβεστόλιθος, γαιάνθρακας, σβ αναλογία 4:1:1) θερμαίνονται σε υψηλή θερμοκρασία (1500 - 1600 ° C), λιώνουν και εξωθούνται σε καλούπι ώστε να διαμορφωθούν σε ίνες>>[4].

Ίνες καρύδας

<<Είναι οργανικό υλικό, υποπροϊόν των καρπών καρύδας. Πριν προωθηθεί στο εμπόριο πλένεται, ζυμώνεται για ορισμένο χρονικό διάστημα και αφυδατώνεται>>[4].

Τύρφη

<<Η τύρφη είναι οργανικό υλικό που αποτελείται από μερικώς αποδομημένα υπολείματα φυτών. Υπάρχουν διάφορα είδη τύρφης (ξανθή, μαύρη κ.λπ.)>>[4].



Εικόνα 4: Υδροπονική καλλιέργεια φυτών ντομάτας σε υπόστρωμα ορυκτοβάμβακα



Εικόνα 5: Προετοιμασία υδροπονικού θερμοκηπίου με υπόστρωμα κοκκοφόνικα

3.2.2.2 Καλλιέργεια χωρίς πορώδη υποστρώματα

<<Ένα άλλο είδος υδροπονικής τεχνικής το οποίο εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια είναι η καλλιέργεια δίχως υπόστρωμα αλλά απευθείας σε θρεπτικό διάλυμα. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι της παραπάνω τεχνικής είναι η καλλιέργεια σε στάσιμο θρεπτικό διάλυμα, το σύστημα επίπλευσης (Floating System), η καλλιέργεια σε αβαθές ρεύμα θρεπτικού διαλύματος (NFT), η καλλιέργεια σε βαθύ ρεύμα θρεπτικού διαλύματος (Deep Flow Culture), η επιδαπέδια υδροπονία (Plant Plane Hydroponics) και η μέθοδος της αεροπονίας.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος όμως είναι η καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (Nutrient Film Technique). Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από ένα ρηχό ρεύμα θρεπτικού διαλύματος, που ρέει μέσα σε κανάλια, στα οποία οι ρίζες των φυτών δημιουργούν ένα πλέγμα ριζών. Το πάνω μέρος του ριζικού συστήματος μέσα στο κανάλι βρίσκεται το περισσότερο στον αέρα που του επιτρέπει την καλή οξυγόνωση. Τα κανάλια συνήθως έχουν πλάτος 0,25-0,30 cm, με κλίση 1,5-2% και είναι κατασκευασμένα από πλαστικό ή γαλβανισμένη μεταλλική κατασκευή. Το θρεπτικό διάλυμα ρέει κατά μήκος του καναλιού στα 1-3 mm, σε μια απόσταση που δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 20 μέτρα. Τα κανάλια φέρουν οπές για την τοποθέτηση των φυτών.



Εικόνα 6: Υδροπονική καλλιέργεια φυτών μαρουλιού με την μέθοδο της επίπλευσης

Οι καλλιέργειες σε NFT αναγκαστικά γίνονται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα, γιατί η παροχή και συλλογή του θρεπτικού διαλύματος γίνεται όλο το εικοσιτετράωρο. Στην πράξη η εφαρμογή του NFT περιορίστηκε στην καλλιέργεια φυλλωδών λαχανικών, καθώς η καλλιέργεια καρποδοτικών λαχανικών μεγάλης καλλιεργητικής διάρκειας, όπως η ντομάτα και το αγγούρι, εμπεριέχει αυξημένο ρίσκο και ανάγκη υψηλού επιπέδου επιστημονικής υποστήριξης.



Εικόνα 7: Υδροπονική καλλιέργεια φυτών μαρουλιού με την μέθοδο μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος

Η **αεροπονία** είναι μια παραλλαγή της καλλιέργειας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα. Στη μέθοδο αυτή το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται πάνω στο γυμνό ριζικό σύστημα των φυτών, το οποίο βρίσκεται σε ένα κλειστό φυτοδοχείο. Ο χώρος πρέπει να είναι κορεσμένος σε σχετική υγρασία, ώστε να διαβρέχεται η ρίζα και να απορροφά νερό και θρεπτικά στοιχεία. Το υπέργειο μέρος του φυτού βρίσκεται εκτός του φυτοδοχείου. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας είναι το μέγεθος της ψεκαζόμενης σταγόνας. Εφόσον εφαρμόζεται ανακύκλωση, η αεροπονία έχει όλα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κλειστών συστημάτων>>[3].



Εικόνα 8: Καλλιέργεια φυτών μαρουλιού με την μέθοδο της αεροπονίας

3.3 Θρεπτικά διαλύματα

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για μια πετυχημένη υδροπονική σοδειά είναι προφανώς η σωστή δημιουργία θρεπτικών διαλυμάτων. Στην συνέχεια ακολουθούν οι βασικές αρχές για την πετυχημένη σύνθεση των διαλυμάτων και τον υπολογισμό των απαραίτητων λιπασμάτων.

3.3.1 Σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων

<<Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως CO₂. Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού, ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής.

Ορισμένα στοιχεία κατά την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος προστίθενται σε μεγαλύτερες ποσότητες (N, P, S, K, Ca και Mg) και ονομάζονται μακροστοιχεία, ενώ τα υπόλοιπα προστίθενται σε πολύ μικρότερες ποσότητες (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo και το Cl) και ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Το χλώριο εμπεριέχεται πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες στο αρδευτικό νερό, καθώς επίσης και στις προσμειξίες των λιπασμάτων και για τον λόγο αυτό δεν προστίθεται. Επομένως, μόνο τα 12 από τα 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία πρέπει να προστίθενται στο νερό, κατά την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος. Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και η χημική μορφή με την οποία απαντώνται στα θρεπτικά διαλύματα και απορροφούνται από τη ρίζα, φαίνονται στον Πίνακα 1>>>[3].

Μακροστοιχείο	Χημική Μορφή	Ιχνοστοιχείο	Χημική Μορφή
άζωτο (N)	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	σίδηρος (Fe)	Fe ²⁺
φώσφορος (P)	H ₂ PO ₄ ⁻	μαγγάνιο (Mn)	Mn ²⁺
θείο (S)	SO ₄ ²⁻	ψευδάργυρος (Zn)	Zn ²⁺
κάλιο (K)	K ⁺	χαλκός (Cu)	Cu ²⁺
ασβέστιο (Ca)	Ca ²⁺	βόριο (B)	H ₃ BO ₃
μαγνήσιο (Mg)	Mg ²⁺	μολυβδαίνιο (Mo)	MoO ₄ ²⁻

Πίνακας 1: Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα

3.3.2 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα

<<Για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιούνται απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα, ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος προστίθεται σε μορφή χηλικών ενώσεων, για την αποφυγή ιζημάτων (Πίνακας 2)>>>[3].

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία (%)	Μοριακό βάρος
Νιτρικό αμμώνιο	NH ₄ NO ₃	N: 35	80,0
Νιτρικό ασβέστιο	5[Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O]·NH ₄ N	N: 15,5, Ca: 19	1080,5

	O3		
Νιτρικό κάλιο	KNO3	N: 13, K: 38	101,1
Νιτρικό μαγνήσιο	Mg(NO3)2•6H2O	N: 11, Mg: 9	256,3
Νιτρικό οξύ	HNO3	N: 22	63,0
Φωσφορικό μονοαμμώνιο	NH4H2PO4	N: 12, P: 27	115,0
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH2PO4	P: 23, K: 28	136,1
Φωσφορικό οξύ	H3PO4	P: 32	98,0
Θειικό κάλιο	K2SO4	K: 45, S: 18	174,3
Θειικό μαγνήσιο	MgSO4•7H2O	Mg: 9,7, S: 13	246,3
Χηλικός σίδηρος	διαφόρων τύπων	Fe: 6-13	-
Θειικό μαγγάνιο	MnSO4•H2O	Mn: 32	169,0
Θειικός ψευδάργυρος	ZnSO4•7H2O	Zn: 23	287,5
Θειικός χαλκός	CuSO4•5H2O	Cu: 25	249,7
Βόρακας	Na2B4O7•10H2O	B: 11	381,2
Βορικό οξύ	H3BO3	B: 17,5	61,8
Οκταβορικό νάτριο	Na2B8O13•4H2O	B: 20,5	412,4
Μολυβδαινικό αμμώνιο	(NH4)6Mo7O24•4H2O	Mo: 54	1163,3
Μολυβδαινικό νάτριο	Na2MoO4•2H2O	Mo: 40	241,9

Πίνακας 2: Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία

3.3.3 Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων

<<Στα θρεπτικά διαλύματα, εκτός από τη συγκέντρωση ενός εκάστου ανόργανου στοιχείου και τις μεταξύ τους αναλογίες, μας ενδιαφέρει ακόμη το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity = EC). Τα δύο αυτά μεγέθη μπορούν να προσδιοριστούν εύκολα και γρήγορα με απλά φορητά όργανα (αγωγιμόμετρο, πεχάμετρο) και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τον καθημερινό έλεγχο της καταλληλότητας και της ποιότητας των θρεπτικών διαλυμάτων.

Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)** δεν μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων, που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για τη συνολική τους συγκέντρωση. Παρόλα αυτά όμως, στην πράξη η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται σαν βασικό μέγεθος αναφοράς, τόσο κατά την παρασκευή, όσο και κατά τον έλεγχο της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων, λόγω της ευκολίας με την οποία μετράται.

Πρέπει να τονιστεί ότι η EC επηρεάζεται πρακτικά μόνο από τις συγκεντρώσεις των κύριων θρεπτικών στοιχείων και όχι από τα ιχνοστοιχεία, λόγω της πολύ μικρότερης συγκέντρωσης τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η EC να μην παρέχει καμία πληροφορία σχετικά με τις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων. Μονάδα μέτρησης της EC έχει καθιερωθεί διεθνώς το dS/m. Για τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά η EC των θρεπτικών διαλυμάτων κυμαίνεται μεταξύ 1,5-2,5 dS/m. Τιμές EC χαμηλότερες ενδεχομένως, υποδηλώνουν ανεπάρκεια θρεπτικών στοιχείων, ενώ μεγαλύτερες αλατούχο καταπόνηση.

Όχι σπάνια, όταν το νερό άρδευσης περιέχει ιόντα σε υψηλά επίπεδα όπως Cl⁻, Na⁺, HCO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺ ή SO₄²⁻ τότε η EC του νερού είναι αυξημένη με αποτέλεσμα

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Π.ΠΑΛΛΗ & ΘΗΒΩΝ 250, 122 44, ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΘΗΝΑ, ΕΛΛΑΔΑ

ΤΗΛ.: +30-210-5381311, MSCAUTO1@TEIPIR.GR

το θρεπτικό διάλυμα που προκύπτει να έχει υπερβολικά υψηλή EC. Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο διάλυμα (C; meq/l) σχετίζεται κατά προσέγγιση με την EC (dS/m), με τη βοήθεια της σχέσης: $C \approx EC \times 10$.

Το **pH (οξύτητα)** του θρεπτικού διαλύματος αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητας του σε ιόντα υδρογόνου και είναι μέγεθος καθοριστικής σημασίας για την καταλληλότητα του. Για τα περισσότερα είδη φυτών θα πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 5,5-5,8 στο διάλυμα τροφοδοσίας και 5,5-6,3 στην περιοχή της ρίζας. Πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (π.χ. P, Fe, Mn) σε αλκαλικό pH ($pH > 7$), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ σε πολύ όξινο pH ($pH < 5$) καθίστανται πιο ευδιάλυτα με κίνδυνο φυτοτοξικότητας (π.χ. Mn, Al).

Το pH του αρδευτικού νερού, συνήθως λόγω της περιεκτικότητας όξινων ανθρακικών αλάτων ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg), είναι αλκαλικό, και έτσι για να μειωθεί στα επιθυμητά επίπεδα στα θρεπτικά διαλύματα, απαιτείται η προσθήκη κάποιου οξέος. Επίσης, η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα επηρεάζεται πολύ περισσότερο από τις μεταβολές του pH, σε σχέση με τα μακροστοιχεία [3].

3.4 Πλεονεκτήματα υδροπονίας

- **Δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη υποστρώματος** (χώμα, πετροβάμβακας, κοκκοφοίνικας, κλπ.) [5],[6],[7],[8].
- **Εξοικονόμηση νερού.** Το νερό ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται συνεχώς. Τα φυτά παίρνουν το απαραίτητο νερό και το υπόλοιπο επιστρέφει στο σύστημα. Τα φυτά που αναπτύσσονται υδροπονικά χρησιμοποιούν περίπου το 10% του νερού σε σύγκριση με το αν καλλιεργούνταν σε έδαφος [5],[6],[7],[8].
- **Βέλτιστη αξιοποίηση χώρου καλλιέργειας.** Στο έδαφος οι ρίζες των φυτών επεκτείνονται και απλώνονται σε αναζήτηση τροφών και οξυγόνου. Σε μια υδροπονική καλλιέργεια οι ρίζες είναι σε μια δεξαμενή γεμάτη οξυγονωμένο θρεπτικό διάλυμα και απευθείας σε επαφή με ζωτικής σημασίας μεταλλικά στοιχεία. Τα φυτά λοιπόν μπορούν να αναπτυχθούν σε πολύ μικρότερες αποστάσεις, κατά συνέπεια γίνεται μεγάλη εξοικονόμηση χώρου [5],[6],[7],[8].
- **Σταθερές και ποιοτικές συγκομιδές με ομοιόμορφα αποτελέσματα.** Το καλλιεργητικό μέσο (νερό), είναι ομογενές και μπορεί εύκολα να γίνει δειγματοληψία, ανάλυση και ρύθμιση προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων [5],[6],[7],[8].
- **Πλήρης έλεγχος των θρεπτικών συστατικών που λαμβάνουν τα φυτά.** Τα θρεπτικά συστατικά αναμειγνύονται με το νερό ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης τους και διατηρούνται στη δεξαμενή δίχως απώλειες όπως στην περίπτωση χρήσης χώματος [5],[6],[7],[8].

- **Αύξηση παραγωγής και καλύτερος ρυθμός ανάπτυξης.** Τα φυτά τοποθετούνται σε ιδανικές συνθήκες οι οποίες προσαρμόζονται από τους χρήστες, ενώ τα θρεπτικά συστατικά παρέχονται σε επαρκείς ποσότητες και έρχονται σε άμεση επαφή με το ριζικό σύστημα. Τα φυτά δεν σπαταλούν επιπλέον ενέργεια αναζητώντας αραιωμένα θρεπτικά συστατικά στο έδαφος και εστιάζουν στην αύξηση και στην παραγωγή τους[5],[6],[7],[8].
- **Εγκατάσταση και χρήση σε άγονα ή πετρώδη εδάφη όπου η καλλιέργεια στο χώμα είναι αδύνατη** [5],[6],[7],[8].
- **Πλήρης έλεγχος επιπέδων οξύτητας διαλύματος (pH).** Λόγω του ότι τα μεταλλικά στοιχεία περιέχονται στο νερό, γίνεται πιο απλή η προσαρμογή του pH σε σχέση με το χώμα βελτιστοποιώντας έτσι την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών[5],[6],[7],[8].
- **Μείωση χρήσης ζιζανιοκτόνων.** Τα ζιζάνια σχετίζονται κυρίως με το χώμα, οπότε με την υδροπονία ελαχιστοποιείται η εμφάνιση τους[5],[6],[7],[8].
- **Μείωση ασθενειών.** Λόγω έλλειψης χώματος αλλά και λόγω του πλήρη ελέγχου των περισσότερων μεταβλητών παρατηρείται μείωση των ζιζανίων και κατ' επέκτασιν των ασθενειών[5],[6],[7],[8].

3.5 Μειονεκτήματα υδροπονίας

- **Απαιτείται δέσμευση χρόνου.** Οι καλλιέργειες στο χώμα μπορούν να επιβιώσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς την απαραίτητη φροντίδα σε αντίθεση με την υδροπονία όπου τα φυτά καταστρέφονται σχεδόν αμέσως[5],[6],[7],[8].
- **Απαιτείται εξειδικευμένη τεχνογνωσία και προσεκτικός χειρισμός.** Χρειάζεται ειδική γνώση για το είδος των φυτών και τον τρόπο με τον οποίο θα επιβιώσουν σε περιβάλλον χωρίς χώμα. Μερικά λάθη στην εγκατάσταση των συστημάτων και τα φυτά δεν θα μπορέσουν να αναπτυχθούν σωστά[5],[6],[7],[8].
- **Υψηλό κόστος εγκατάστασης σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες.** Λόγω ύπαρξης τεχνικού, ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού το κόστος αρχικής εγκατάστασης υδροπονικής καλλιέργειας υπερβαίνει κατά πολλή εκείνο της συμβατικής[5],[6],[7],[8].
- **Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.** Σε ένα υδροπονικό σύστημα χρησιμοποιείται ηλεκτρολογικός εξοπλισμός οι οποίος βρίσκεται βυθισμένος σε νερό[5],[6],[7],[8].
- **Βλάβες συστήματος.** Για τη διαχείριση ενός υδροπονικού συστήματος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο ηλεκτρική ενέργεια. Σε περίπτωση λοιπόν

πιθανής διακοπής ρεύματος το σύστημα σταματάει την λειτουργία του με αποτέλεσμα την καταστροφή της καλλιέργειας σε μικρό χρονικό διάστημα. Για τον λόγο αυτό απαιτείται γεννήτρια ρεύματος και προληπτικός σχεδιασμός[5],[6],[7],[8].

- **Γρήγορη εξάπλωση ασθενειών.** Σε περίπτωση εμφάνισης λοιμώξεων ή παρασίτων, η εξάπλωση τους γίνεται πιο γρήγορα στα φυτά που είναι στην ίδια δεξαμενή[5],[6],[7],[8].

4 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ

Για την υλοποίηση του πρωτότυπου του υδροπονικού ελεγκτή χρησιμοποιήθηκαν εξαρτήματα και εξοπλισμός ρομποτικής, αισθητήρια, ηλεκτρολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός τα οποία αναλύονται εκτενώς στο παρακάτω κεφάλαιο.

4.1 Arduino Mega 2560

Η πλακέτα Arduino Mega 2560 επιλέχθηκε για να αποτελέσει την καρδιά του υδροπονικού ελεγκτή. Χρησιμοποιεί την επεξεργαστική ισχύ του μικροσίπ ATmega2560 και διαθέτει 54 ψηφιακές εισόδους/εξόδους και 12 αναλογικές εισόδους καθιστώντας τον ιδανικό για την συνδεσμολογία των εξαρτημάτων που διαθέτει το παραπάνω πρωτότυπο. Μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω σύνδεσης usb ή μέσω εξωτερικής τροφοδοσίας. Επιπλέον διαθέτει 250 KB ελεύθερου χώρου για την αποθήκευση λογισμικού (κώδικα) καθώς και 4 KB ελεύθερο χώρο για την αποθήκευση δεδομένων (EEPROM). Το Arduino Mega 2560 παρέχει πολλαπλούς τρόπους επικοινωνίας με υπολογιστή, πλακέτες ή μικροελεγκτές[9].

Μικροελεγκτής	ATmega2560
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (προτεινόμενη)	7-12V
Ψηφιακοί ακροδέκτες I/O	54 (15 παρέχουν έξοδο PWM)
Αναλογικοί ακροδέκτες εισόδου	16
DC ένταση ανά ακροδέκτη I/O	20 mA
DC ένταση για τον ακροδέκτη 3.3V	50 mA
Μνήμη flash	256 KB (8 KB χρησιμοποιούνται από bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Συχνότητα εκτέλεσης (Clock Speed)	16 MHz
Ενσωματωμένο led	13
Μήκος	101.52 mm
Πλάτος	53.3 mm
Βάρος	37 g

Πίνακας 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά Arduino Mega 2560



Εικόνα 9: Arduino Mega 2560 Microcontroller

4.2 Arduino Ethernet Shield

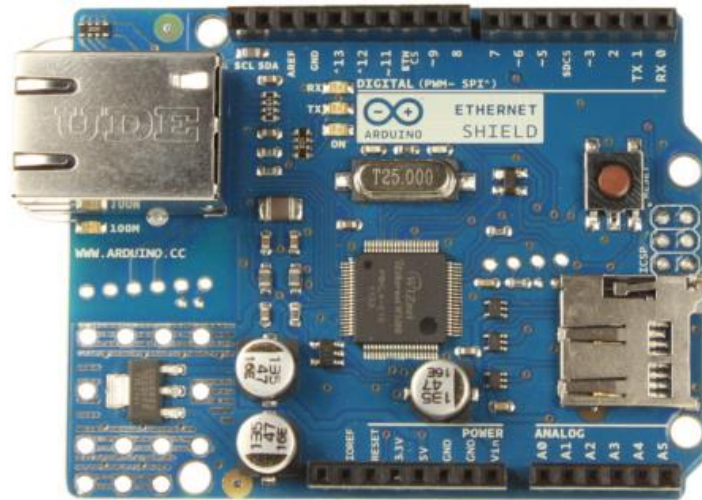
Για την σύνδεση του υδροπονικού ελεγκτή στο διαδίκτυο επιλέχθηκε το πρόσθετο Ethernet Shield το οποίο εφαρμόζει ακριβώς πάνω στην πλακέτα Arduino Mega δίνοντας της την δυνατότητα να δέχεται καλώδιο ethernet. Βασίζεται στο ethernet τσιπ Wiznet W5100 το οποίο παρέχει μια ip για TCP αλλά και UDP συνδέσεις. Για την σύνδεση του Arduino στο διαδίκτυο είναι απαραίτητη και η χρήση της βιβλιοθήκης ethernet (Ethernet library) κατά την συγγραφή του κώδικα. Τέλος, το πρόσθετο ενσωματώνεται με τον μικροελεγκτή μέσω ειδικών μεγάλου μήκους ακροδεκτών διατηρώντας έτσι ανέπαφη την διάταξη και επιτρέποντας την ενσωμάτωση επιπλέον προσθέτων(shields)[10].

Τάση λειτουργίας	5 V
Ελεγκτής Ethernet	W5100 με εσωτερική μνήμη 16K
Ταχύτητα σύνδεσης	10/100Mb
Σύνδεση με Arduino	Θύρα SPI

Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά Ethernet Shield

Ακροδέκτης 4	SD card
Ακροδέκτης 10	W5100
Ακροδέκτης 11	SPI bus
Ακροδέκτης 12	SPI bus
Ακροδέκτης 13	SPI bus

Πίνακας 5: Περιγραφή ακροδεκτών Ethernet Shield



Εικόνα 10: Arduino Ethernet Shield

4.3 Microbot LCD Shield for Arduino

Το πρόσθετο LCD Shield εφαρμόζει πάνω στο Ethernet Shield επιτρέποντας έτσι στον μικροελεγκτή να οπτικοποιεί πληροφορίες μέσω οθόνης lcd. Επιπλέον πέντε κουμπιά καθιστούν δυνατή την δημιουργία πρωτοτύπων όπου τα menu εμφανίζονται στην οθόνη και οι επιλογές γίνονται με το πάτημα των κουμπιών. Το πρόσθετο διαθέτει επίσης ποτενσιόμετρο για την ρύθμιση αντίθεσης της οθόνης καθώς επίσης και κουμπί reset. Ενσωματώνεται με τον μικροελεγκτή ή με άλλα πρόσθετα(shields) μέσω ειδικών μεγάλου μήκους ακροδεκτών διατηρώντας έτσι ανέπαφη την διάταξη και επιτρέποντας την ενσωμάτωση επιπλέον προσθέτων(shields).

Ο έλεγχος της οθόνης από το Arduino πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός SPLC780D ελεγκτή και επιτυγχάνεται μέσω των συνδέσεων που εμφανίζονται στον πίνακα. Επίσης είναι δυνατή η χρήση βιβλιοθηκών που είναι ήδη διαθέσιμες για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή Arduino Mega 2560.

Ακροδέκτης 7	RS - Register select
Ακροδέκτης 6	E - Enable
Ακροδέκτης 5	D4 - High 4-bit data
Ακροδέκτης 4	D5 - High 4-bit data
Ακροδέκτης 3	D6 - High 4-bit data
Ακροδέκτης 2	D7 - High 4-bit data
Ακροδέκτης A0	Αναλογική είσοδος κουμπιών

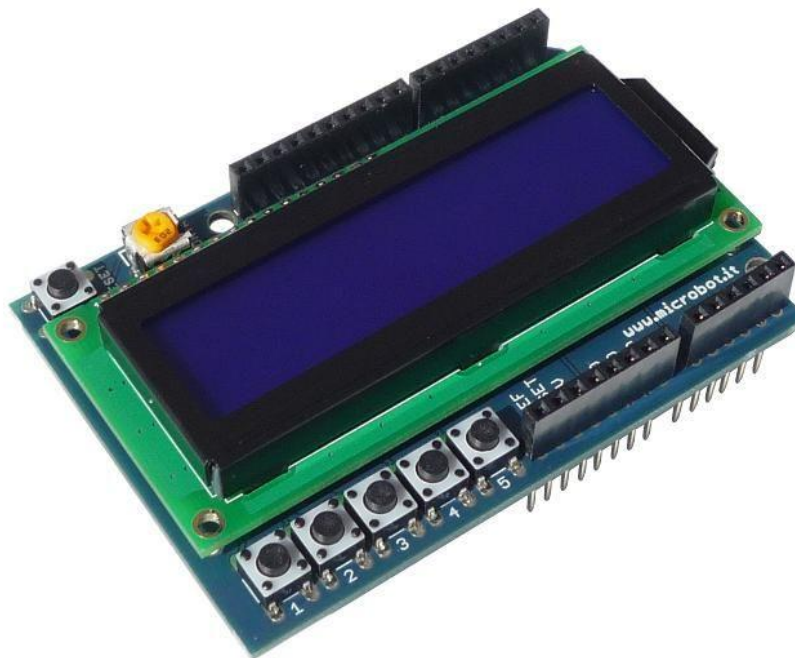
Πίνακας 6: Περιγραφή ακροδεκτών LCD Shield

Με την πίεση καθενός από τα πέντε κουμπιά παράγεται στον ακροδέκτη A0 του Arduino ένα αναλογικό σήμα του οποίου η τιμή αντιστοιχίζεται με το κουμπί το οποίο έχει πατηθεί. Η σχέση μεταξύ των κουμπιών και του αναλογικού σήματος που παράγεται παρουσιάζεται στον πίνακα 4. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το

αναλογικό σήμα που παράγεται μπορεί να εμφανίζει μια απόκλιση της τάξης του 10% σε σχέση με τις τιμές που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα[11].

Αριθμός Κουμπιού	Τάση στον ακροδέκτη A0
1	0V \pm 10%
2	1V \pm 10%
3	2V \pm 10%
4	3V \pm 10%
5	4V \pm 10%
Κανένα	5V \pm 10%

Πίνακας 7 :Σχέση μεταξύ κουμπιών και τάσης στον ακροδέκτη A0



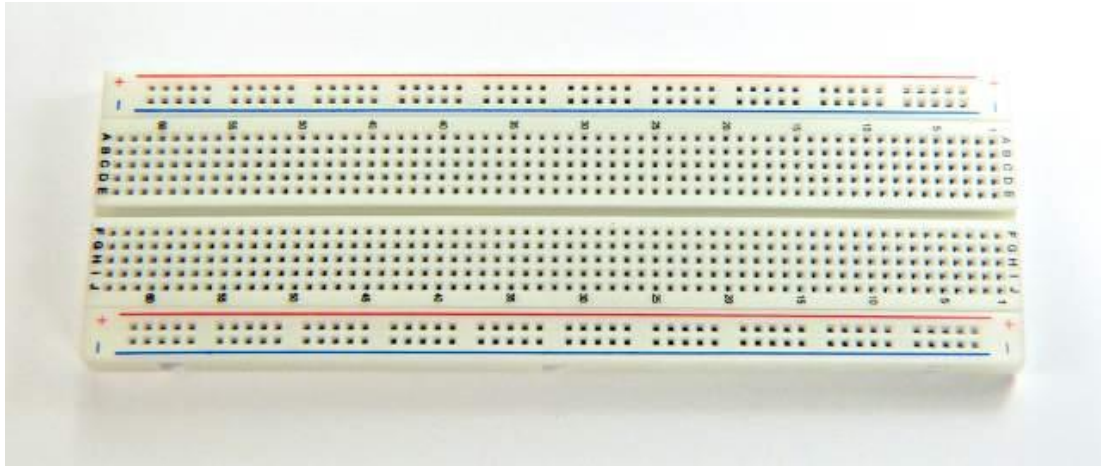
Εικόνα 11: Microbot LCD Shield

4.4 Breadboard (πλακέτα δοκιμών)

<<Το Breadboard διευκολύνει την δοκιμή του κυκλώματος, χωρίς την χρήση κολλητηριού. Προσφέρει γρήγορη και αξιόπιστη λύση για την δημιουργία πρωτοτύπων.

Οι ηλεκτρονικές συνδέσεις γίνονται πάνω στο Breadboard με την βοήθεια καλωδίων, εισάγοντάς τα στις ειδικές οπές που απέχουν η κάθε μία μεταξύ τους 0,1" (2,54mm) και ενώνονται οριζόντια ώστε να σας διευκολύνουν στην σύνδεση πολλών εξαρτημάτων χωρίς καλώδια. Οι οπές στο εσωτερικό τους περιέχουν μικρά ελατήρια για την άψογη επαφή τους με το καλώδια. Οι γραμμές και οι στήλες του Breadboard

είναι χαρακτηρισμένες από γράμματα και αριθμούς για μεγαλύτερη ευκολία συνδεσμολογίας>>[12].



Εικόνα 12: Breadboard

4.5 Αισθητήριο DHT 11

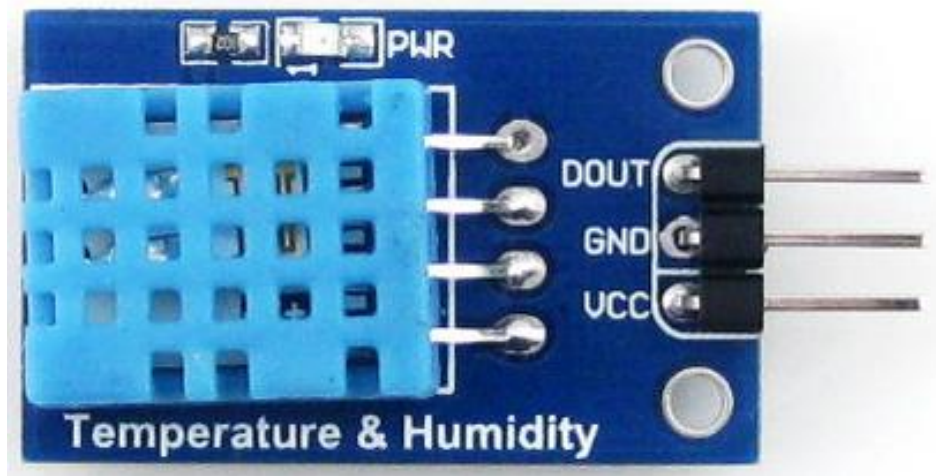
Για την μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου καλλιέργειας επιλέχθηκε ο αισθητήρας DHT 11. Είναι χαμηλού κόστους και χρησιμοποιεί έναν χωρητικού τύπου αισθητήρα υγρασίας και ένα θερμίστορ για να επεξεργάζεται τον ατμοσφαιρικό αέρα. Μέσω του ακροδέκτη δεδομένων που διαθέτει εξάγει ένα ψηφιακό σήμα που περιλαμβάνει τις παραπάνω μετρήσεις. Είναι πολύ εύκολος στη χρήση αλλά απαιτεί μεγάλη προσοχή στην συχνότητα δειγματοληψίας καθώς αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 2 δευτερολέπτων. Αυτό δεν δημιουργεί πρόβλημα διότι στους χώρους καλλιέργειας δεν παρουσιάζονται μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υγρασίας σε μικρά χρονικά διαστήματα[13].

Σχετική υγρασία		Θερμοκρασία		Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Ανάλυση	16 bit	Ανάλυση	16 bit	Ηλεκτρική Παροχή	DC 3.5~5.5V/0.3mA
Επαναληψιμότητα	±1% RH	Επαναληψιμότητα	±0.2 °C	Περίοδος δειγματοληψίας	2 seconds
Ακρίβεια	5% RH (25 °C)	Εύρος	± 2 °C (25 °C)		
Υστέρηση	<±0.3% RH	Χρόνος απόκρισης	1/e (63%) 10S		
Μακροπρόθεσμη σταθερότητα	<±0.5% RH / yr				
Χρόνος απόκρισης	1/e (63%) 6s				

Πίνακας 8:Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DHT11

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	5 V
Ακροδέκτης Data	Παροχή μετρήσεων

Πίνακας 9: Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα DHT11



Εικόνα 13: Αισθητήρας DHT11

4.6 Αισθητήριο DS18B20

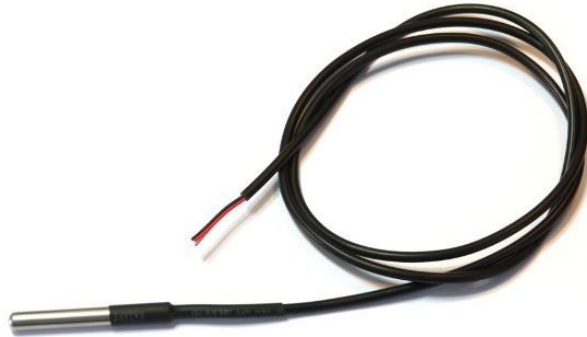
Για την μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού καλλιέργειας επιλέχθηκε η αδιάβροχη έκδοση του αισθητήρα DS18B20. Παρέχει μετρήσεις θερμοκρασίας σε βαθμούς κελσίου που κυμαίνονται σε ανάλυση από 9 έως 12 bit ($0.5 - 0.0625 \text{ } ^\circ\text{C}$) και επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή μέσω του πρωτόκολλου 1-wire bus. Ο κάθε αισθητήρας διαθέτει έναν μοναδικό σειριακό αριθμό (64 bit) ο οποίος επιτρέπει σε πολλούς αισθητήρες να λειτουργούν με το ίδιο πρωτόκολλο απλουστεύοντας έτσι τον έλεγχο τους από ένα και μόνο μικροελεγκτή. Είναι καλυμμένος με πλαστικό περίβλημα ώστε να μπορεί να βυθίζεται στο νερό και διαθέτει καλώδιο μήκους 3 μέτρων προσδίδοντας ευελιξία στην όλη κατασκευή του ελεγκτή [14].

Εύρος μέτρησης	$-55^\circ\text{C} - +125^\circ\text{C}$
Ακρίβεια	$\pm 0.5^\circ\text{C} (-10^\circ\text{C} - +85^\circ\text{C}) / \pm 2^\circ\text{C} (-55^\circ\text{C} - +125^\circ\text{C})$
Ανάλυση	9 - 12 bits
Τάση παροχής	3 - 5.5 V (T:5V)
Ένταση λειτουργίας	1 - 1.5 mA (T:1mA)
Ένταση ηρεμίας	750 - 1000 nA

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DS18B20

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	5 V

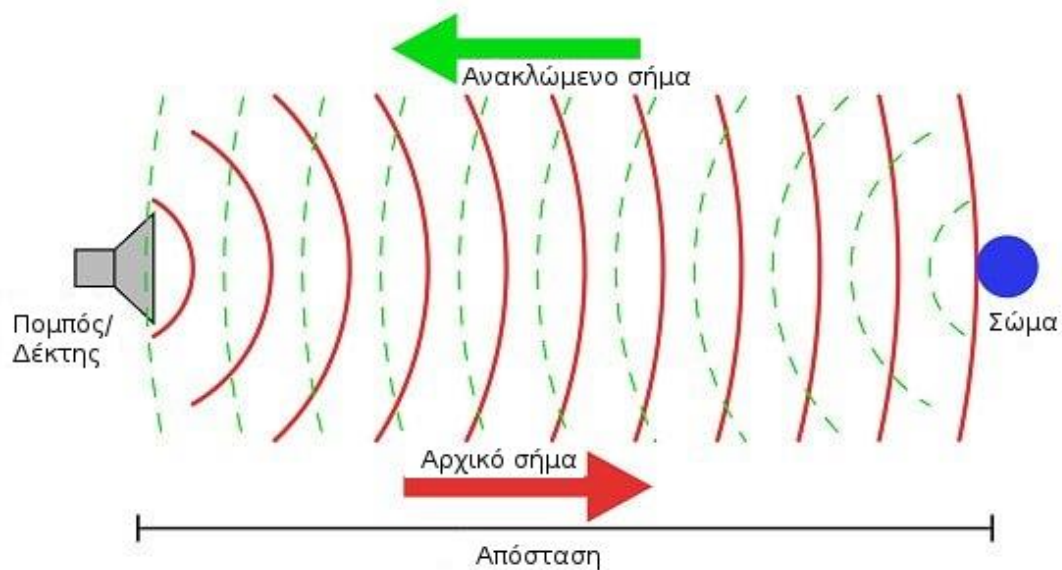
Πίνακας 11: Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα DS18B20



Εικόνα 14: Αισθητήρας DS18B20

4.7 Αισθητήριο HC-SR04

Για την μέτρηση της στάθμης του νερού μέσα στην καλλιεργητική δεξαμενή επιλέχθηκε ο αισθητήρας HC-SR04. Χρησιμοποιεί υπερήχους για να υπολογίσει την απόσταση από ένα σώμα μιμούμενος την τεχνική των νυχτερίδων και των δελφινιών.



Εικόνα 15: Γραφική αναπαράσταση λειτουργίας αισθητήρα.

Ένας υπερηχητικός παλμός εκπέμπεται από τον αισθητήρα προσκρούει πάνω σε ένα σώμα και επιστρέφει. Η μεταξύ τους απόσταση υπολογίζεται από τον χρόνο που χρειάζεται η ηχώ του παλμού να επιστρέψει πίσω στον δέκτη του αισθητήρα.

Είναι εύκολος στην εγκατάσταση και παρέχει αξιόπιστες, σταθερές και υψηλής ποιότητας μετρήσεις χωρίς την παρουσία καλωδίων μέσα στο νερό. Μετράει

αποστάσεις από 2 - 400 cm και η λειτουργία του δεν επηρεάζεται από φως ή από μαύρες επιφάνειες παρά μόνο από μαλακά ακουστικά υλικά(πχ ύφασμα).

Στην περίπτωση του υδροπονικού ελεγκτή το σήμα θα προσκρούει στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού και θα επιστρέφει πίσω στον δέκτη επιτρέποντας τον ακριβή έλεγχο της στάθμης[15],[16].

Τάση παροχής	4.5 - 5.5VDC (T:5V)
Ένταση ηρεμίας	1.5 - 2.5 mA (T:2mA)
Ένταση λειτουργίας	10 - 20 mA (T:15mA)
Συχνότητα υπερήχων	40 kHz
Βέλτιστη γωνία λειτουργίας	<15°
Γωνία λειτουργίας	30°
Ανάλυση	0.3 cm
Μετρούμενη απόσταση	2cm – 400 cm

Πίνακας 12:Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα HC-SR04

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	+5VDC
Ακροδέκτης Trig	Είσοδος ενεργοποίησης
Ακροδέκτης Echo	Έξοδος ηχούς

Πίνακας 13: Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα HC-SR04



Εικόνα 16:Αισθητήρας HC-SR04

4.8 Tiny RTC I2C

Το πρόσθετο RTC I2C χρησιμοποιήθηκε για την διατήρηση της ημερομηνίας και ώρας του υδροπονικού ελεγκτή ακόμα και αν αυτός βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Στηρίζει την λειτουργία του στο τσιπ DS1307 το οποίο υποστηρίζει το πρωτόκολλο επικοινωνίας I2C και τροφοδοτείται μέσω μπαταρίας λιθίου (CR1225). Παρέχει και διατηρεί δεδομένα που αφορούν δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρα, μέρα, μήνα και έτος. Το τέλος του μήνα ρυθμίζεται αυτόματα ανάλογα με τον αν ο μήνας διαθέτει 30 ή 31 μέρες[17].

Τάση παροχής	5VDC
Ένταση λειτουργίας	500 nA

Πίνακας 14:Τεχνικά χαρακτηριστικά TINY RTC I2C

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	+5VDC
Ακροδέκτης SDA	SDA (20)
Ακροδέκτης SCL	SCL (21)

Πίνακας 15: Περιγραφή ακροδεκτών προσθέτου TINY RTC I2C



Εικόνα 17: Πρόσθετο Tiny RTC I2C

4.9 ΦΩΤΟΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (PHOTORESISTOR)

Για την μέτρηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να υπάρχει έλεγχος για την κατάσταση λειτουργίας της λάμπας(ON-OFF) χρησιμοποιήθηκε μια απλή φωτοαντίσταση. Ουσιαστικά είναι μια μεταβλητή αντίσταση η τιμή της οποίας αλλάζει ανάλογα με το φως που πέφτει πάνω σε αυτή. Για την σωστή λειτουργία της φωτοαντίστασης απαιτείται η χρήση αντίστασης 10 kΩ η οποία συνδέει την αναλογική έξοδο με την παροχή για να γίνει η σύγκριση[18].

Αντίσταση (10 Lux)	8 ~ 20 KΩ
Αντίσταση (0 Lux)	1 MΩ
Τιμή γάμα (100 – 10 Lux)	0.7

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Π.ΡΑΛΛΗ & ΘΗΒΩΝ 250, 122 44, ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΘΗΝΑ, ΕΛΛΑΔΑ

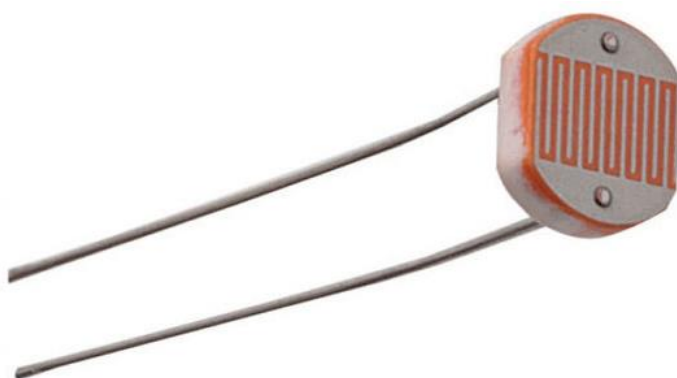
ΤΗΛ.: +30-210-5381311, MSCAUTO1@TEIPIR.GR

Μέγιστη τάση	150 V
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-30°C - +70 °C

Πίνακας 16: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοαντίστασης

Ακροδέκτης A	Αναλογικό σήμα
Ακροδέκτης VCC	+5VDC

Πίνακας 17: Περιγραφή ακροδεκτών φωτοαντίστασης



Εικόνα 18: Φωτοαντίσταση

4.10 Αισθητήριο οξύτητας (PH)

Για την μέτρηση της οξύτητας του καλλιεργητικού μέσου (θρεπτικό διάλυμα) χρησιμοποιήθηκε ο αναλογικός, χαμηλού κόστους αισθητήρας οξύτητας της εταιρείας Df Robot. Είναι ειδικά σχεδιασμένος για να λειτουργεί με μικροελεγκτές τύπου Arduino και διαθέτει δικό του κύκλωμα που συνδέει τον αισθητήρα με τον μικροελεγκτή. Για την βέλτιστη λειτουργία του αισθητήρα η τάση στα άκρα του θα πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο κοντά στα 5V για αυτό θεωρείται καλή η λύση της εξωτερικής τροφοδοσίας. Ο αισθητήρας λόγω του ότι δεν είναι βιομηχανικού τύπου δεν έχει την δυνατότητα να βρίσκεται βυθισμένος σε υγρά για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Πριν από οποιαδήποτε μέτρηση ή αλλαγή διαλύματος καλό θα ήταν ο αισθητήρας να ξεπλένεται με απιονισμένο νερό για να φεύγουν τα υπολείμματα. Τέλος απαιτείται η βαθμονόμηση του αισθητήρα σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία[19].

Τάση παροχής	5VDC
Εύρος μέτρησης	0 - 14PH
Θερμοκρασία διαλύματος	0-60 °C
Ακρίβεια	± 0.1pH (25 °C)
Χρόνος απόκρισης	≤ 1min
Μήκος καλωδίου	660 mm

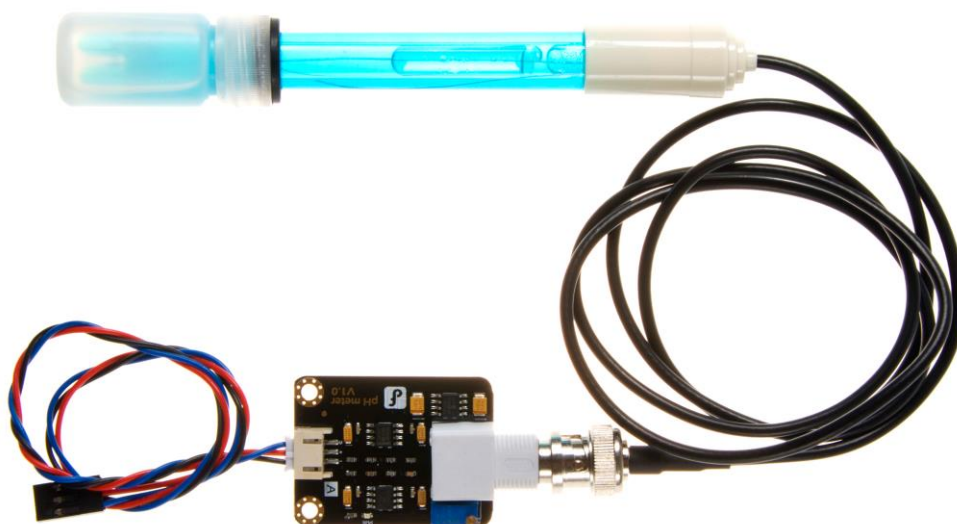
Πίνακας 18: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα pH.

Τάση (mV)	Τιμή pH	Τάση (mV)	Τιμή pH
414.2	0.00	-414.2	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Πίνακας 19: Αντιστοίχιση της τάσης εξόδου ηλεκτροδίου με την τιμή pH

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	5 V
Ακροδέκτης A	Αναλογικό σήμα

Πίνακας 20: Περιγραφή ακροδεκτών αισθητήρα οξύτητας



Εικόνα 19: Αναλογικός αισθητήρας οξύτητας

4.11 Αισθητήριο ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)

Για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του καλλιεργητικού μέσου (θρεπτικό διάλυμα) δεν επιλέχθηκε κάποιο αισθητήριο του εμπορίου λόγω υψηλού κόστους και έτσι ακολουθήθηκε η εναλλακτική επιλογή του diy (do it yourself). Ο αισθητήρας που κατασκευάστηκε είναι ιδέα του Michael Ractliffe, αποτελείται από μια πρίζα ευρωπαϊκού τύπου, μια αντίσταση 500 ohm, έναν αδιάβροχο αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20 (ήδη χρησιμοποιείται στο project) και κοστίζει μόνο 4 €.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα υπολογίζεται από την μέτρηση της αντίστασης μεταξύ των ακροδεκτών του φισ που βρίσκεται βυθισμένο στο θρεπτικό διάλυμα και μέσω υπολογισμών που βασίζονται στην τιμή της παραπάνω αντίστασης. Η θερμοκρασία επηρεάζει την αγωγιμότητα των υγρών, γι' αυτό είναι απαραίτητη η αναγωγή της μετρήσιμης τιμής της αγωγιμότητας σε αυτή που αντιστοιχεί στους 25 °C[20].

Οι βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι:

- $EC = 1000 / (Rc * K)$
 - EC: Ηλεκτρική αγωγιμότητα
 - Rc: Αντίσταση υγρού διαλύματος
 - K: Σταθερά cell
- $EC25 = EC / (1 + \alpha * (T - 25.0))$
 - EC25: Ηλεκτρική αγωγιμότητα ανηγμένη στους 25°C
 - EC: Ηλεκτρική αγωγιμότητα
 - α: Συντελεστής θερμοκρασίας
 - T: Μετρήσιμη θερμοκρασία

4.12 Πλακέτα ρελέ 8 καναλιών

Για τον έλεγχο του φωτισμού, του υγραντήρα, του ανεμιστήρα, του εξαερισμού και των 4 δοσομετρικών αντλιών χρησιμοποιήθηκε μια 8 καναλιη πλακέτα με ενσωματωμένα ρελέ. Η καθεμία από τις παραπάνω ελεγχόμενες συσκευές είναι συνδεδεμένη ξεχωριστά στο αντίστοιχο ρελέ. Όταν ενεργοποιείται λοιπόν κάποιο ρελέ κλείνει και το αντίστοιχο κύκλωμα θέτοντας σε λειτουργία την αντίστοιχη συσκευή. Για την αποφυγή μεγάλης πτώσης τάσης του μικροελεγκτή η πλακέτα ρελε συνδέθηκε με εξωτερική πηγή τροφοδοσίας[21].

Τάση παροχής	5VDC
Ένταση λειτουργίας	15 – 20 mA
Τάση ρελέ (AC)	250 V
Ένταση ρελέ (AC)	10 A
Τάση ρελέ (DC)	30 V
Ένταση ρελέ (DC)	10 A

Πίνακας 21: Τεχνικά χαρακτηριστικά πλακέτας ρελέ 8 καναλιών

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	5 V
Ακροδέκτης IN1	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN2	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN3	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN4	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN5	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN6	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN7	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)
Ακροδέκτης IN8	Ψηφιακό σήμα(Είσοδος)

Πίνακας 22: Περιγραφή ακροδεκτών πλακέτας ρελέ 8 καναλιών



Εικόνα 20: Πλακέτα ρελέ 8 καναλιών

4.13 Led

Για την οπτική απεικόνιση των συναγεμών που προκύπτουν κατά την λειτουργία του υδροπονικού θερμοκηπίου εκτός από την οθόνη lcd χρησιμοποιήθηκαν και 2 led. Τα led είναι ημιαγωγοί ο οποίοι εκπέμπουν φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν τους παρέχεται μια ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης. Το κόκκινο led ενεργοποιείται όταν ανιχνευθεί υψηλή τιμή σε κάποια από τις μετρούμενες ποσότητες ενώ το κίτρινο led ενεργοποιείται όταν ανιχνευθεί χαμηλή τιμή σε κάποια από τις μετρούμενες ποσότητες[22],[23].

Τάση παροχής	1.8 – 2.4 VDC
Ένταση λειτουργίας	16 – 20 mA
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-30 ~ +85 °C
Θερμοκρασία αποθήκευσης	-30 ~ +100 °C

Πίνακας 23: Τεχνικά χαρακτηριστικά led

Ακροδέκτης GND	Ground
Ακροδέκτης VCC	5 V

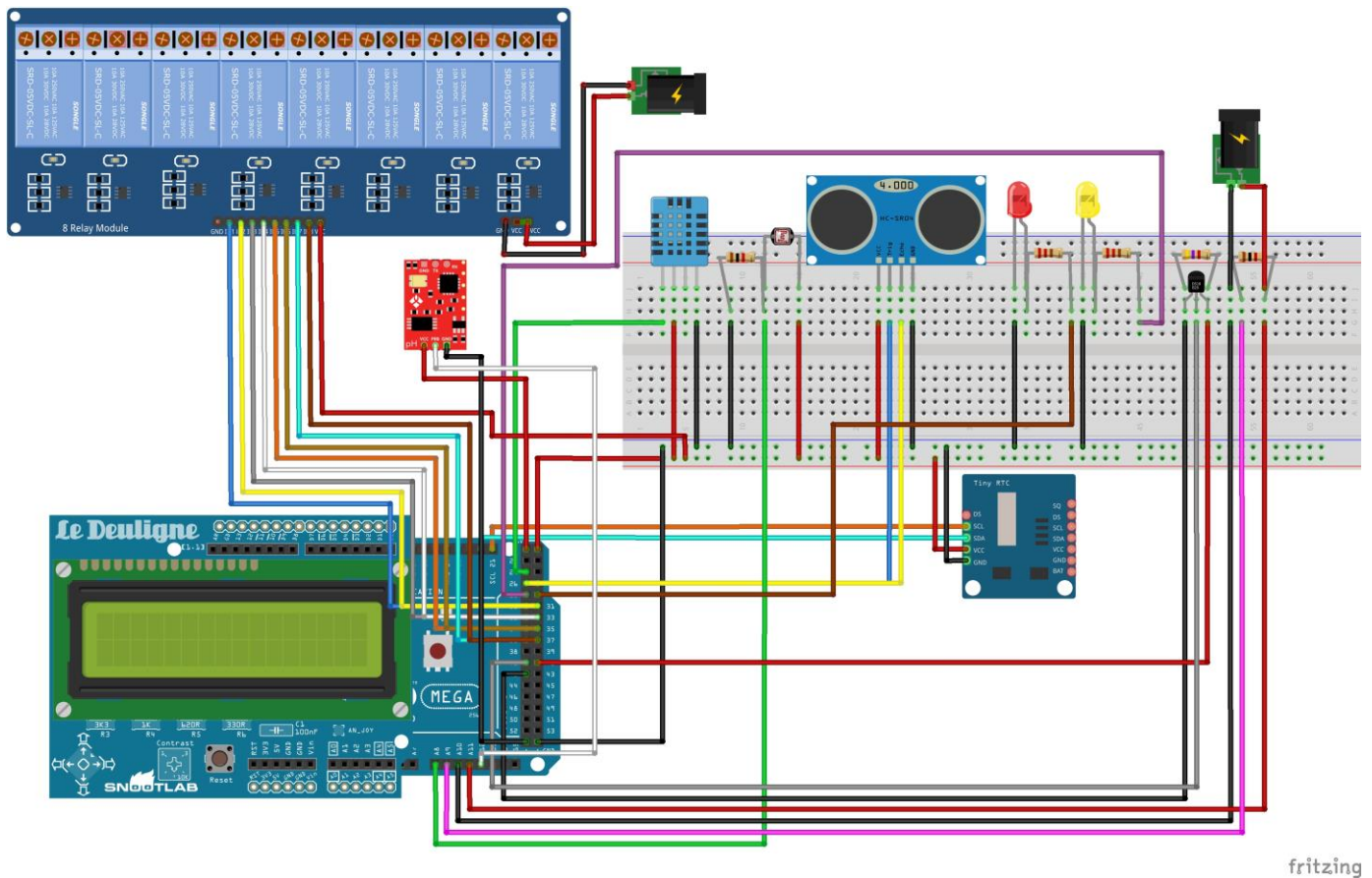
Πίνακας 24: Περιγραφή ακροδεκτών led



Εικόνα 21: Led σε διάφορα χρώματα

4.14 Συνδεσμολογία

Τα προαναφερόμενα εξαρτήματα χρησιμοποιήθηκαν και συνδέθηκαν μεταξύ τους για την κατασκευή του πρωτοτύπου που αφορά τον υδροπονικό ελεγκτή. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα το οποίο απεικονίζει την συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε. Το διάγραμμα δημιουργήθηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα fritzing το οποίο είναι ελεύθερο για χρήση και δεν έχει περιορισμούς.



Εικόνα 22: Συνδεσμολογία πρωτοτύπου υδροπονικού ελεγκτή

5 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ

Η δημιουργία και ο σχεδιασμός του λογισμικού του υδροπονικού ελεγκτή καθώς και της εφαρμογής για τον χειρισμό μέσω διαδικτύου ήταν η πιο χρονοβόρα διαδικασία καθώς κρύβει όλη την λογική λειτουργίας. Η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή του λογισμικού του ελεγκτή είναι η C++ ενώ η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή του λογισμικού της εφαρμογής είναι η C#. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν κάποιες έτοιμες βιβλιοθήκες που αφορούν τον μικροελεγκτή Arduino. Στην συνέχεια του κεφαλαίου αναλύονται εκτενώς όλες οι λεπτομέρειες που αφορούν το λογισμικό του ελεγκτή.

5.1 Έτοιμες Βιβλιοθήκες Arduino

Το περιβάλλον Arduino μπορεί να επεκταθεί μέσω της χρήσης βιβλιοθηκών, όπως και οι περισσότερες πλατφόρμες προγραμματισμού. Οι βιβλιοθήκες παρέχουν επιπλέον λειτουργικότητα για χρήση με αισθητήρες ή χειρισμό δεδομένων. Ένας αριθμός βιβλιοθηκών είναι προεγκατεστημένος με το IDE, αλλά υπάρχει επίσης η δυνατότητα λήψης περισσότερων μέσω διαδικτύου.

Liquid Crystal Library

Η βιβλιοθήκη επιτρέπει σε μια πλατφόρμα Arduino να ελέγχει τις οθόνες LiquidCrystal (LCD) με βάση το chipset Hitachi HD44780 (ή άλλο συμβατό), το οποίο βρίσκεται στις περισσότερες LCD οθόνες. Η βιβλιοθήκη λειτουργεί με δεδομένα 4 ή 8 bit (Χρησιμοποιεί 4 ή 8 γραμμές δεδομένων επιπλέον των rs, enable)[24].

DHT11 Library

Η βιβλιοθήκη επιτρέπει το διάβασμα των δεδομένων υγρασίας και θερμοκρασίας από τον αισθητήρα dht11. Για την απόκτηση των δεδομένων χρησιμοποιείται η μέθοδος read() με τον κατάλληλο ακροδέκτη που έχει τοποθετηθεί ο αισθητήρας.

```
int chk = DHT11.read(DHT11PIN);  
int h = DHT11.humidity;  
int t = DHT11.temperature;
```

Μετά την εκτέλεση του παραπάνω κώδικα στην μεταβλητή h βρίσκεται αποθηκευμένη η τιμή της σχετικής υγρασίας και στην μεταβλητή t βρίσκεται αποθηκευμένη η τιμή της θερμοκρασίας σε βαθμούς κελσίου[25],[26].

Dallas Water Temperature Library

Η βιβλιοθήκη επιτρέπει το διάβασμα των δεδομένων θερμοκρασίας από τον αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20. Για την απόκτηση των δεδομένων χρησιμοποιείται η μέθοδος requestTemperatures();

```
sensors.requestTemperatures();  
float Temperature=sensors.getTempCByIndex(0);
```

Μετά την εκτέλεση του παραπάνω κώδικα στην μεταβλητή Temperature βρίσκεται αποθηκευμένη η τιμή της θερμοκρασίας σε βαθμούς κελσίου[25],[27].

RTC Library

Η βιβλιοθήκη επιτρέπει την διαχείριση της ώρας και της ημερομηνίας ακόμα και όταν ο ελεγκτής βρίσκεται εκτός λειτουργίας σε συνδυασμό με το πρόσθετο RTC I2C. Για την ρύθμιση των δεδομένων χρησιμοποιείται η μέθοδος adjust().

```
RTC.adjust(DateTime(Year,Month,Day,Hours,Minutes,Seconds));
```

Μετά την εκτέλεση του παραπάνω κώδικα και αφού έχει γίνει αρχικοποίηση των δεδομένων καθίσταται δυνατή η απόκτηση και χρήση δεδομένων που αφορούν την ώρα και την ημερομηνία[17].

```
int Hours = time_data.getHours();  
int Minutes = time_data.getMinutes();  
int Month = time_data.getMonth();  
int Day = time_data.getDay();  
long Year = time_data.getYear();
```

Ethernet Library

Η βιβλιοθήκη έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με το Arduino Ethernet Shield (Ethernet.h) και δίνει την δυνατότητα στο Arduino να συνδέεται στο διαδίκτυο.

Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως διακομιστής που δέχεται εισερχόμενες συνδέσεις είτε ως πελάτης που κάνει εξερχόμενες. Η βιβλιοθήκη υποστηρίζει έως και τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις (εισερχόμενες ή εξερχόμενες ή συνδυασμούς) και διαχειρίζεται το τσιπ W5100[28].

Wire Library

Η βιβλιοθήκη επιτρέπει στο Arduino να επικοινωνεί με συσκευές I2C και TWI. Για να ξεκινήσει οποιαδήποτε επικοινωνία I2C πρέπει πρώτα να κληθεί η μέθοδος begin() η οποία ορίζει τους δείκτες της βιβλιοθήκης στο 0[29].

One Wire Library

Η βιβλιοθήκη One Wire επιτρέπει την πρόσβαση σε συσκευές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο 1-wire κατασκευασμένες από την εταιρεία Maxim/Dallas όπως αισθητήρες θερμοκρασίας και μνήμες ασφαλείας (ibutton). Για αισθητήρες θερμοκρασίας, η βιβλιοθήκη DallasTemperature μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυτή τη βιβλιοθήκη[30].

EEPROM Library

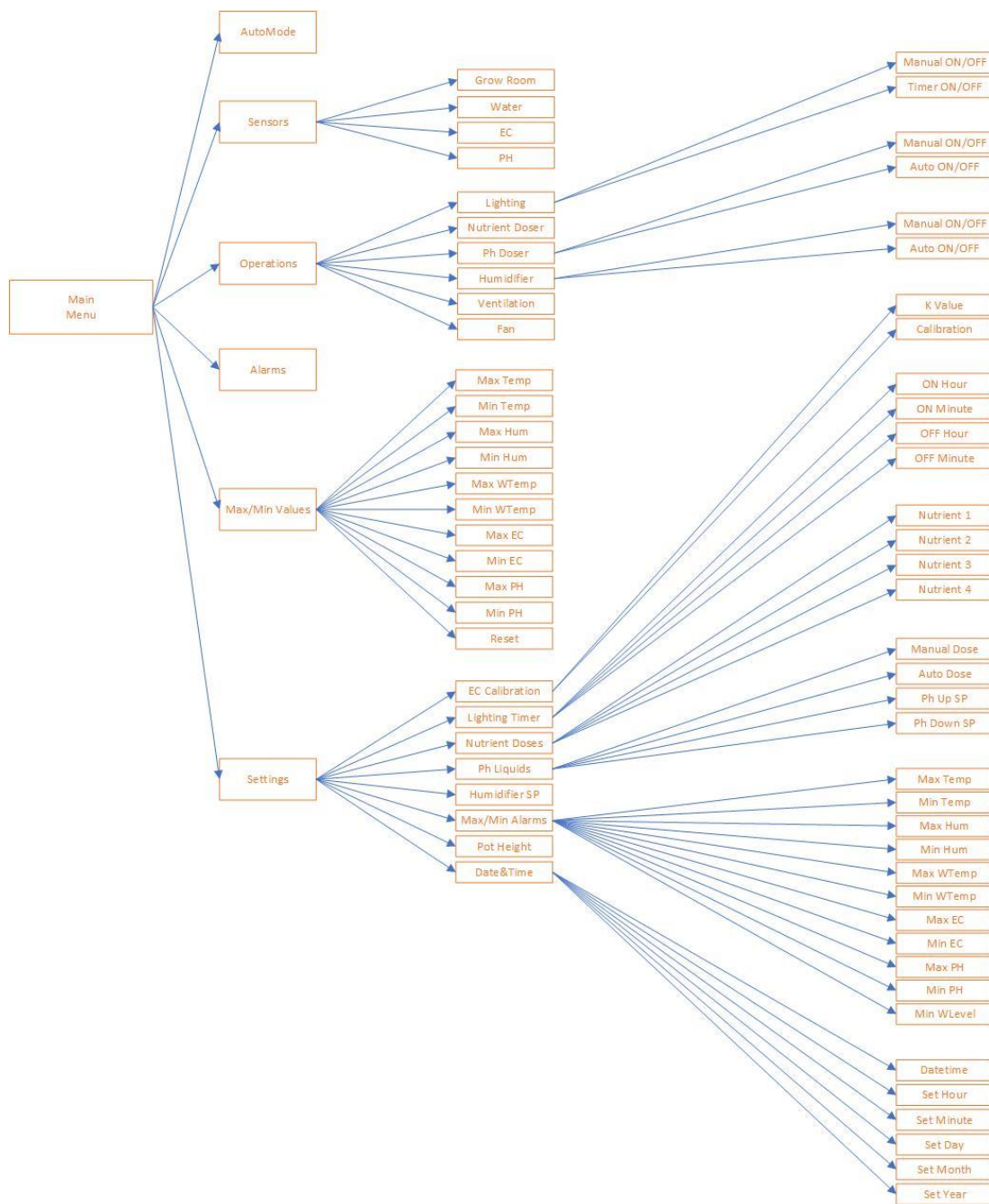
Η πλατφόρμα Arduino Mega διαθέτει μνήμη της οποίας οι τιμές διατηρούνται ακόμα και όταν βρίσκεται εκτός λειτουργίας (όπως ένας μικρός σκληρός δίσκος) και ονομάζεται EEPROM. Η βιβλιοθήκη επιτρέπει την ανάγνωση και γραφή bytes στην συγκεκριμένη μνήμη. Το μέγεθος της EEPROM μνήμης του Arduino Mega είναι 4096 bytes[31].

elapsedMillis Library

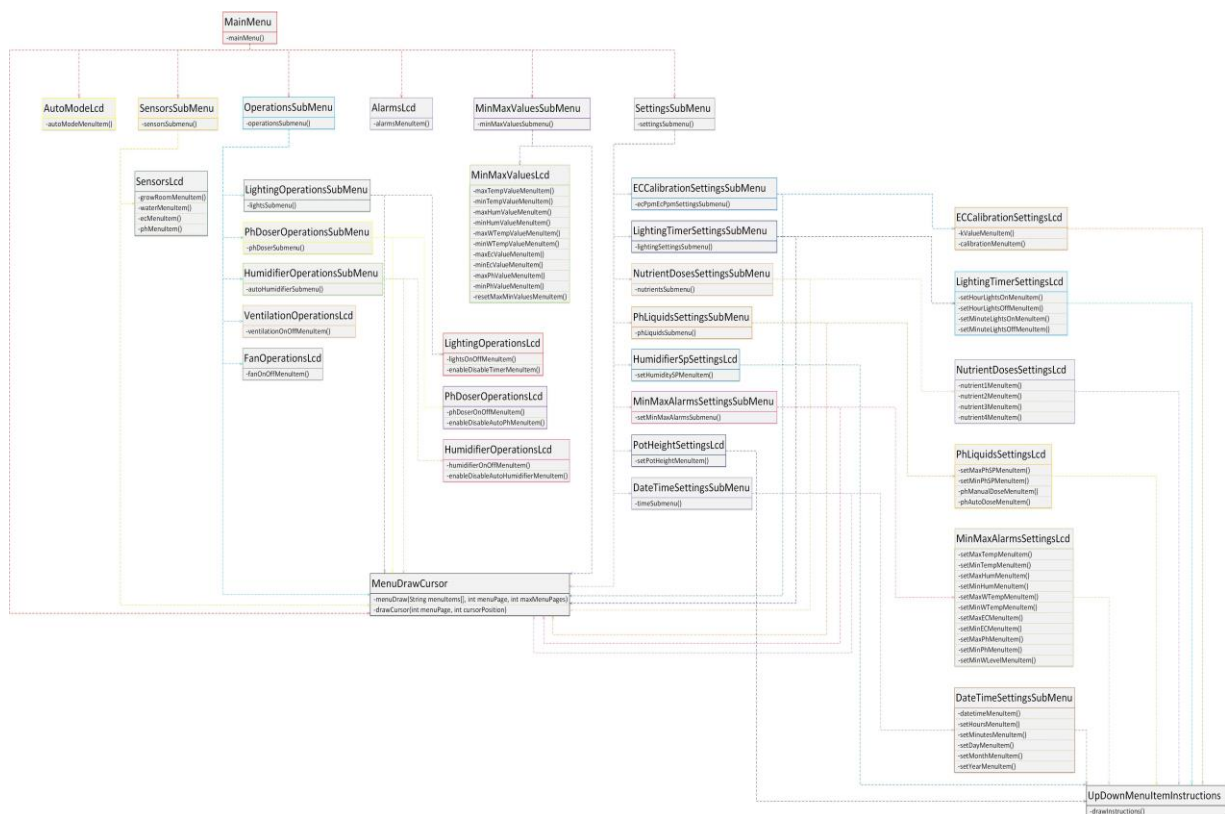
Με την χρήση της μεθόδου delay() ο κώδικας δεν μπορεί εύκολα να ανταποκριθεί στις εισόδους του χρήστη καθώς κατά την διάρκεια εκτέλεσης της μεθόδου σταματάει η επανάληψη. Η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη καθιστά την παραπάνω διαδικασία ευκολότερη καθώς επιτρέπει την δημιουργία μεταβλητών οι οποίες αυξάνουν όσο περνάει ο χρόνος. Συνεπώς γίνεται εφικτός ο έλεγχος του χρόνου ενώ το πρόγραμμα εκτελεί άλλες εργασίες ή ελέγχει τις εισόδους του χρήστη[32].

5.2 Λογισμικό γραφικού περιβάλλοντος οθόνης LCD

Ο χειρισμός του υδροπονικού ελεγκτή γίνεται είτε μέσω της οθόνης LCD είτε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η δομή, ο κώδικας και οι κλάσεις που αφορούν την δημιουργία των μενού και των οθονών που εμφανίζονται στην LCD οθόνη και είναι γραμμένες σε γλώσσα C++. Το λογισμικό του γραφικού περιβάλλοντος που αφορά την LCD οθόνη είναι δομημένο με την μορφή βιβλιοθηκών τύπου Arduino.



Εικόνα 23: Menu structure diagram



Εικόνα 24: UML Class Diagramm

MainMenu

Η κλάση σχεδιάζει το βασικό μενού του ελεγκτή και επιτρέπει στον χρήστη να περιηγηθεί και να επιλέξει τις επιμέρους λειτουργίες[33].

AutoMode

Η κλάση δεν παρέχει κάποια λειτουργικότητα όσον αφορά το γραφικό περιβάλλον αλλά ενεργοποιεί την αυτόματη λειτουργία του ελεγκτή κατά την οποία γίνεται δυνατή και η σύνδεση με το διαδίκτυο.

SensorsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού sensors και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις τέσσερις οθόνες για να παρακολουθεί τις ενδείξεις που αφορούν[33]:

- την υγρασία και θερμοκρασία του χώρου καλλιέργειας
- την θερμοκρασία και την στάθμη του νερού καλλιέργειας
- την αγωγιμότητα του νερού καλλιέργειας
- την σκληρότητα του νερού καλλιέργειας.

SensorsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Sensors. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής:

- Οθόνη παρακολούθησης υγρασίας και θερμοκρασίας χώρου καλλιέργειας
- Οθόνη παρακολούθησης θερμοκρασίας και στάθμης νερού καλλιέργειας
- Οθόνη παρακολούθησης αγωγιμότητας νερού καλλιέργειας
- Οθόνη παρακολούθησης σκληρότητας νερού καλλιέργειας

OperationsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού operations και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την ενεργοποίηση του αυτόματου δοσομετρητή
- Την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του εξαερισμού
- Την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του ανεμιστήρα

Καθώς και ένα από τα υπομενού που αφορούν:

- Την χειροκίνητη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της λάμπας και την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του χρονοδιακόπτη
- Την χειροκίνητη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του δοσομετρητή σκληρότητας και την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του αυτόματου δοσομετρητή σκληρότητας νερού.
- Την χειροκίνητη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του υγραντήρα και την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της αυτόματης λειτουργίας ύγρανσης.

LightingOperationsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού lighting που περιλαμβάνεται στο υπομενού operations και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την χειροκίνητη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της λάμπας
- Την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του χρονοδιακόπτη

LightingOperationsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού lighting. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής:

- Οθόνη επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης της λάμπας
- Οθόνη επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης χρονοδιακόπτη

PhDoserOperationsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού ph doser που περιλαμβάνεται στο υπομενού operations και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την χειροκίνητη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του δοσομετρητή σκληρότητας
- Την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του αυτόματης λειτουργίας του δοσομετρητή σκληρότητας.

PhDoserOperationsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού ph doser. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής:

- Οθόνη επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του δοσομετρητή σκληρότητας.
- Οθόνη επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης της αυτόματης λειτουργίας του δοσομετρητή σκληρότητας.

HumidifierOperationsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού humidifier που περιλαμβάνεται στο υπομενού operations και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την χειροκίνητη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του υγραντήρα
- Την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του αυτόματης λειτουργίας ύγρανσης

HumidifierOperationsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού humidifier. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής:

- Οθόνη επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του υγραντήρα.
- Οθόνη επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης της αυτόματης λειτουργίας ύγρανσης.

VentilationOperationsLcd

Η κλάση περιέχει μέθοδο για τον σχεδιασμό οθόνης επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του εξαερισμού και περιλαμβάνεται στο υπομενού operations.

FanOperationsLcd

Η κλάση περιέχει μέθοδο για τον σχεδιασμό οθόνης επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του ανεμιστήρα και περιλαμβάνεται στο υπομενού operations.

AlarmsLcd

Η κλάση περιέχει μέθοδο για τον σχεδιασμό οθόνης παρακολούθησης των alarm που προκύπτουν κατά την λειτουργία του ελεγκτή.

MinMaxValuesSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού Max/Min Values και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την παρακολούθηση της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της μέγιστης τιμής της υγρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της ελάχιστης τιμής της υγρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της μέγιστης τιμής της αγωγιμότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της ελάχιστης τιμής της αγωγιμότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της μέγιστης τιμής της σκληρότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την παρακολούθηση της ελάχιστης τιμής της σκληρότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Την επαναφορά όλων των τιμών στις παρούσες.

MinMaxValuesLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Min/Max Values. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη παρακολούθησης της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της μέγιστης τιμής της υγρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της ελάχιστης τιμής της υγρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της μέγιστης τιμής της αγωγιμότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της ελάχιστης τιμής της αγωγιμότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της μέγιστης τιμής της σκληρότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη παρακολούθησης της ελάχιστης τιμής της σκληρότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Οθόνη επαναφοράς όλων των παραπάνω τιμών στις παρούσες.

SettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την επιλογή του setpoint της αυτόματης λειτουργίας ύγρυνσης
- Την επιλογή του ύψους της γλάστρας.

Καθώς και ένα από τα υπομενού που αφορούν:

- Την επιλογή της τιμής K και την βαθμονόμηση του αισθητήρα αγωγιμότητας.
- Την επιλογή ώρας και λεπτών ενεργοποίησης και απενεργοποίησης της λάμπας καλλιέργειας.
- Την επιλογή δοσολογίας για κάθε ένα από τα λιπάσματα του αυτόματου δοσομετρητή.
- Την επιλογή δοσολογίας των υγρών που αφορούν την ρύθμιση της σκληρότητας του νερού καλλιέργειας καθώς και το μέγιστο και ελάχιστο setpoint που αφορά την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας.
- Την επιλογή του μέγιστου και ελάχιστου setpoint που αφορά τα alarm της εφαρμογής.
- Την ρύθμιση του ρολογιού του ελεγκτή.

EcCalibrationSettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού EC Calibration που περιλαμβάνεται στο υπομενού Settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την επιλογή της τιμής K για την σωστή βαθμονόμηση του αισθητήρα αγωγιμότητας
- Την βαθμονόμηση του αισθητήρα αγωγιμότητας.

EcCalibrationSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Ec Calibration. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη επιλογής της τιμής K για την σωστή βαθμονόμηση του αισθητήρα αγωγιμότητας.
- Οθόνη βαθμονόμησης του αισθητήρα αγωγιμότητας.

LightingTimerSettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού Lighting Timer που περιλαμβάνεται στο υπομενού Settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την επιλογή της ώρας ενεργοποίησης της λάμπας
- Την επιλογή των λεπτών ενεργοποίησης της λάμπας
- Την επιλογή της ώρας απενεργοποίησης της λάμπας
- Την επιλογή των λεπτών απενεργοποίησης της λάμπας

LightingTimerSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Lighting Timer. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη επιλογής της ώρας ενεργοποίησης της λάμπας
- Οθόνη επιλογής των λεπτών ενεργοποίησης της λάμπας
- Οθόνη επιλογής της ώρας απενεργοποίησης της λάμπας
- Οθόνη επιλογής των λεπτών απενεργοποίησης της λάμπας

NutrientDosesSettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού Nutrient Doses που περιλαμβάνεται στο υπομενού Settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την επιλογή της δοσολογίας (ml) του πρώτου λιπάσματος.
- Την επιλογή της δοσολογίας (ml) του δεύτερου λιπάσματος.
- Την επιλογή της δοσολογίας (ml) του τρίτου λιπάσματος.
- Την επιλογή της δοσολογίας (ml) του τέταρτου λιπάσματος.

NutrientDosesSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Nutrient Doses. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη επιλογής δοσολογίας (ml) πρώτου λιπάσματος.
- Οθόνη επιλογής δοσολογίας (ml) δεύτερου λιπάσματος
- Οθόνη επιλογής δοσολογίας (ml) τρίτου λιπάσματος.
- Οθόνη επιλογής δοσολογίας (ml) τέταρτου λιπάσματος.

PhLiquidsSettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού Ph Liquids που περιλαμβάνεται στο υπομενού Settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την επιλογή της δοσολογίας (ml) των υγρών που αφορούν την χειροκίνητη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας
- Την επιλογή της δοσολογίας (ml) των υγρών που αφορούν την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας
- Την επιλογή του μέγιστου setpoint που αφορά την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας
- Την επιλογή του ελάχιστου setpoint που αφορά την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας

PhLiquidsSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Ph Liquids. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη επιλογής δοσολογίας (ml) υγρών που αφορούν την χειροκίνητη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας
- Οθόνη επιλογής δοσολογίας (ml) υγρών που αφορούν την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας
- Οθόνη επιλογής μέγιστου setpoint που αφορά την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας
- Οθόνη επιλογής ελάχιστου setpoint που αφορά την αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας νερού καλλιέργειας

HumidifierSPSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μέθοδο για τον σχεδιασμό οθόνης επιλογής ελάχιστου setpoint που αφορά την αυτόματη λειτουργία ύγρανσης[33].

MinMaxAlarmsSettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού Max/Min Alarms που περιλαμβάνεται στο υπομενού Settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την επιλογή της μέγιστης θερμοκρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της ελάχιστης θερμοκρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της μέγιστης υγρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η υγρασία υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.

- Την επιλογή της ελάχιστης υγρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η υγρασία υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της μέγιστης θερμοκρασίας του νερού καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της ελάχιστης θερμοκρασίας του νερού καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της μέγιστης αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η αγωγιμότητα υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της ελάχιστης αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η αγωγιμότητα υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της μέγιστης σκληρότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η σκληρότητα υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της ελάχιστης σκληρότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η σκληρότητα υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Την επιλογή της ελάχιστης στάθμης του νερού καλλιέργειας. Αν η στάθμη υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.

MinMaxAlarmsSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Max/Min Alarms. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη επιλογής μέγιστης θερμοκρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής ελάχιστης θερμοκρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής μέγιστης υγρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η υγρασία υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής ελάχιστης υγρασίας του θαλάμου καλλιέργειας. Αν η υγρασία υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής μέγιστης θερμοκρασίας του νερού καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής ελάχιστης θερμοκρασίας του νερού καλλιέργειας. Αν η θερμοκρασία υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής μέγιστης αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η αγωγιμότητα υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής ελάχιστης αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η αγωγιμότητα υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής μέγιστης σκληρότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η σκληρότητα υπερβεί την μέγιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής ελάχιστης σκληρότητας του νερού καλλιέργειας. Αν η σκληρότητα υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.
- Οθόνη επιλογής ελάχιστης στάθμης του νερού καλλιέργειας. Αν η στάθμη υποχωρήσει κάτω από την ελάχιστη τότε εμφανίζεται alarm.

PotHeightSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μέθοδο για τον σχεδιασμό οθόνης επιλογής ύψους καλλιεργητικής δεξαμενής[33].

DateTimeSettingsSubMenu

Η κλάση σχεδιάζει το υπομενού Date&Time που περιλαμβάνεται στο υπομενού Settings και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει μια από τις οθόνες που αφορούν[33]:

- Την παρακολούθηση της ώρας και ημερομηνίας του υδροπονικού ελεγκτή
- Την ρύθμιση της ώρας του υδροπονικού ελεγκτή
- Την ρύθμιση των λεπτών του υδροπονικού ελεγκτή
- Την ρύθμιση της ημέρας του υδροπονικού ελεγκτή
- Την ρύθμιση του μήνα του υδροπονικού ελεγκτή
- Την ρύθμιση της χρονολογίας του υδροπονικού ελεγκτή

DateTimeSettingsLcd

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό των οθονών που περιλαμβάνονται στο υπομενού Date&Time. Οι οθόνες αυτές είναι οι εξής[33]:

- Οθόνη παρακολούθησης ώρας και ημερομηνίας του υδροπονικού ελεγκτή
- Οθόνη ρύθμισης της ώρας του υδροπονικού ελεγκτή
- Οθόνη ρύθμισης των λεπτών του υδροπονικού ελεγκτή
- Οθόνη ρύθμισης της ημέρας του υδροπονικού ελεγκτή
- Οθόνη ρύθμισης του μήνα του υδροπονικού ελεγκτή
- Οθόνη ρύθμισης της χρονολογίας του υδροπονικού ελεγκτή

MenuDrawCursor

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό του σκελετού των μενού και υπομενού αλλά και για τον σχεδιασμό του κέρσορα. Η συγκεκριμένη κλάση χρησιμοποιείται από όλες τις κλάσεις οι οποίες σχεδιάζουν οθόνες μενού και υπομενού[33].

UpDownMenuItemInstructions

Η κλάση περιέχει μεθόδους για τον σχεδιασμό του σκελετού των οθονών που αφορούν την επιλογή τιμών. Η συγκεκριμένη κλάση χρησιμοποιείται από όλες τις κλάσεις οι οποίες σχεδιάζουν οθόνες επιλογής τιμών[33].

5.3 Λογισμικό μηχανισμών και αυτοματισμών

Ο υδροπονικός ελεγκτής εκτελεί κάποιες λειτουργίες οι οποίες γίνονται αντιληπτές στον φυσικό κόσμο είτε αυτόματα είτε με την παρέμβαση του χρήστη. Παρακάτω αναλύονται η δομή και οι κλάσεις που συντελούν σε αυτή την διαδραστικότητα.

AlarmsController

Ο υδροπονικός ελεγκτής διαθέτει δύο Led κίτρινου και κόκκινου χρώματος αντίστοιχα. Αν κάποια από τις μετρούμενες τιμές υπερβεί ή υποχωρήσει από τα όρια που έχουμε θέσει στο υπομενού Max/Min Alarms που περιλαμβάνεται στο υπομενού settings τότε ενεργοποιείται το αντίστοιχο Led. Τα παραπάνω όρια αποθηκεύονται στην μνήμη EEPROM για περαιτέρω χρήση. Στην περίπτωση που υπάρχει υψηλή μέτρηση η κλάση AlarmsController ενεργοποιεί το κόκκινο Led ενώ αν υπάρχει χαμηλή μέτρηση ενεργοποιεί το κίτρινο Led. Αν τα όρια επανέλθουν στα κανονικά επίπεδα τότε τα LED απενεργοποιούνται αυτόματα.

```
if (humidityValue<minHum || temperatureValue<minTemp ||
waterLevelValue<minWLevel || waterTemperatureValue<minWTemp ||
ecValue<minEc || pHValue<minPh) {
    digitalWrite(LEDLOW, HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(LEDLOW, LOW);
}

if (humidityValue>maxHum || temperatureValue>maxTemp ||
waterTemperatureValue>maxWTemp || ecValue>maxEc || pHValue>maxPh){
    digitalWrite(LEDHIGH, HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(LEDHIGH, LOW);
}
```

Max/MinValuesController

Η κλάση περιέχει μεθόδους οι οποίες αποθηκεύουν αυτόματα τις μέγιστες και ελάχιστες μετρήσιμες τιμές (από αισθητήρια) που προκύπτουν κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή. Οι τιμές αυτές είναι:

- Μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.

- Ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Μέγιστη τιμή της υγρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Ελάχιστη τιμή της υγρασίας που έχει σημειωθεί στον θάλαμο καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Μέγιστη τιμή της αγωγιμότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Ελάχιστη τιμή της αγωγιμότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Μέγιστη τιμή της σκληρότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.
- Ελάχιστη τιμή της σκληρότητας που έχει σημειωθεί στο νερό καλλιέργειας κατά την λειτουργία του υδροπονικού ελεγκτή.

Έτσι ο χρήστης είναι σε θέση να γνωρίζει τις οριακές τιμές που εμφανίζονται στην καλλιέργεια από την στιγμή που έχει κάνει reset στην παρούσα λειτουργία. Κατά την διαδικασία του reset όλες οι παραπάνω τιμές αντικαθίστανται με τις παρούσες και αν προκύψουν στην συνέχεια τιμές μεγαλύτερες ή μικρότερες από αυτές τότε αντικαθίστανται.

```
//Humidity
if (humidityValue < humidityMinValue){
    humidityMinValue = humidityValue;
    EEPROM.update(33, humidityMinValue);
}

if (humidityValue > humidityMaxValue){
    humidityMaxValue = humidityValue;
    EEPROM.update(32, humidityMaxValue);
}

//Temperature
if (temperatureValue < temperatureMinValue){
    temperatureMinValue = temperatureValue;
    EEPROM.update(31, temperatureMinValue);
}

if (temperatureValue > temperatureMaxValue){
    temperatureMaxValue = temperatureValue;
    EEPROM.update(30, temperatureMaxValue);
}
```

```

}
//Water Temperature
if (waterTemperatureValue < waterTemperatureMinValue){
    waterTemperatureMinValue = waterTemperatureValue;
    EEPROM.put(38, waterTemperatureMinValue);
}

if (waterTemperatureValue > waterTemperatureMaxValue){
    waterTemperatureMaxValue = waterTemperatureValue;
    EEPROM.put(34, waterTemperatureMaxValue);
}

//EC
if (ecValue < ecMinValue){
    ecMinValue = ecValue;
    EEPROM.put(46, ecMinValue);
}

if (ecValue > ecMaxValue){
    ecMaxValue = ecValue;
    EEPROM.put(42, ecMaxValue);
}

//PH
if (phValue < phMinValue){
    phMinValue = phValue;
    EEPROM.put(80, phMinValue);
}

if (phValue > phMaxValue){
    phMaxValue = phValue;
    EEPROM.put(76, phMaxValue);
}

```

RelayController

Η κλάση περιέχει μεθόδους που συμβάλουν:

- Στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της λάμπας καλλιέργειας

```

if ((hourValue == onHour)&&(minuteValue == onMinute)&&(secondValue
== 15 || secondValue == 16)){
    digitalWrite(RELAY1PIN, HIGH);
}

```

```

if ((hourValue == offHour)&&(minuteValue == offMinute)&&(secondValue
== 15 || secondValue == 16)){

```

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Π.ΠΑΛΛΗ & ΘΗΒΩΝ 250, 122 44, ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΘΗΝΑ, ΕΛΛΑΔΑ

ΤΗΛ.: +30-210-5381311, MSCAUTO1@TEIPIR.GR

```
        digitalWrite(RELAY1PIN, LOW);
    }
```

- Στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της υγραντήρα

```
if (digitalRead(RELAY2PIN) == HIGH){
    digitalWrite(RELAY2PIN, LOW);
}
else
{
    digitalWrite(RELAY2PIN, HIGH);
}
```

- Στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του εξαερισμού

```
if (digitalRead(RELAY3PIN) == HIGH){
    digitalWrite(RELAY3PIN, LOW);
}
else
{
    digitalWrite(RELAY3PIN, HIGH);
}
```

- Στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του ανεμιστήρα

```
if (digitalRead(RELAY4PIN) == HIGH){
    digitalWrite(RELAY4PIN, LOW);
}
else
{
    digitalWrite(RELAY4PIN, HIGH);
}
```

- Στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση των δοσομετρικών αντλιών

```
if(timeElapsedNutrients < highCounter1){
    digitalWrite(RELAY5PIN, HIGH);
}
if((timeElapsedNutrients > highCounter1) && (timeElapsedNutrients <
lowCounter1)){
    digitalWrite(RELAY5PIN, LOW);
}
if((timeElapsedNutrients > lowCounter1) && (timeElapsedNutrients <
highCounter2)){
    digitalWrite(RELAY6PIN, HIGH);
}
```

```

if((timeElapsedNutrients > highCounter2) &&
(timeElapsedNutrients<lowCounter2)){
    digitalWrite(RELAY6PIN, LOW);
}
if((timeElapsedNutrients > lowCounter2) && (timeElapsedNutrients <
highCounter3)){
    digitalWrite(RELAY7PIN, HIGH);
}
if((timeElapsedNutrients > highCounter3) && (timeElapsedNutrients <
lowCounter3)){
    digitalWrite(RELAY7PIN, LOW);
}
if((timeElapsedNutrients > lowCounter3) && (timeElapsedNutrients <
highCounter4)){
    digitalWrite(RELAY8PIN, HIGH);
}
if(timeElapsedNutrients>highCounter4){
    digitalWrite(RELAY8PIN, LOW);
    timeElapsedNutrients=0; //Set timer to 0
    activeButton = 1;
}
}

```

- Στην αυτόματη λειτουργία ύγρανσης

```

humidifierSP = EEPROM.read(74);
onOffHumidifierFlag = EEPROM.read(75);
if (onOffHumidifierFlag == 1){
    if (timeElapsedAutoHumidifier > 10000){
        humidityValue = dht_data.humidity();

        if (humidityValue<humidifierSP)
        {
            if (timeElapsedAutoHumidifier1 > 12000)
            {
                digitalWrite(RELAY2PIN, HIGH);
                timeElapsedAutoHumidifier1 = 0;
            }
            else
            {
                digitalWrite(RELAY2PIN, LOW);
            }
        }
        else
        {
            digitalWrite(RELAY2PIN,LOW);
            //timeElapsedAutoHumidifier = 0;
        }
    }
}

```

```

        timeElapsedAutoHumidifier = 0;
    }
}

```

- Στην αυτόματη λειτουργία ρύθμισης οξύτητας

```

autoPhFlag = EEPROM.read(100);
if (autoPhFlag == 1){
    EEPROM.get(96, phAuto);
    EEPROM.get(101, maxPhSp);
    EEPROM.get(105, minPhSp);
    phAutoCounter = phAuto*1000;
    if (timeElapsedAutoPh > phAutoCounter){
        digitalWrite(RELAY7PIN, LOW);
        digitalWrite(RELAY8PIN, LOW);
        if (timeElapsedAutoPhCorrector > 12000){
            phFinish = ph_data.getPH();
            Serial.print(phFinish);
            Serial.print("\n");
            absDiff = abs(phFinish-phStart);
            if (/*phStart == phFinish*/absDiff<=0.01){
                phStart = ph_data.getPH();
                if (phFinish < minPhSp)
                    digitalWrite(RELAY7PIN, HIGH);
                }
            else{
                digitalWrite(RELAY7PIN, LOW);
            }

            if (phFinish > maxPhSp){
                digitalWrite(RELAY8PIN, HIGH);
            }
            else{
                digitalWrite(RELAY8PIN, LOW);
            }
        }
        phStart = ph_data.getPH();
        timeElapsedAutoPhCorrector = 0;
    }
    timeElapsedAutoPh = 0;
}
}

```

Οι παραπάνω λειτουργίες πραγματοποιούνται με την βοήθεια ρελέ. Όταν λοιπόν ενεργοποιείται το αντίστοιχο ρελέ κλείνει το αντίστοιχο κύκλωμα ενεργοποιώντας την κατάλληλη συσκευή.

EthernetData

Η κλάση περιλαμβάνει μεθόδους οι οποίες συμβάλουν στην σύνδεση της πλατφόρμας Arduino στο διαδίκτυο αλλά και στην σωστή επικοινωνία με την εφαρμογή χειρισμού του ελεγκτή μέσω διαδικτύου[34].

```
client = server.available();
```

```
if ( client )
{
    while ( client.connected() )
    {
        relay_data.autoLightsOnOff();
        alarms_data.autoLedAlarms();
        relay_data.autoPhCorrector();
        maxMinValues_data.autoMaxMinValues();
        relay_data.autoHumidifierOnOff();
        if ( client.available() > 0 )
        {

            recieved = client.read();
            inData += recieved;
            if (recieved == '\n')
            {
                switch( inData[0] )
                {
                    case (char)'o' :
                        relay_data.manualLightsOnOff();
                        break;

                    case (char)'f' :
                        relay_data.manualLightsOnOff();
                        break;

                    case (char)'c'
                        client.print(String(dht_data.humidity()) + "," +
                        String(dht_data.temperature()) + "," +
                        String(hc_data.waterLevel())+ "," +
                        String(ec_data.getWaterTemp(),2) + "," +
                        String(ec_data.getEC(),2) + "," +
                        String(digitalRead(RELAY1PIN)) + "," +
                        String(digitalRead(RELAY2PIN)) + "," +
                        String(digitalRead(RELAY3PIN)) + "," +
                        String(digitalRead(RELAY4PIN)) + "," +
                        String(EEPROM.read(4)) + "," + String(EEPROM.read(75)) +
                        "," + String(digitalRead(RELAY5PIN)) + "," +
                        String(digitalRead(RELAY6PIN)) + "," +
```



```

String(digitalRead(RELAY7PIN)) + "," +
String(digitalRead(RELAY8PIN)) + "," +
String(ph_data.getPH(),2) + "," + String(EEPROM.read(100))
+ ","");
client.println();
break;

case (char)'a' :
relay_data.nutrientsDoser();
break;

case (char)'h' :
relay_data.manualHumidifierOnOff();
break;

case (char)'v' :
relay_data.manualVentilationOnOff();
break;

case (char)'b' :
relay_data.manualFanOnOff();
break;

case (char)'j' :
EEPROM.update(4, 1);
break;

case (char)'k' :
EEPROM.update(4, 0);
break;

case (char)'l' :
EEPROM.update(75, 1);
break;

case (char)'m' :
EEPROM.update(75, 0);
digitalWrite(RELAY2PIN, LOW);
break;

case (char)'q' :
EEPROM.update(100, 1);
break;

case (char)'r' :
EEPROM.update(100, 0);

```

```

        digitalWrite(RELAY8PIN, LOW);
        break;

        case (char)*' :
        client.print('x');
        client.stop();
        break;

        default:
        client.println('d');
        break;
    }
    inData = "";
}
}
}
else
{
    client.println('v');
}
}

```

DHT11SensorData

Η κλάση περιέχει μεθόδους οι οποίες επιστρέφουν τις τιμές της υγρασίας και θερμοκρασίας μέσω του αισθητήρα dht11.

```

int DHT11SensorData::humidity(){
    //read and return humidity
    if (timeElapsedHumidity > 1000){
        int chk = DHT11.read(DHT11PIN);
        timeElapsedHumidity = 0;
    }
    return DHT11.humidity;
}
int DHT11SensorData::temperature(){
    //return temperature
    if (timeElapsedTemperature > 1000){
        timeElapsedTemperature = 0;
    }
    return DHT11.temperature;
}
}

```

HCSR04SensorData

Η κλάση περιέχει μέθοδο η οποία επιστρέφει την τιμή της μέτρησης του ύψους του νερού καλλιέργειας μέσω του αισθητήρα hcsr04 [16].

```
long HCSR04SensorData::waterLevel(){
    digitalWrite(HCSR04TRIGPIN, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(HCSR04TRIGPIN, HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    //delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(HCSR04TRIGPIN, LOW);
    potHeight = EEPROM.read(29);
    durationValue = pulseIn(HCSR04ECHOPIN, HIGH);
    distanceValue = durationValue/29/2;
    offsetDistanceValue = distanceValue-3;
    waterLevelValue = potHeight-offsetDistanceValue;
    //distanceValue = durationValue/58;
    return waterLevelValue;
}
```

PHOTORESISTORSensorData

Η κλάση περιέχει μέθοδο η οποία επιστρέφει την τιμή της φωτοαντίστασης ανάλογα με την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνειά της.

```
int PHOTORESISTORSensorData::photorstr(){
    int value = analogRead(PHOTORESISTORPIN);
    return value;
}
```

RTCDS1307SensorData

Η κλάση περιέχει μεθόδους οι οποίες επιστρέφουν τις τιμές που αφορούν την ώρα και την ημερομηνία του ελεγκτή.

```
uint8_t RTCDS1307SensorData::getHours(){
    datetimeValue = rtcds1307timestamp_data.getTimestamp();
    hourValue = datetimeValue.hour();
    return hourValue;
}
```

```
uint8_t RTCDS1307SensorData::getMinutes(){
    datetimeValue = rtcds1307timestamp_data.getTimestamp();
    minuteValue = datetimeValue.minute();
    return minuteValue;
}
```

```

uint8_t RTCDS1307SensorData::getSeconds(){
    datetimeValue = rtcds1307timestamp_data.getTimestamp();
    secondValue = datetimeValue.second();
    return secondValue;
}

uint8_t RTCDS1307SensorData::getMonth(){
    datetimeValue = rtcds1307timestamp_data.getTimestamp();
    monthValue = datetimeValue.month();
    return monthValue;
}

uint8_t RTCDS1307SensorData::getDay(){
    datetimeValue = rtcds1307timestamp_data.getTimestamp();
    dayValue = datetimeValue.day();
    return dayValue;
}

uint16_t RTCDS1307SensorData::getYear(){
    datetimeValue = rtcds1307timestamp_data.getTimestamp();
    yearValue = datetimeValue.year();
    return yearValue;
}

```

ECSensorData

Η κλάση περιέχει μεθόδους οι οποίες επιστρέφουν τις τιμές που αφορούν[20]:

- Την θερμοκρασία του νερού καλλιέργειας σε βαθμούς κελσίου

```

float ECSensorData::getWaterTemp(){
    sensors.requestTemperatures();
    Temperature=sensors.getTempCByIndex(0);
    return Temperature;
}

```

- Την αγωγιμότητα του νερού καλλιέργειας

```

float ECSensorData::getEC(){
    if (timeElapsedEc>10000){
        EEPROM.get(5,K);
        sensors.requestTemperatures();
        Temperature=sensors.getTempCByIndex(0);

        digitalWrite(ECPower,HIGH);
        raw= analogRead(ECPin);
    }
}

```

```

raw= analogRead(ECPin);
digitalWrite(ECPower,LOW);

Vdrop= (Vin*raw)/1024.0;
Rc=(Vdrop*R1)/(Vin-Vdrop);
Rc=Rc-Ra; //accounting for Digital Pin Resitance
EC = 1000/(Rc*K);

EC25 = EC/ (1+ TemperatureCoef*(Temperature-25.0));
ppm=(EC25)*(PPMconversion*1000);

timeElapsedEc = 0;
}
return EC25;
}

```

- Την σταθερά που αφορά την απόσταση των ηλεκτροδίων και την περιοχή διατομής μετά την βαθμονόμηση του αισθητήρα αγωγιμότητας

```

float ECSensorData::getCalibrationK(){
EEPROM.get(9,CalibrationEC);
i=1;
buffer=0;
sensors.requestTemperatures();
TemperatureStart=sensors.getTempCByIndex(0);

while(i<=10){
activeButton = 0;
elapsedMillis timeElapsedCalibration1;
while(activeButton == 0){
relay_data.autoLightsOnOff();
relay_data.autoHumidifierOnOff();
if (timeElapsedCalibration1 > 5000){
digitalWrite(ECPower,HIGH);
raw= analogRead(ECPin);
raw= analogRead(ECPin);
digitalWrite(ECPower,LOW);
buffer=buffer+raw;
i++;
activeButton = 1;
}
}
};
raw=(buffer/10);
sensors.requestTemperatures();

```

```

TemperatureFinish=sensors.getTempCByIndex(0);
CalibrationEC25=
CalibrationEC*(1+(TemperatureCoef*(TemperatureFinish-25.0))) ;
Vdrop= (((Vin)*(raw))/1024.0);
Rc=(Vdrop*R1)/(Vin-Vdrop);
Rc=Rc-Ra;
CalibrationK = 1000/(Rc*CalibrationEC25);
elapsedMillis timeElapsedCalibration2;
lcd.clear();
while (timeElapsedCalibration2 <3000){
    relay_data.autoLightsOnOff();
    relay_data.autoHumidifierOnOff();
    if (TemperatureStart==TemperatureFinish){
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Trustworthy");
    }
    else{
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Failure");
    }
}
return CalibrationK;
}

```

PHSensorData

Η κλάση περιέχει μέθοδο η οποία επιστρέφει την τιμή της σκληρότητας του νερού καλλιέργειας μέσω του αισθητήρα σκληρότητας[19].

```

float PHSensorData::getPH(){
    if(timeElapsedPh>1000){
        pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
        if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
        amount=0;

        if(ArrayLenth<=0){
            return 0;
        }
        if(ArrayLenth<5){
            for(i=0;i<ArrayLenth;i++){
                amount+=pHArray[i];
            }
            avg = amount/ArrayLenth;
        }
        else{
            if(pHArray[0]<pHArray[1]){
                min = pHArray[0];max=pHArray[1];
            }
        }
    }
}

```



```

    }
    else{
        min=pHArray[1];max=pHArray[0];
    }
    for(i=2;i<ArrayLenth;i++){
        if(pHArray[i]<min){
            amount+=min;    //pHArray<min
            min=pHArray[i];
        }
        else {
            if(pHArray[i]>max){
                amount+=max;    //pHArray>max
                max=pHArray[i];
            }
            else{
                amount+=pHArray[i];
            }
        }
    }
    avg = (double)amount/(ArrayLenth-2);
}
voltage = avg*5.0/1024;
pHValue = 3.5*voltage+Offset;
timeElapsedPh = 0;
}
return pHValue;
}

```

ButtonEvaluation

Η κλάση περιέχει μέθοδο η οποία αντιστοιχεί την τάση που παράγεται από τα πατήματα των κουμπιών με τα αντίστοιχα κουμπιά και επιστρέφει την τιμή τους[33].

```

int ButtonEvaluation::evaluateButton(int x) {

    result = 0;

    if (x < 50) {
        result = 5; // select
    }
    else if (x < 250) {
        result = 4; // left
    }
    else if (x < 471) {
        result = 1; // right
    }
    else if (x < 668) {

```

```

    result = 2; // up
  }
  else if (x < 871) {
    result = 3; // down
  }

  while(x<999) x= analogRead(0);
  return result;
}

```

Κλείνοντας το κεφάλαιο 5.3 αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την λειτουργία του βασικού μενού, των υπομενού και των οθονών τρέχουν παράλληλα οι εξής μέθοδοι:

- relay_data.autoLightsOnOff(); (Αυτόματη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση φωτισμού)
- relay_data.autoPhCorrector(); (Αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας)
- maxMinValues_data.autoMaxMinValues(); (Αυτόματη καταγραφή μέγιστων/ελάχιστων τιμών)
- relay_data.autoHumidifierOnOff(); (Αυτόματη λειτουργία ύγρανσης)

Ενώ κατά την λειτουργία automode τρέχουν παράλληλα οι εξής μέθοδοι:

- relay_data.autoLightsOnOff(); (Αυτόματη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση φωτισμού)
- relay_data.autoPhCorrector(); (Αυτόματη λειτουργία ρύθμισης σκληρότητας)
- ethernet_data.caseMenuItem(); (Σύνδεση στο διαδίκτυο και επικοινωνία με εφαρμογή χειρισμού μέσω διαδικτύου)
- alarms_data.autoLedAlarms(); (Αυτόματη λειτουργία ενεργοποίησης/απενεργοποίησης προειδοποιητικών LED)
- maxMinValues_data.autoMaxMinValues(); (Αυτόματη καταγραφή μέγιστων/ελάχιστων τιμών)
- relay_data.autoHumidifierOnOff(); (Αυτόματη λειτουργία ύγρανσης)

5.4 Λογισμικό εφαρμογής χειρισμού ελεγκτή μέσω διαδικτύου

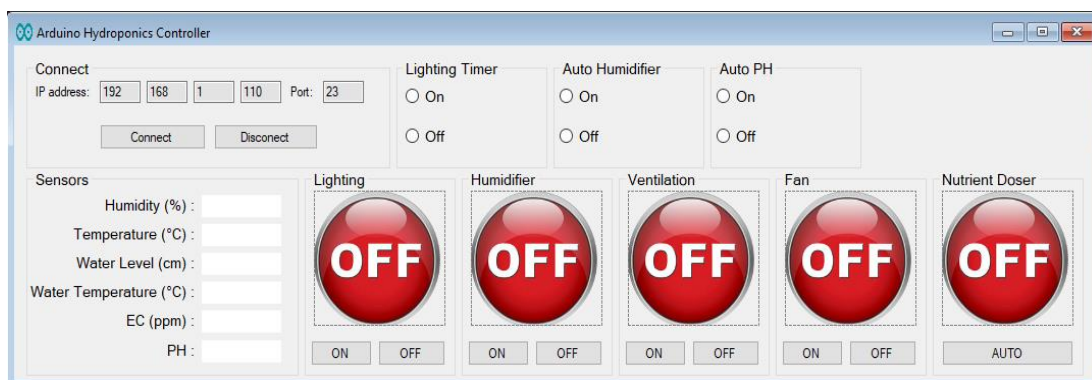
Ο χειρισμός και η παρακολούθηση του υδροπονικού ελεγκτή γίνεται εκτός της οθόνης LCD και μέσω διαδικτύου με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται ο κώδικας που αφορά την εφαρμογή χειρισμού του ελεγκτή και είναι γραμμένος σε γλώσσα C#(winforms).

Η επικοινωνία με τον ελεγκτή επιτυγχάνεται μέσω αποστολής συγκεκριμένων δεδομένων (χαρακτήρων-char) στο Arduino δικής μας επιλογής. Το Arduino δέχεται τους χαρακτήρες(char) και μέσω της κλάσης EthernetData απαντά στην εκάστοτε ερώτηση της εφαρμογής η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο χαρακτήρα(Char). Η απάντηση από το Arduino επιστρέφει σε μορφή string για την καλύτερη και άμεση διαχείριση από την εφαρμογή. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε 2

δευτερόλεπτα για την λήψη των μετρήσεων καθώς και όποτε ο χρήστης κάνει οποιονδήποτε χειρισμό.

Form1.cs

Η κλάση περιέχει μεθόδους οι οποίες συντελούν στην λειτουργικότητα του γραφικού μέρους της εφαρμογής.



Εικόνα 25: Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής χειρισμού υπολογιστή μέσω διαδικτύου

- **Connect/Disconnect buttons**

Για την σύνδεση και αποσύνδεση της εφαρμογής με τον υδροπονικό ελεγκτή χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι οι οποίες διαχειρίζονται αυτές τις λειτουργίες[34].

```
private void connect_Click(object sender, EventArgs e)
{
    ActiveControl = null;
    string ipAddr = ip1.Text + "." + ip2.Text + "." + ip3.Text + "." + ip4.Text;
    string port = portInput.Text;

    if (IsValidIPAddress(ipAddr) == true)
    {
        try
        {
            if (client == null)
                client = new Client(this);

            client.Connect(ipAddr, port);
            disconnect.Enabled = true;
            connect.Enabled = false;
            sensorTimer.Start();
        }
    }
}
```

```

        catch (SocketException se)
        {
            MessageBox.Show("Unable to Connect.\r\n" + se.ToString());
        }
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Invaild Ip Adress", "Invaild Ip Adress",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
}

```

```

private void disconnect_Click(object sender, EventArgs e)
{
    connect.Enabled = true;
    disconnect.Enabled = false;
    sensorTimer.Stop();
    client.Disconnect();
}

```

- Radio buttons

Για την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση των αυτόματων λειτουργιών του ελεγκτή (Lighting Timer, Auto humidifier, Auto Ph) χρησιμοποιούνται έξι παρόμοιες μέθοδοι οι οποίες διαχειρίζονται τα αντίστοιχα radio buttons.

Ο κώδικας που ακολουθεί διαχειρίζεται την ενεργοποίηση του χρονοδιακόπτη (Lighting Timer)[34].

```

private void radioButton1_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    sensorTimer.Stop();
    client.Disconnect();
    string ipAddr = ip1.Text + "." + ip2.Text + "." + ip3.Text + "." + ip4.Text;
    string port = portInput.Text;
    if (IsValidIPAddress(ipAddr) == true)
    {
        try
        {
            if (client == null)
                client = new Client(this);

            client.Connect(ipAddr, port);
        }
    }
}

```

```

        catch (SocketException se)
        {
            MessageBox.Show("Unable to Connect.\r\n" + se.ToString());
        }
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Invaild Ip Adress", "Invaild Ip Adress",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
    try
    {
        if (client == null)
            client = new Client(this);
        client.Send(Encoding.GetEncoding(Constant.EncodingFormat).GetBytes("j" + "\n"));
    }
    catch (SocketException se)
    {
        MessageBox.Show("Unable to Connect.\r\n" + se.ToString());
    }
    sensorTimer.Start();
}

```

- Regular buttons

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση των κλασσικών κουμπιών της εφαρμογής ακολουθούν ακριβώς την ίδια λογική με αυτή των radio buttons[34].

- TextBoxes

Η αποτύπωση των τιμών των μετρήσεων μέσα στα text boxes γίνεται με την βοήθεια της μεθόδου FeedBack() η οποία διαχειρίζεται κάθε 2 δευτερόλεπτα τον πίνακα με strings που αποστέλεται ως απάντηση από τον ελεγκτή[34].

Παρακάτω ακολουθεί το συγκεκριμένο απόσπασμα της μεθόδου.

```

string dataFromArduino = text;
string[] valuesArray = dataFromArduino.Split(',');
string Humidity = valuesArray[0];
string Temperature = valuesArray[1];
string Distance = valuesArray[2];
string WaterTemp = valuesArray[3];
string EC = valuesArray[4];
string Photores = valuesArray[5];

```

```

string Humidifier = valuesArray[6];
string Ventilation = valuesArray[7];
string Fan = valuesArray[8];
string LightingFlag = valuesArray[9];
string AutoHumidifierFlag = valuesArray[10];
string Nutrient1 = valuesArray[11];
string Nutrient2 = valuesArray[12];
string Nutrient3 = valuesArray[13];
string Nutrient4 = valuesArray[14];
string PH = valuesArray[15];
string AutoPhFlag = valuesArray[16];

```

```

humidityDisplay.Text = Humidity ;
temperatureDisplay.Text = Temperature ;
distanceDisplay.Text = Distance ;
photoDisplay.Text = WaterTemp ;
ecDisplay.Text = EC ;
phDisplay.Text = PH;

```

Client.cs

Η κλάση περιέχει μεθόδους οι οποίες εκτελούν τις εντολές που προέρχονται από το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής. Οι εντολές αυτές είναι:

- Σύνδεση/Αποσύνδεση[34]

```

public void Connect(string ipAddr, string port)
{
    client = new Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream,
    ProtocolType.Tcp);
    IPEndPoint ipe = new IPEndPoint(IPAddress.Parse(ipAddr),
    Convert.ToInt32(port));
    client.Connect(ipe);

    clientListener = new Thread(OnDataReceived);
    isEndClientListener = false;
    clientListener.Start();
}

public void Disconnect()
{
    if (client != null)
    {
        isEndClientListener = true;
        client.Close();
        client = null;
        clientListener.Abort();
    }
}

```

```
    }  
}
```

- Αποστολή δεδομένων[34]

```
public void Send(byte[] data)  
{  
    if (client != null && data.Length > 0)  
    {  
        try  
        {  
            client.Send(data);  
        }  
        catch (Exception ex)  
        {  
            MessageBox.Show("Invaild credentials", MessageBoxButtons.OK,  
MessageBoxIcon.Error);  
            Disconnect();  
        }  
    }  
    else  
    {  
    }  
}
```

- Λήψη δεδομένων[34]

```
private void OnDataReceived()  
{  
    try  
    {  
        while (!isEndClientListener)  
        {  
            byte[] receiveData = new byte[client.ReceiveBufferSize];  
            client.Receive(receiveData);  
            String data = Encoding.ASCII.GetString(receiveData);  
            form1.FeedBack(data);  
        }  
    }  
    catch (Exception e)  
    {  
    }  
}
```


6 ΤΕΣΤ ΕΥΧΡΗΣΤΙΑΣ

Παρακάτω ακολουθούν δύο σενάρια χρήσης του ελεγκτή ώστε να γίνει αντιληπτός ο τρόπος λειτουργίας αλλά και ο βαθμός ευχρηστίας.

6.1 Σενάριο 1: Παρακολούθηση μετρήσεων μέσω οθόνης LCD

1. Κατά την εκκίνηση του ελεγκτή στην οθόνη εμφανίζεται το αρχικό μενού.



Εικόνα 26: Οθόνη βασικού μενού κατά την εκκίνηση του ελεγκτή

Ο χρήστης καταλαβαίνει εύκολα ότι ο κέρσορας βρίσκεται στην θέση Auto Mode και ότι το μενού συνεχίζεται προς τα κάτω.

2. Πιέζοντας το κουμπί 5 (κάτω) μία φορά ο κέρσορας αλλάζει θέση και μετατοπίζεται προς τα κάτω στην θέση Sensors.



Εικόνα 27: Οθόνη βασικού μενού

3. Πιέζοντας το κουμπί 3 (επιλογή) και ενώ ο κέρσορας βρίσκεται στην θέση Sensors ο χρήστης μεταβαίνει στο υπομενού Sensors.



Εικόνα 28:Οθόνη υπομενού Sensors

4. Από εκεί μπορεί να περιηγηθεί και να επιλέξει μια από τις τέσσερις οθόνες παρακολούθησης αισθητήρων. Πιέζοντας λοιπόν το κουμπί 3 (επιλογή) και ενώ ο κέρσορας βρίσκεται στην θέση Grow Room ο χρήστης μεταβαίνει στην οθόνη παρακολούθησης υγρασίας- θερμοκρασίας χώρου καλλιέργειας.



Εικόνα 29: Οθόνη Grow Room

5. Ενώ ο χρήστης βρίσκεται στην οθόνη Grow Room πατώντας το κουμπί 2 (επιστροφή) επιστρέφει στο υπομενού Sensors.



Εικόνα 30:Μήνυμα επιστροφής στο υπομενού

6. Από εκεί ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την οθόνη Water ώστε να παρακολουθήσει την θερμοκρασία και την στάθμη του νερού.



Εικόνα 31:Οθόνη Water

7. Πιέζοντας το κουμπί 2 (επιστροφή) ο χρήστης ξαναεπιστρέφει στο υπομενού Sensors.



Εικόνα 32:Οθόνη υπομενού Sensors

8. Από εκεί πιέζοντας το κουμπί 5 (κάτω) ο χρήστης συνεχίζει την πλοήγηση στο υπομενού μετακινώντας τον κέρσορα στην θέση EC.



Εικόνα 33:Οθόνη υπομενού Sensors

9. Πιέζοντας το κουμπί 3(επιλογή) και αφού ο κέρσορας βρίσκεται στη θέση EC ο χρήστης μεταβαίνει στην οθόνη EC όπου μπορεί να παρακολουθήσει το επίπεδο αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας.



Εικόνα 34:Οθόνη EC

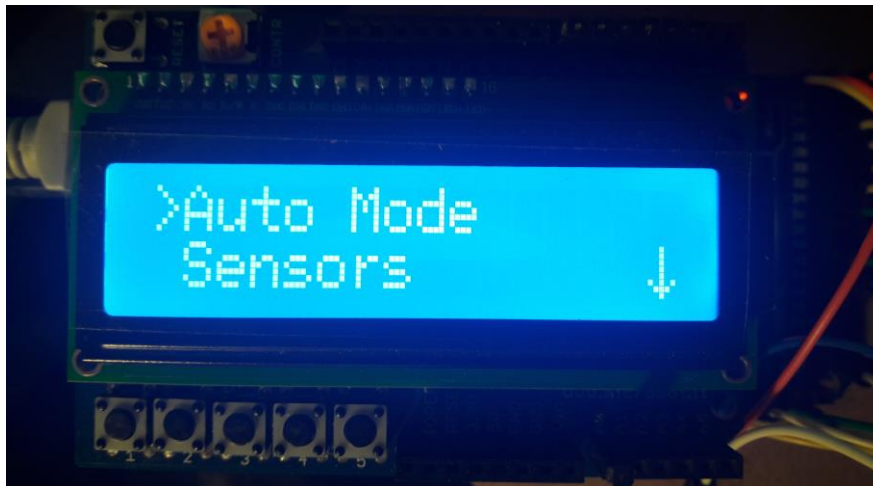
10. Τέλος ακολουθώντας την ίδια διαδικασία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την τελευταία οθόνη για την παρακολούθηση του επιπέδου σκληρότητας του νερού καλλιέργειας.



Εικόνα 35:Οθόνη PH

6.2 Σενάριο 2: Παρακολούθηση μετρήσεων μέσω εφαρμογής

1. Κατά την εκκίνηση του ελεγκτή στην οθόνη εμφανίζεται το αρχικό μενού.



Εικόνα 36:Οθόνη βασικού μενού

2. Ο χρήστης πιέζοντας το κουμπί 3 (επιλογή) και αφού ο κέρσορας βρίσκεται στην θέση Auto Mode ενεργοποιεί την αυτόματη λειτουργία του ελεγκτή.



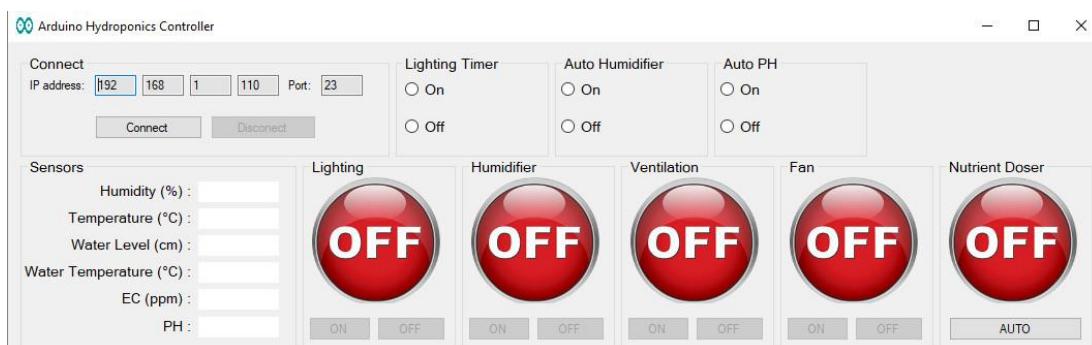
Εικόνα 37: Οθόνη αυτόματης λειτουργίας

3. Με την αυτόματη λειτουργία ενεργοποιημένη ο χρήστης ανοίγει με διπλό κλικ το αρχείο exe της εφαρμογής στον αντίστοιχο υπολογιστή.



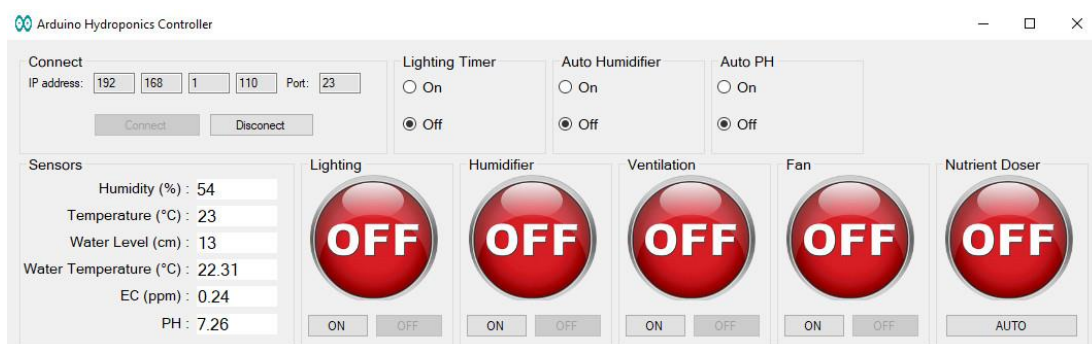
Εικόνα 38:Αρχείο exe

4. Μετά το άνοιγμα του αρχείου exe εμφανίζεται το παράθυρο της εφαρμογής.



Εικόνα 39: Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής χωρίς σύνδεση

5. Ο χρήστης συμπληρώνοντας την σωστή ip και κάνοντας κλικ στο κουμπί Connect συνδέεται με τον μικροελεγκτή.



Εικόνα 40: Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής σε σύνδεση με τον ελεγκτή

6.3 Συμπεράσματα τεστ ευχρηστίας

Το τεστ ευχρηστίας διενεργήθηκε από χρήστη ο οποίος δεν είχε πρότερη επαφή με τον ελεγκτή και του ζητήθηκε να εκτελέσει τα παραπάνω σενάρια. Ο χρήστης ύστερα από ελάχιστη εκπαίδευση εκτέλεσε τα παραπάνω σενάρια με απόλυτη επιτυχία. Τέλος, σχολίασε ότι το γραφικό περιβάλλον τόσο της εφαρμογής όσο και της οθόνης LCD είναι πλήρως κατανοητό και εύχρηστο.

7 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ

Πιθανές μελλοντικές βελτιώσεις οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στον υδροπονικό ελεγκτή είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός και μεταφορά του πρωτότυπου κυκλώματος από το breadboard σε πλακέτα (pcb).
- Μεταφορά δεδομένων από τον ελεγκτή στην εφαρμογή σε μορφή json αντί για string array που χρησιμοποιείται τώρα.
- Δημιουργία web εφαρμογής για τον χειρισμό και παρακολούθηση του υδροπονικού ελεγκτή μέσω tablet και smart phones.
- Αντικατάσταση της θύρας ethernet του ελεγκτή με wifi.
- Αντικατάσταση της οθόνης LCD με οθόνη αφής.
- Προσθήκη περισσότερων ρελέ για την χρήση περισσότερων λιπασμάτων.
- Τροφοδοσία αισθητήρα pH από εξωτερική παροχή για μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων.

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εστίασε στον καλλιεργητικό τομέα της υδροπονίας καθώς και στις παραμέτρους που συντελούν σε μια επιτυχημένη υδροπονική σοδειά. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ενός υδροπονικού ελεγκτή ο οποίος είναι ικανός να διατηρεί τις παραπάνω παραμέτρους στα ιδανικά επίπεδα αυτόματα ή με την παρέμβαση του χρήστη.

Η πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το Arduino Mega καθώς διαθέτει μεγάλο αποθηκευτικό χώρο για την αποθήκευση του λογισμικού και πολλές θέσεις ακροδεκτών για την σύνδεση όλων των περιφερειακών εξαρτημάτων. Ο κώδικας που αφορά το γραφικό περιβάλλον είναι τελείως ξεχωριστός από τον κώδικα που αφορά τους αυτοματισμούς και τον χειρισμό εξαρτημάτων προσφέροντας μεγάλη ευελιξία σε μελλοντικές τροποποιήσεις.

Ο ελεγκτής παρέχει μια μεγάλη γκάμα αυτοματισμών απλοποιώντας σε μεγάλο βαθμό την διαδικασία της υδροπονικής καλλιέργειας εξοικονομώντας από τον χρήστη πολύτιμο χρόνο και χρήμα. Επιπλέον συμβάλει στην μείωση των πιθανοτήτων μιας αποτυχημένης σοδειάς αφού ο χρήστης διαθέτει τον πλήρη έλεγχο της εγκατάστασης. Αυτές οι διευκολύνσεις δίνουν κίνητρο στον οποιονδήποτε να ασχοληθεί με την υδροπονική καλλιέργεια και να έρθει κοντά στην φύση ακόμα και στα αστικά κέντρα.

Τα τεστ που πραγματοποιήθηκαν προσομοιώνοντας πραγματικές καταστάσεις που επικρατούν σε ένα θερμοκήπιο απέδειξαν ότι ο ελεγκτής λειτουργεί σύμφωνα με τις αναμενόμενες προσδοκίες. Στην παρούσα φάση δεν είναι δυνατή η χρήση του για επαγγελματικούς σκοπούς σε μεγάλης έκτασης θερμοκήπια αλλά με στοχευμένες αλλαγές και τροποποιήσεις αυτό καθίσταται δυνατό.

Τέλος το τεστ χρηστικότητας που πραγματοποιήθηκε από χρήστη ο οποίος δεν είχε πρότερη επαφή με τον ελεγκτή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο χειρισμός μέσω οθόνης LCD αλλά και μέσω της εφαρμογής είναι ευκατανόητος και απλός.

9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ευθυμία Καπερόνη, Σχεδιασμός Συστήματος Για Υδροπονική Καλλιέργεια Στα Πλαίσια Διαμερίσματος Πόλης: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Οκτώβριος 2014
- [2] Μάριος Κουτσούκος, Αστικοί Λαχανόκηποι: Κέντρα Δια Βίου Μάθησης/Ε.Α.Π.
- [3] Δρ Δαμιανός Νεοκλέους, Εγχειρίδιο Υδροπονίας Εκπαιδευτικό Κέντρο Υδροπονίας ΙΓΕ: Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος - Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών, Λευκωσία, 2014.
- [4] Κάνδηλα Άννα, Συγκριτική μελέτη τεσσάρων υποστρωμάτων υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Βόλος 2010.
- [5] Υδροπονία: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα[Internet]. Διαθέσιμο από: <http://www.viologika.gr/ydroponiki-info.php>
- [6] Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Υδροπονίας[Internet]. Διαθέσιμο από: <http://gardentalk.gr/%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82/>
- [7] Ορθολογική Διαχείριση Βιοτικών και Αβιοτικών Παραμέτρων σε Υδροπονική Καλλιέργεια Τομάτας και Μαρουλιού – “Hydroflies”[Internet]. Διαθέσιμο από: <http://web.cut.ac.cy/hydroflies/images/stories/hydroflies/documents/erotimatologiokanaloton.pdf>
- [8] Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Υδροπονίας[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://hydroponia.com/hydroponics/advantages/>
- [9] Arduino Mega 2560 Rev3[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [10] Arduino Ethernet Shield V1[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShieldV1>
- [11] LCD Shield for Arduino[Internet]. Διαθέσιμο από: https://www.microbot.it/documents/mr007-005_datasheet.pdf
- [12] Πλακέτα Δοκιμών[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://grobotronics.com/breadboard-400-tie-point-white-half-size.html>
- [13] Temperature and humidity module – DHT 11 Product Manual[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>
- [14] DS18B20 – Programmable Resolution 1Wire Digital Thermometer[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [15] HC-SR04 Ultrasonic Sensor[Internet]. Διαθέσιμο από: http://grobotronics.com/images/companies/1/HC-SR04Users_Manual.pdf
- [16] How to Make a Water Level Indicator with Arduino[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://maker.pro/arduino/projects/ultrasonic-arduino-water-level-indicator>
- [17] DS1307 Real Time Clock Breakout Board Kit[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://learn.adafruit.com/ds1307-real-time-clock-breakout-board-kit/understanding-the-code>
- [18] How to use a Photoresistor[Internet]. Διαθέσιμο από: <http://www.ardumotive.com/how-to-use-a-photoresistor-gr.html>
- [19] PH meter(SKU: SEN0161)[Internet]. Διαθέσιμο από: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))
- [20] Three Dollar EC – PPM Meter[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://hackaday.io/project/7008-fly-wars-a-hackers-solution-to-world-hunger/log/24646-three-dollar-ec-ppm-meter-arduino>
- [21] 8 Channel 5v Relay Module[Internet]. Διαθέσιμο από: http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=8_Channel_5V_Relay_Module
- [22] Δίοδος εκπομπής φωτός[Internet]. Διαθέσιμο από: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AF%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82_%CE%B5%CE%BA%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%AE%CF%82_%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82
- [23] OSNR5134A[Internet]. Διαθέσιμο από: <http://grobotronics.com/images/osnr5134a.pdf?1495708452161>
- [24] Liquid Crystal Library[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>
- [25] Mark Griffiths, The Design and Implementation of a Hydroponics Control System: Oulu University of Applied Sciences, Autumn 2014

- [26] A DHT11 Class for Arduino[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://playground.arduino.cc/Main/DHT11Lib>
- [27] Arduino Library for Maxim Temperature Integrated Circuits[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library>
- [28] Ethernet / Ethernet 2 library[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Ethernet>
- [29] Wire Library[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>
- [30] Dallas Semiconductor's 1-Wire Protocol[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://playground.arduino.cc/Learning/OneWire>
- [31] EEPROM[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>
- [32] ElapsedMillis[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://playground.arduino.cc/Code/ElapsedMillis>
- [33] Arduino Uno Menu Template[Internet]. Διαθέσιμο από: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Uno-Menu-Template/>
- [34] Arduino Ethernet and C#-house temperature monitoring-electrocorner.net[Internet]. Διαθέσιμο από: <https://www.youtube.com/watch?v=jBhmpQEwEvc>

10 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Automation System Development for Controlling Hydroponic Greenhouse

GEORGE KARAMANIS

Dept. of Industrial Design and Production Engineering

University of West Attica

P.Ralli & Thivon 250, Athens, 12244

GREECE

georgioskaramanis@outlook.com

Abstract: The objective of the paper is to create a hydroponic domestic controller that monitors and controls the environmental factors necessary for a successful hydroponic culture. The implementation was held using the Arduino Mega 2560 platform as it has a lot of memory and provides several slots to support screens, sensors, relays and shields. The system gathers data relating to light intensity of the light bulb, humidity and temperature of the greenhouse, temperature, level, conductivity and acidity of the crop mixture and sends them to the Arduino microcontroller. The user via an LCD monitor is able to monitor the above data in real time and manually control the activation and deactivation of the ventilation, fan, lamp, and humidifier of the greenhouse. In addition, he/she is able to define the lowest desired humidity limit, the acidity limits of the mixture, the fertilizers dosings as well as the exact time of activation and deactivation of the culture lamp. The controller undertakes to manage all of the above data and automatically perform specific functions to maintain the cultivation factors related to lamp's operation time, plant nutrition, crop acidity, and room humidity at the desired levels. The controller also provides the ability to store and monitor the maximum and minimum values of environmental factors that occur during operation.

Key-Words: - Hydroponic Domestic Controller, Arduino Mega, Cultivation Factors

1 Introduction

In recent years, a shift to urban agriculture and domestic hydroponic farming has been observed in many European and not only countries. Hydroponics is an excellent technique for such efforts because it provides high quality crops in short periods of time but also in small spaces due to the absence of soil.

This paper focuses on the creation of a system for monitoring and controlling a hydroponic greenhouse. The aim is to give the modern city man an opportunity to grow small quantities of fruit, vegetables and herbs with little financial and time cost.

The controller can be used on larger-scale crops inside or outside a greenhouse with small conversions. At present it is suitable for hydroponic crops in a specially designed greenhouse using a lamp that mimics the sunlight.

For the correct and rapid growth of plants, it is necessary to maintain environmental factors at the correct and permissible levels. More specifically, the controller collects the values of the environmental factors and automatically adjusts to the desired levels the humidity of the growing area, the acidity of the culture water as well as the operation time of the culture lamp. In addition, user is able to select the desired fertilizer dosages and these are automatically

injected into the tank with the touch of a button. The controller also offers the ability to manually activate and deactivate lighting, ventilation, fan and humidifier.

The creation of an inexpensive and open source hydroponic controller gives the motivation of cultivation to everyone since all processes are simpler, faster and more reliable even in houses.

2 Problem Formulation

Monitoring and controlling the environmental factors of a hydroponic culture are two important processes for securing a successful crop. In nowadays, hydroponic controllers are costly and usually deal exclusively with controlling the crop mix ignoring the control of the greenhouse climate. The present controller has been created to circumvent the above problems offering simultaneous climate and mix control at a reasonable cost.

3 Proposed System

The key member of the control system is the Arduino Mega 2560 on which a number of peripheral components and sensors are connected. The microcontroller, after collecting the necessary data

from the sensors, performs the appropriate actions either automatically or at the command of the user.

3.1 Measurements Monitoring

Microcontroller has the ability to capture the collected measurements on an LCD display so that the user can monitor the state of crop in real time. In addition, the user has the ability to monitor the maximum and minimum values of the measurements that occurred during the controller operation.

3.1.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 was chosen to be the heart of the hydroponic controller. It uses the processing power of the ATmega2560 microchip and has 54 digital inputs / outputs and 12 analogue inputs making it ideal for fitting the components of the proposed control system. It can be powered via USB or external power supply. In addition, Arduino Mega has 250 KB of free space for software storage (code) and 4 KB of free space for data storage (EEPROM) [1].



Fig.1 Arduino Mega 2560

3.1.2 Microbot LCD Shield

LCD Shield fits just above the Arduino Mega 2560 allowing the microcontroller to visualize informations. In addition, five push buttons make possible the implementation of projects where the menus appear on the screen and the options are made by the pressure of the buttons [2].

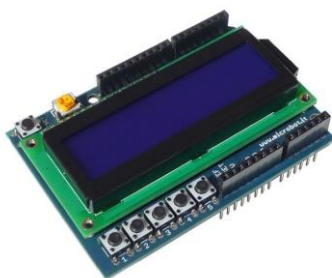


Fig.2 Microbot LCD shield

3.1.3 DHT 11 Sensor

DHT sensor 11 was selected to measure the temperature and humidity of the culture area. It is very easy to use but requires great attention to sampling frequency as it should be greater than 2 seconds. This particularity does not create problems because there are no great fluctuations of temperature and humidity in growing areas [3].

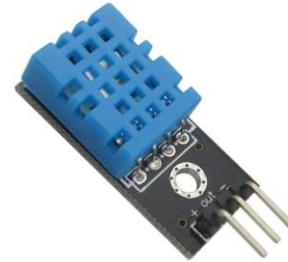


Fig.3 DHT 11 sensor

3.1.4 DS18B20 Sensor

The waterproof version of the DS18B20 sensor was selected to measure the temperature of the culture water. It provides temperature measurements in Celsius and communicates with the microcontroller via the 1-wire bus protocol. It is covered with a plastic housing so it can be immersed into the water and has a 3 m long cable that gives flexibility to the entire construction [4].

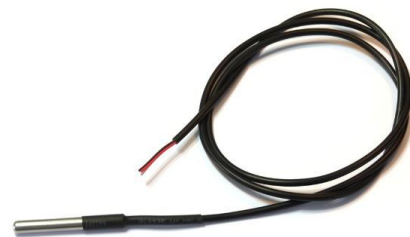


Fig.4 DS18B20 sensor

3.1.5 HC-SR04 Sensor

The HC-SR04 sensor was selected to measure the water level in the cultivation tank. It uses ultrasound to calculate the distance from a body by mimicking the technique of bats and dolphins. An ultrasonic pulse emitted by the sensor impinges on the free surface of the water and returns. The distance between them is determined by measuring the time required for the echo return [5].



Fig.1 HC-SR04 sensor

3.1.6 Tiny RTC I2C

The RTC I2C module was used to preserve the date and time of the hydroponic controller even if it is deactivated. Its function is based on the DS1307 chip which supports the I2C protocol and is powered by a lithium battery (CR1225) [6].



Fig.2 Tiny RTC I2C

3.1.7 Photocell

A simple photocell was used to measure the intensity of the light for checking the ON-OFF status of the cultivation lamp. Essentially photocell is a variable resistance whose value changes depending on the light that falls on it [7].



Fig.3 Photocell

3.1.8 Acidity Sensor (pH)

The analogue, low-cost acidity sensor of Df Robot was used to measure the acidity of the nutrient solution.

It is specially designed to work with Arduino microcontrollers and has its own circuit that connects the sensor to the microcontroller [8].

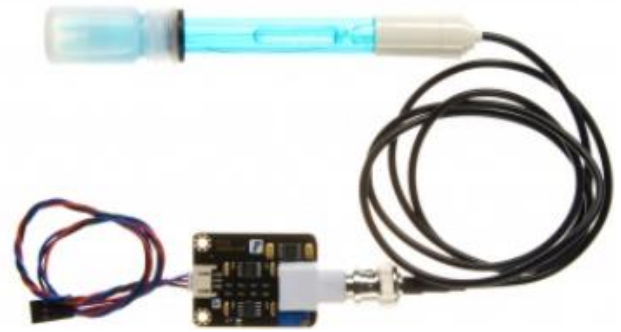


Fig.4 Acidity sensor

3.1.9 Conductivity Sensor (EC)

In order to measure the electrical conductivity of the nutrient solution, no trade sensors were selected due to high cost and thus the diy (do it yourself) option was followed. The constructed sensor is an idea of Michael Ractliffe, consists of a European-type socket, a 500 ohm resistor, a DS18B20 waterproof sensor (already used in the project) and costs only 4 € [9].

3.1.10 Light Emitting Diode (LED)

For visualization of the alarms in addition to the lcd screen, 2 LEDs were also used. LEDs are semiconductors which emit narrow-range light radiation when supplied with an electric voltage in a forward-biased direction. The red led is triggered when a high value is detected in one of the measured quantities while the yellow led is triggered when a low value is detected in one of the measured quantities [10].

3.2 Manual Operations

The user through the controller is able to activate and deactivate on his/her own initiative the lamp, fan, ventilation and humidifier of the greenhouse. He/She has also the ability to activate the automatic fertilizer dosing function after first choosing the desired dosages. The functionality of relay, lamp, fan, vent, humidifier and peristaltic pumps is described below, while the functionality of the parts of chapter 3 remains the same.

3.2.1 8 Channel Relay Module

To control lighting, humidifier, fan, ventilation and 4 metering pumps, an 8-channel board with built-in relays was used. Each of the above controlled devices is individually connected to the respective relay. When a relay is activated, it also closes the corresponding circuit by switching on the corresponding device [11].



Fig.1 8 channel relay module

3.2.2 Cultivation Lamp

Photosynthesis is a necessary biological process for the proper growth of a plant. More specifically, it is the process in which green plants and some other organisms transform light energy into chemical.

Therefore, the key feature of a successful greenhouse crop in enclosed spaces is the cultivation lamps. They are designed for indoor plant cultivation by producing high light output. Many types of bulbs are available in the market such as HPS, Metal Halide, CFL, LED, PL, Lux Meters [12].

3.2.3 Ventilation

For the optimum supply of fresh air to the cultivation chamber it is necessary to use a vent unit. Appropriate units for domestic use must have fire protection, robust performance and small size.



Fig.2 Ventilation

3.2.4 Fan

For the correct air circulation in the growing chamber it is necessary to use a fan. Appropriate units for domestic use must have fire protection, strong performance and relatively small size.

3.2.5 Ultrasonic Humidifier

An ultrasonic humidifier was selected to humidify the culture area. It has a small metal plate that vibrates at an ultrasonic frequency and converts the liquid in which the humidifier is immersed into steam [13].



Fig.3 Ultrasonic humidifier

3.2.6 Peristaltic Pumps

Four peristaltic pumps were selected to transfer the nutrient and buffer solutions from the containers to the cultivation tank. Unlike most liquid pumps, this type squishes the silicone tubing that contains the liquid instead of pushing the liquid itself in one direction. In this way the pump never touches the fluid making it the ideal solution for pumping food or sterile liquids [14].



Fig.4 Peristaltic pump

3.3 Automatic Operations

The algorithms of the hydroponic controller are capable to automatically maintain the moisture of the growing area and the acidity of the crop mixture to the desired levels chosen by the user. In addition, controller is equipped with a timer to activate and deactivate the bulb at certain times selected also by the user.

In particular, the system every ten seconds measures the humidity of the growing area. If the humidity value is lower than the one selected by the user as lower then the humidifier is activated for ten seconds. Right after it is deactivated for ten seconds and if the humidity value is still below the desired level, it will be re-activated. This process is repeated until the value of the humidity exceeds the lower desired user limit.

With regard to automatic adjustment of acidity, the controller measures the acidity of the crop mix at intervals selected by the user. If the value of the acidity is higher than the one selected by the user as maximum, the controller transfers the appropriate buffer fluid to the tank to reduce the acidity. The amount of buffer fluid is selected by the user. The same mechanism is triggered if the controller realizes that the value of the acidity has fallen below the desired level. The process is repeated until the acidity value of the mixture equilibrates between the desired values.

Automations are performed with the help of the appropriate components and sensors discussed in sections 3.1 and 3.2.

4 Operations Software

4.1 Algorithm for Manual Activation /Deactivation of the cultivation lamp

Inputs:

- pValue; Photocell value.

Outputs:

- digitalWrite(RELAY1PIN, LOW); If the bulb is off.
- digitalWrite(RELAY1PIN, HIGH); If the bulb is on.

Algorithm:

1. Start
2. Read pValue from sensor
3. If pValue < 20
then digitalWrite(RELAY1PIN, LOW)
else digitalWrite(RELAY1PIN, HIGH)
4. End

4.2 Algorithm for Manual Activation /Deactivation of the Humidifier

Inputs:

- digitalRead(RELAY2PIN); Pin state

Outputs:

- digitalWrite(RELAY2PIN, LOW); If the humidifier is off.
- digitalWrite(RELAY2PIN, HIGH); If the humidifier is on.

Algorithm:

1. Start
2. Read pin state(0/1)
3. If digitalRead(RELAY2PIN) == LOW
then digitalWrite(RELAY2PIN, HIGH)
else digitalWrite(RELAY2PIN, LOW)
4. End

The algorithms concerning the manual activation / deactivation of ventilation and fan are executed in exactly the same way.

4.3 Algorithm for Automatic Activation /Deactivation of the cultivation lamp

Inputs:

- onHour; Lamp activation hour.
- onMinute; Lamp activation minutes.
- offHour; Lamp deactivation hour.
- offMinute; Lamp deactivation minutes.
- hourValue; Present hour.
- minuteValue; Present minutes.
- secondValue; Present seconds.

Outputs:

- digitalWrite(RELAY1PIN, LOW); If present hour and minutes are equal with activation hour and minutes.
- digitalWrite(RELAY1PIN, HIGH); If present hour and minutes are equal with deactivation hour and minutes.

Algorithm:

1. Start
2. Read present hour, minutes, seconds
3. If ((hourValue == onHour)
and (minuteValue == onMinute)
and (secondValue == 15))
then digitalWrite(RELAY1PIN, LOW);
4. If ((hourValue == offHour)
and (minuteValue == offMinute)
and (secondValue == 15))
then digitalWrite(RELAY1PIN, HIGH);
5. End

4.4 Algorithm for Automatic Activation /Deactivation of the Humidifier

Inputs:

- humidifierSP; Lower humidity level.
- timeElapsedAutoHumidifier; Counter.
- timeElapsedAutoHumidifier1; Counter.
- humidityValue; Humidity value detected by sensor

Outputs:

- digitalWrite(RELAY2PIN, LOW); If the humidity level is below the desired level.
- digitalWrite(RELAY2PIN, HIGH); If the humidity level is above the desired level.

Algorithm:

1. Start
2. If timeElapsedAutoHumidifier > 10000 then
3. Read humidity value from sensor
4. If humidityValue < humidifierSP then
5. If timeElapsedAutoHumidifier1 > 12000 then digitalWrite(RELAY2PIN, LOW);
timeElapsedAutoHumidifier1 = 0 ;
else digitalWrite(RELAY2PIN, HIGH);
6. Else digitalWrite(RELAY2PIN,HIGH);
7. End

4.5 Algorithm for Automatic Acidity Adjustment

Inputs:

- phAutoDose; Duration of pump activation
- maxPhSP; Maximum acidity level.
- minPhSP; Minimum acidity level.
- timeElapsedAutoPh; Counter
- timeElapsedAutoPhCorrector: Counter
- phFinish: Final Acidity Value from Sensor
- phStart: Initial acidity value from sensor
- phData: Read acidity value from sensor
- phFr: Dosage frequency

Outputs:

- digitalWrite(RELAY7PIN, LOW); If the acidity level is below the desired level.
- digitalWrite(RELAY8PIN, LOW); If the acidity level is above the desired level.

Algorithm:

1. Start
2. phAutoCounter = phAutoDose*1000;
3. If timeElapsedAutoPh > phAutoCounter then
4. digitalWrite(RELAY7PIN, HIGH);
5. digitalWrite(RELAY8PIN, HIGH);
6. If timeElapsedAutoPhCorrector > 12000 then
7. Read final acidity value from sensor
8. Absolute difference between final and initial acidity value(absDiff).
9. If absDiff <= 0.01 then

10. If timeElapsedAutoPhCorrector1 > phFr then
11. Read acidity value from sensor
12. If phData < minPhSp then digitalWrite(RELAY7PIN, LOW);
else digitalWrite(RELAY7PIN, HIGH);
13. If phData > maxPhSp then digitalWrite(RELAY8PIN, LOW);
else digitalWrite(RELAY8PIN, HIGH);
14. timeElapsedAutoPhCorrector1 = 0;
15. Read initial acidity value
16. timeElapsedAutoPhCorrector = 0;
17. timeElapsedAutoPh = 0;

4.6 Algorithm for Automatic Dosage

Inputs:

- nut1; Duration of pump1 activation.
- nut2; Duration of pump2 activation.
- nut3; Duration of pump3 activation.
- nut4; Duration of pump4 activation
- timeElapsedNutrients: Counter

Outputs:

- digitalWrite(RELAY4PIN, LOW); If this solution is selected.
- digitalWrite(RELAY6PIN, LOW); If this solution is selected.
- digitalWrite(RELAY7PIN, LOW); If this solution is selected.
- digitalWrite(RELAY8PIN, LOW); If this solution is selected.

Algorithm:

1. Start
2. highCounter1 = nut1*1000;
3. highCounter2 = lowCounter1+(nut2*1000);
4. highCounter3 = lowCounter2+(nut3*1000);
5. highCounter4 = lowCounter3+(nut4*1000);
6. lowCounter1 = highCounter1+1000;
7. lowCounter2 = highCounter2+1000;
8. lowCounter3 = highCounter3+1000;
9. If timeElapsedNutrients < highCounter1 then digitalWrite(RELAY5PIN, LOW);
10. If (timeElapsedNutrients > highCounter1 and timeElapsedNutrients < lowCounter1) then digitalWrite(RELAY5PIN, HIGH);
11. If (timeElapsedNutrients > lowCounter1 and timeElapsedNutrients < highCounter2) then digitalWrite(RELAY6PIN, LOW);
12. If (timeElapsedNutrients > highCounter2 and timeElapsedNutrients < lowCounter2) then digitalWrite(RELAY6PIN, HIGH);
13. If (timeElapsedNutrients > lowCounter2 and timeElapsedNutrients < highCounter3) then digitalWrite(RELAY7PIN, LOW);
14. If (timeElapsedNutrients > highCounter3

- and timeElapsedNutrients < lowCounter3)
 then digitalWrite(RELAY7PIN, HIGH);
15. If (timeElapsedNutrients > lowCounter3
 and timeElapsedNutrients < highCounter4)
 then digitalWrite(RELAY8PIN, LOW);
 16. If timeElapsedNutrients > highCounter4
 then digitalWrite(RELAY8PIN, HIGH);
 17. timeElapsedNutrients=0;

5 Assembly

The cable connection of the hydroponic controller is shown in detail in Figure 13.

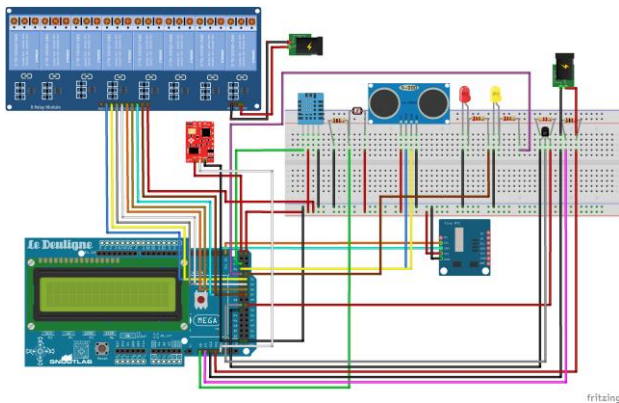


Fig.1 Controller's cable connection

6 Future Improvements

Possible future improvements that can be applied to the hydroponic controller are the following:

1. Design and transfer of the circuit from breadboard to pcb.
2. Creation of a web application for handling and monitoring the hydroponic controller via computer, tablet and smart phone.
3. Replacement of lcd screen with touchscreen
4. Addition of more relays for using more nutrient liquids.
5. Supplying the pH sensor from external power for greater measurement accuracy.

7 Conclusions

In this paper is proposed the construction of a hydroponic controller that is capable of maintaining the cultivation parameters at the ideal levels automatically or by user intervention.

The platform used is Arduino Mega as it has large storage space for software storage and many terminal locations to connect all peripheral components. The code for the graphic environment is completely

separate from the code for automation and component handling, offering great flexibility in future modifications.

The controller offers a wide range of automation systems to greatly simplify the process of hydroponic cultivation saving the user valuable time and money. In addition, it helps to reduce the probability of a failed crop as the user has full control of the greenhouse. These facilities provide an incentive for anyone to engage in hydroponic farming and to come close to nature even in urban centers.

The simulating tests that performed have proven that the controller works according to anticipated expectations. At this stage it cannot be used for commercial purposes in large-scale greenhouses, but with targeted changes and modifications, this can be possible.

Finally, the usability test conducted by a user who did not have previous contact with the controller has come to the conclusion that manipulation via LCD screen is easy and simple.

References:

- [1] Arduino Mega[Internet]. Available from: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [2] LCD Shield for Arduino[Internet]. Available from: https://www.microbot.it/documents/mr007005_datasheet.pdf
- [3] DHT11 Product Manual[Internet]. Available from: <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>
- [4] DS18B20[Internet]. Available from: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [5] HC-SR04 Ultrasonic Sensor[Internet]. Available from: http://grobotronics.com/images/companies/1/HC-SR04Users_Manual.pdf
- [6] DS1307 Real Time Clock Breakout Board Kit Available from: <https://learn.adafruit.com/ds1307-real-time-clock-breakout-board-kit/understanding-the-code>
- [7] Photocell[Internet]. Available from: <http://www.ardumotive.com/how-to-use-a-photoresistor-en.html>
- [8] PH meter(SKU:SEN0161) [Internet]. Available from: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))
- [9] Three Dollar EC-PPM Meter[Internet]. Available from: <https://hackaday.io/project/7008-fly-wars-a-hackers-solution-to-world-hunger/log/24646-three-dollar-ec-ppm-meter-arduino>
- [10] Light Emitting Diode[Internet]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode
- [11] 8 Channel 5v Relay Module[Internet]. Available

from: http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=8_Channel_5V_Relay_Module

- [12] Photosynthesis[Internet]. Available from: <https://el.wikipedia.org/wiki/Photosynthesis>
- [13] How Does an Ultrasonic Humidifier Work?[Internet]. Available from: <http://www.holmesproducts.com/blog/archive/2014/october/how-does-an-ultrasonic-humidifier-work%3F.html>
- [14] Peristaltic pump[Internet]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Peristaltic_pump



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Πρόταση Μεταπτυχιακής Διατριβής

1. Όνομα Φοιτητή: Καραμάνης Γεώργιος
2. Όνομα Επιβλέποντα Καθηγητή: Δρόσος Χρήστος
3. Τίτλος Διατριβής: Ανάπτυξη συστήματος αυτοματισμού για τον έλεγχο υδροπονικού θερμοκηπίου

Title of dissertation: Development of an automation system for the control of hydroponic greenhouse

4. Περίληψη Διατριβής:

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ότι στις περισσότερες Ευρωπαϊκές και όχι μόνο χώρες υπάρχει μια στροφή προς τις οικιακές καλλιέργειες υδροπονικού τύπου. Λόγω αυτής της τάσης έχουν κυκλοφορήσει αρκετοί ελεγκτές υδροπονικών συστημάτων οι οποίοι βέβαια κοστίζουν ακριβά.

Στόχος της διατριβής είναι η δημιουργία ενός οικιακού υδροπονικού ελεγκτή, ο οποίος είναι απλός στην υλοποίηση ώστε να μπορεί ο οποιοσδήποτε να καλλιεργεί λαχανικά και φρούτα ακόμα και μέσα σε διαμερίσματα καταβάλλοντας ελάχιστη προσπάθεια και με μικρό κόστος. Το σύστημα θα παρακολουθεί και θα ελέγχει τα βασικά περιβαλλοντικά συστατικά που απαιτούνται για μια επιτυχημένη υδροπονική σοδειά.

Πιο συγκεκριμένα ο χρήστης μέσω του ελεγκτή θα μπορεί να:

- Παρακολουθεί τα επίπεδα υγρασίας του χώρου καλλιέργειας
- Παρακολουθεί τη θερμοκρασία του χώρου καλλιέργειας
- Παρακολουθεί τη στάθμη του νερού καλλιέργειας
- Παρακολουθεί τη θερμοκρασία του νερού καλλιέργειας
- Παρακολουθεί τα επίπεδα της οξύτητας του νερού καλλιέργειας
- Παρακολουθεί τα επίπεδα της αγωγιμότητας του νερού καλλιέργειας
- Παρακολουθεί την κατάσταση της λάμπας καλλιέργειας (ON-OFF)
- Ελέγχει και ρυθμίζει τον χρόνο λειτουργίας της λάμπας καλλιέργειας
- Ελέγχει και ρυθμίζει την οξύτητα του θρεπτικού διαλύματος (μέσω αυτοματισμού)
- Ελέγχει την εκκίνηση-διακοπή του ανεμιστήρα
- Ελέγχει την εκκίνηση-διακοπή του εξαερισμού
- Ελέγχει και ρυθμίζει το επιθυμητό εύρος υγρασίας (μέσω αυτοματισμού)
- Προετοιμάζει το μείγμα λιπασμάτων που θα χρησιμοποιήσει (μέσω αυτοματισμού)

Η πλατφόρμα που επιλέχθηκε για την υλοποίηση του ελεγκτή είναι το Arduino Mega 2560 καθώς είναι open source, διαθέτει μεγάλη μνήμη και παρέχει αρκετές υποδοχές για να υποστηρίξει οθόνη, αισθητήρες, ρελέ και shields.

Το αντικείμενο της μελέτης, το οποίο εμπίπτει με το Π.Μ.Σ, δεδομένου ότι πραγματεύεται σύγχρονες εφαρμογές ελεγκτών και αισθητηρίων, θα προσπαθήσει να απαντήσει στο ερώτημα εάν τελικά ο άνθρωπος της πόλης είναι σε θέση με μικρό κόστος να κατασκευάσει ένα σύστημα αυτοματισμού και να καλλιεργήσει μέρος των λαχανικών που καταναλώνει σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο μέσα σε ένα διαμέρισμα. Στην Ελλάδα μόλις πρόσφατα έχει ξεκινήσει η λειτουργία τέτοιων υδροπονικών συστημάτων και ακόμα δεν έχουν εξαχθεί αποτελέσματα από την χρήση τους ούτε και έχει γίνει ευρέως γνωστός ο τρόπος λειτουργίας τους.

Το κυρίως μέρος της μελέτης θα επεξηγεί τα κριτήρια σχεδιασμού ενός τέτοιου συστήματος, τα περιφερειακά του εξαρτήματα, τα αισθητήρια καθώς και τον κώδικα που αφορά τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή αλλά και τον κώδικα που αφορά την εφαρμογή σε windows forms για την παρακολούθηση της καλλιέργειας μέσω διαδικτύου. Από όλα τα παραπάνω αναφερθέντα, θα προκύψουν συμπεράσματα για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου στην οικιακή καλλιέργεια, θα συζητηθούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτής και ταυτόχρονα θα προταθούν βελτιστοποιήσεις έτσι ώστε να επεκταθούν περαιτέρω τα οφέλη από την χρήση του συστήματος. Υπολογίζεται ότι η μελέτη θα ολοκληρωθεί εντός 4 μηνών δεδομένου ότι η συλλογή βιβλιογραφίας από το διαδίκτυο θα συνοδεύει από την συγγραφή κώδικα προγραμματισμού. Κατά τον τελευταίο (τέταρτο) μήνα θα πραγματοποιηθεί η συγγραφή της διατριβής και οι διορθώσεις αυτής σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή.

1. Σχέδιο Βαθμολόγησης

• Εισαγωγή	5%
• Βιβλιογραφική Έρευνα	15%
• Σχεδιασμός Ερευνητικής Μεθοδολογίας	10%
• Σχεδίαση Συστήματος	20%
• Ανάπτυξη Συστήματος	15%
• Έλεγχος Λειτουργίας (testing)	5%
• Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	15%
• Συμπεράσματα	5%
• Αυτοαξιολόγηση	5%
• Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	5%

2. Επιτροπή Έγκρισης & Βαθμολόγησης