



**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΤΜΗΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ :
**‘ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ’**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ : ΗΛΙΑΣ ΚΟΣΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΛΟΥΚΑΣ Π. ΚΑΡΑΜΟΥΣΑΝΤΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ.

3. ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ- ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ.

- **ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ.**
- **ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ NFT ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ.**
- **ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.**
- **ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΤΑΪΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ. ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ.**
- **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.**

4. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ.**
- **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ.**
- **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.**
- **ΝΟΤΙΕΣ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΒΟΡΕΙΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.**
- **ΟΡΙΑ.**
- **ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.**

5. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ .**
- **ΤΟ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.**
- **ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ.**
- **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.**
- **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.**
- **ΕΦΑΡΜΟΓΗ.**
- **ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.**

6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MACQU (Management And Control For QUality).

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ.**
- **ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ MACQU .**
 - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 - ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ.
 - ΜΑΚΡΙΝΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ.
 - ΦΙΛΙΚΟ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ.
 - ΔΙΑΓΝΩΣΕΙΣ .
 - ΕΥΣΤΡΟΦΙΑ MACQU .
- **ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ MACQU .**
- **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.**
- **ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ.**
- **ΑΝΟΙΧΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.**
- **ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ.**
 - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ.
 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ.
 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ MACQU.
 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.
- **ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.**
- **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.**
 - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.
 - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ.
 - ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .
 - **ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.**
 - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ..
 - ΠΥΚΝΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.
 - ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΘΡΕΨΗΣ.
 - ΡΙΖΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.
 - ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ.
 - ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.
 - ΟΞΥΤΗΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (pH).
 - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.
 - ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.
 - **ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΚΕΦΑΛΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ).**
 - ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΩΓΟ.
 - **MACQU.**

- **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.**

- *ΘΕΤΟΝΤΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑ*
- *ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ*
- *ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΝΑ ΕΧΟΥΜΕ ΤΗ ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ*
- *ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ*

- **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα οι απαιτήσεις της αγοράς αυξάνουν σε ποιότητα αγροτικών προϊόντων ενώ παράλληλα μειώνεται το περιθώριο κέρδους. Τα παραπάνω οδήγησαν στην χρησιμοποίηση της τεχνολογίας των Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου (Σ.Α.Ε.) για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων, έτσι ώστε τα πλεονεκτήματα από αυτή την χρήση να καταφέρουν να πετύχουν το στόχο, που δεν είναι άλλος από την συνεχή και αλματώδη βελτίωση σε όλα τα επίπεδα των αγροτικών προϊόντων. Παρόλα η χρήση των Σ.Α.Ε. βρίσκεται σε νηπιακό στάδιο στην Ελληνική πράξη και ακολουθεί με βραδείς ρυθμούς λόγω μικρής διάχυσης της τεχνογνωσίας που έχει αποκτηθεί, έλλειψης ενημέρωσης για τα πλεονεκτήματα, σχετικά μικρής βάσης τεχνικής υποστήριξης αλλά και για λόγους χρηματοοικονομικούς, γίνεται πλέον σαφές σε όλους που εμπλέκονται στην διαδικασία για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων πως η χρήση αυτών αποτελεί μονόδρομο για την επιβίωση της Ελλάδας στον έντονο διεθνή και πιεστικό ανταγωνισμό.



Στην Διεθνή αγορά υπάρχουν λίγες εταιρείες που έχουν αναπτύξει τέτοιου είδους συστήματα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιούν αποτελεί επτασφράγιστο μυστικό, για τον απλό λόγο ότι εκείνη η οποία θα επικρατήσει θα επιφέρει και το μεγάλο κέρδος στους εφευρέτες. Πιο συγκεκριμένα τέτοιου είδους εταιρείες υπάρχουν στην Ολλανδία, στην Αμερική, στην Ισπανία και τέλος στο Ισραήλ. Η πιο σημαντική όμως και με το πιο εξελιγμένο λογισμικό αποτελεί μία Ελληνική Εταιρεία, η GEOMATION (Measurement, Control and Management). Η εταιρεία δραστηριοποιήθηκε το 2003 και ιδρύθηκε το 2004 ως τεχνοβλαστός του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και της εταιρείας ΖΗΝΩΝ Α.Ε.

Η επικράτηση μίας Ελληνικής εταιρείας σε αυτό το δύσκολο κομμάτι της Τεχνολογίας οφείλεται σε πολλούς λόγους:

- Στην πλεονεκτική γεωγραφική θέση που κατέχει η Ελλάδα στα Βαλκάνια, που αποτελεί και το κέντρο της Μεσογείου.
- Στην συνεργασία με το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για την εξώριξη τεχνολογίας και τεχνογνωσίας.
- Στο σωστά και πιο πλήρες εξελιγμένο προϊόν σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Πλήρες γκάμα προϊόντων.

Η χρήση των Σ.Α.Ε. στην παραγωγή αγροτικών προϊόντων επιφέρει πολλά πλεονεκτήματα τόσο για τον παραγωγό όσο όμως και για τον καταναλωτή. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι:

- για τον παραγωγό είναι:
 1. οικονομία ενέργειας
 2. μείωση των ζημιών από ασθένειες
 3. καλύτερη ποιότητα παραγωγής
 4. αύξηση παραγωγής

5. μέγιστο δυνατό οικονομικό αποτέλεσμα
6. απομακρυσμένος έλεγχος,

ενώ

- για τον καταναλωτή το όφελή είναι:
1. ποιοτικά προϊόντα
 2. καλύτερο περιβάλλον
 3. υγιεινά προϊόντα
 4. οικονομία φυσικών πόρων

Η χρήση Σ.Α.Ε. στην παραγωγή αγροτικών προϊόντων που έχει μέχρι σήμερα αναπτυχθεί χωρίζεται σε τέσσερις κυρίες κατηγορίες :

1. Αυτόματο ταΐστικό σύστημα ιχθυοτροφείων
2. Σύστημα ελέγχου και διαχείρισης δικτύων άγρευσης και ύδρευσης
3. διαχείριση περιβάλλοντος θερμοκηπίου
4. Έλεγχος υδροπονίας και υδρολίπανσης



Σε αυτό το έγγραφο θα παρουσιάσουμε ότι υπάρχει διαθέσιμο στην βιβλιογραφία για όλα τα παραπάνω, πράγμα που είναι ιδιαίτερα δύσκολο για δύο λόγους. Πρώτος λόγος είναι ότι τα αυτά αποτελούν μυστικά για όλες τις εταιρείες που ασχολούνται για λόγους ανταγωνιστικότητας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι πολλές από αυτές τις κατηγορίες βρίσκονται ακόμα σε στάδιο εξέλιξης με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαθέσιμη βιβλιογραφία.



ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ

Τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα συγκεντρώνουν όλη την σύγχρονη επιστημονική τεχνογνωσία και εξέλιξη με ιδιαίτερο σεβασμό στις ανάγκες των παραγωγικών επιχειρήσεων και του καταναλωτή του νέου αιώνα για

- Ποιότητα και πιστοποίηση
- Μείωση κόστους και ασφάλεια παραγωγής
- Σεβασμό στο περιβάλλον
- Βελτίωση ποιότητας τροφίμων για τον καταναλωτή

και είναι τα εξής:

1. *climate control*: ρυθμιστής κλίματος κτηρίων, θαλάμων συντήρησης και ολοκληρωμένη διαχείριση θερμοκηπίων και ζωοτροφικών μονάδων.
2. *Data loggers*: αυτόνομη λειτουργία (*solar power*) και μετάδοση GPRS.
3. *fish*: σύστημα αυτόματης τροφοδοσίας και διαχείρισης καλλιέργειών.
4. *Gardening*: ολοκληρωμένο σύστημα δικτύων άρδευσης.
5. *mushroom*: ρυθμιστής κλίματος θαλάμων παραγωγήςμανιταριών
6. συστήματα αυτοματισμού κτηνοτροφικών μονάδων.
7. *Hydroponics*: ευφυής και ευέλικτη κεφαλή υδροπονίας για ανοικτά και κλειστά συστήματα.
8. Μετεωρολογικές μετρήσεις: πρόγνωση, έγκαιρη προειδοποίηση και ολοκληρωμένη καταπολέμηση φυτοεχθρών.
9. *Precision Farming*: συστήματα αυτοματισμού και συντονισμού γεωργικών οχημάτων και μηχανημάτων αγρού.
10. Ρομποτική συλλογή αγροτικών προϊόντων.
11. Μηχανές συσκευασίας: πολλαπλασιαστήρια, ιχθυοτροφεία .
12. Θερμοκήπια: εξοπλισμός, κατασκευές.



Το λογισμικό διαχείρισης που χρησιμοποιείται είναι μετρήσεις, επεξεργασία και αποθήκευση μέσω διαδικτύου, παρουσίαση, reports, alarms, customized solutions, τεχνολογία SCADA, remote support, πλήρης προσαρμοστικότητα σε οποιαδήποτε εγκατάσταση και φιλικότητα προς τον χρήστη.

ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ- ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ

• ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ.

Η συσκευή ελέγχου του κλίματος είναι απλής κατασκευής, από απλά ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά μέρη. Όλα τα εξαρτήματα είναι ανθεκτικά στις συνθήκες του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου. Το κόστος επιτρέπει την χρήση από θερμοκήπια πλαστικά κηπευτικών καλλιεργειών μέχρι τα πλέον εξελιγμένα θερμοκήπια ανθοκομικών καλλιεργειών. Λειτουργεί με ειδικό μικροϋπολογιστή ο οποίος εφαρμόζει το πρόγραμμα αδιαλείπτως, σε σύνδεση με υπολογιστή γραφείου ή χωρίς. Ο υπολογιστής-γραφείου χρειάζεται κυρίως για να προσαρμόζει ο χρήστης το πρόγραμμα του μικροϋπολογιστή-θερμοκηπίου, ανάλογα με την επιθυμία του και τις ανάγκες του καλλιεργούμενου φυτού, καθώς και για να παρακολουθεί την κατάσταση (displays). Επίσης ο υπολογιστής μπορεί να συνδέεται με το σπίτι ή το INTERNET. Ο υπολογιστής μετά την αρχική ρύθμιση δεν είναι απαραίτητος για την λειτουργία του συστήματος. Το σύστημα συνεργάζεται και με τη συσκευή Υδροπονίας για την λειτουργία της υδροπονίας, ώστε να είναι η διαχείριση ολοκληρωμένη.

Το σύστημα διαθέτει έτοιμα προγράμματα ελέγχου που ενσωματώνουν τις τελευταίες επιστημονικές εξελίξεις στον έλεγχο ενός θερμοκηπίου. Τα προγράμματα αυτά αφορούν:

- Έλεγχο της θέρμανσης
- Έλεγχο μέχρι 4 set παραθύρων
- Έλεγχο υγρασίας
- Κουρτίνα σκίασης
- Θερμοκουρτίνα
- Φωτισμός και κουρτίνα συσκότισης
- Έλεγχο 002
- Συστήματα υδρονέφωσης - fog.
- panel δροσισμού.
- Δυναμικό αερισμό
- Άρδευση καταιονισμού
- Ψεκαστήρες, θειωτήρες κλπ

Το σύστημα διαθέτει πλήρη σειρά οργάνων μέτρησης όλων των χαρακτηριστικών του κλίματος. Παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης με όλες τις κατηγορίες των αισθητηρίων (θερμοκρασίας, υγρασίας, ηλιοφάνειας, ταχύτητας και κατεύθυνσης ανέμου κτλ) ανεξαρτήτως τύπου (τάσης, έντασης, συχνότητας). Επί πλέον διασυνδέεται εύκολα με υπάρχοντα όργανα ή άλλα εξελιγμένα όργανα (διοξείδιο του άνθρακα, φωτοσύνθεσης κλπ). Ο μικροϋπολογιστής θερμοκηπίου έχει και την δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων για μελλοντική χρήση (data logger).

Εκτός από τα έτοιμα προγράμματα ελέγχου παρέχει την δυνατότητα ακόμα και στον απλό χρήστη με την κατάλληλη βοήθεια και καθοδήγηση, να διαμορφώσει τα δικά του προγράμματα ελέγχου και διαχείρισης, προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες ανάγκες της κάθε καλλιέργειας. Είναι ένα ανοικτό σύστημα ώστε εκτός από τα γνωστά προγράμματα ελέγχου να δίνει την δυνατότητα για την εύκολη υλοποίηση άλλων λογικών ή χρήση μη προβλεπόμενων συσκευών (πχ θειωτήρες, ψεκαστήρες κλπ).

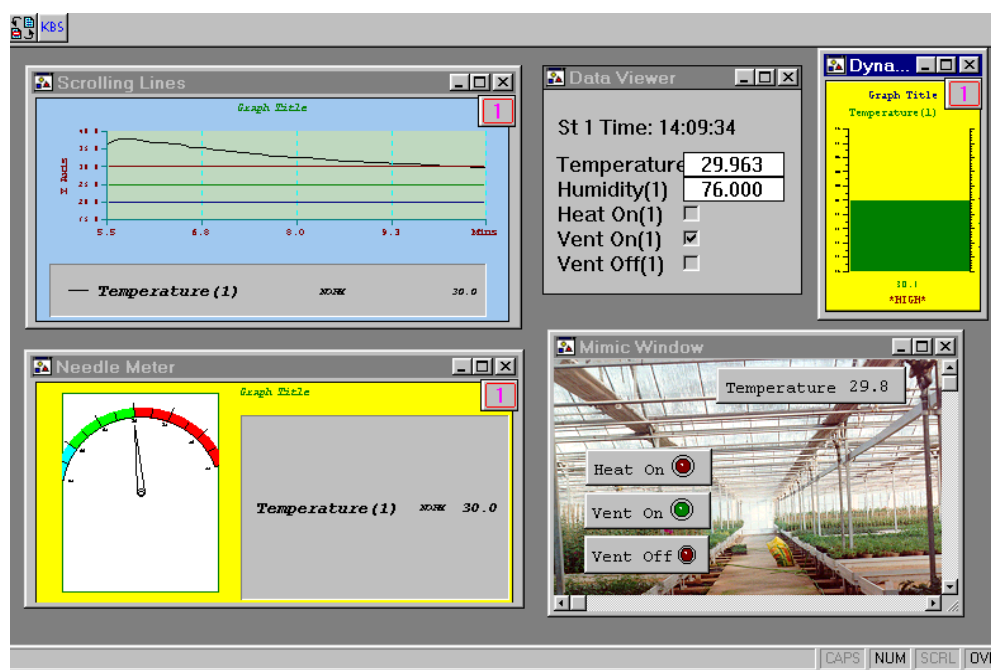
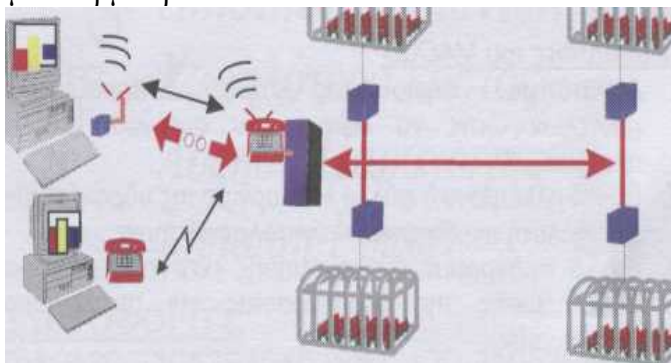


Το σύστημα διακρίνεται για την επεκτασιμότητά του, την ευελιξία του και την φιλικότητα προς το χρήστη. Η επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα γίνεται μέσα από απλούς διάλογους που τον καθοδηγούν στον ορισμό των παραμέτρων λειτουργίας (set-points). Στην περίπτωση λανθασμένων επιλογών το σύστημα αντιδρά και συμβουλεύει τον χρήστη.

Έχει την δυνατότητα να βγάζει συμπεράσματα και να συμβουλεύει τον χρήστη για την λήψη μέτρων. Σε ιδιαίτερες καταστάσεις ενεργοποιείται ο κατάλληλος συναγερμός (το σύστημα είναι εφοδιασμένο με διάφορα ενδεικτικά και alarm)

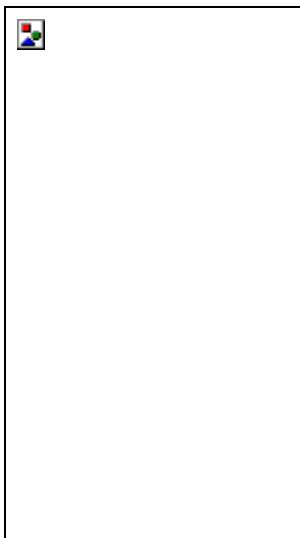
Επιπλέον το σύστημα διακρίνεται για :

1. Δυνατότητα δημιουργίας αυτοπροσαρμοζόμενων μοντέλων ώστε να λειτουργούν αυτόνομα και με ακρίβεια.
2. Ειδικό ηλεκτρονικό φύλλο λειτουργίας της υδρονέφωσης με απόλυτη ακρίβεια για πολλαπλασιαστήρια.
3. Ειδικό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση ολοκλήρωσης της θερμοκρασίας και υπολογισμού θερμοωρών.
4. Ειδικό πρόγραμμα λειτουργίας πολλών πηγών και συστημάτων θέρμανσης για καλύτερη κατανομή της θερμοκρασίας και οικονομία ενέργειας.
5. Ειδικό πρόγραμμα συμπληρωματικού φωτισμού.
6. Ο χρήστης διαλέγει τον τρόπο, με τον οποίο θέλει να παρακολουθεί την κατάσταση.
7. Μπορούν να συνδεθούν μέχρι και 100 θερμοκήπια. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση του συστήματος μπορεί να γίνει από το γραφείο ή το σπίτι.
8. Δυνατότητα άμεσης δημιουργίας προγραμμάτων ελέγχου άρδευσης, υδρολίπανσης, υδροπονίας κλπ, σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη



- **ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ NFT ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ.**

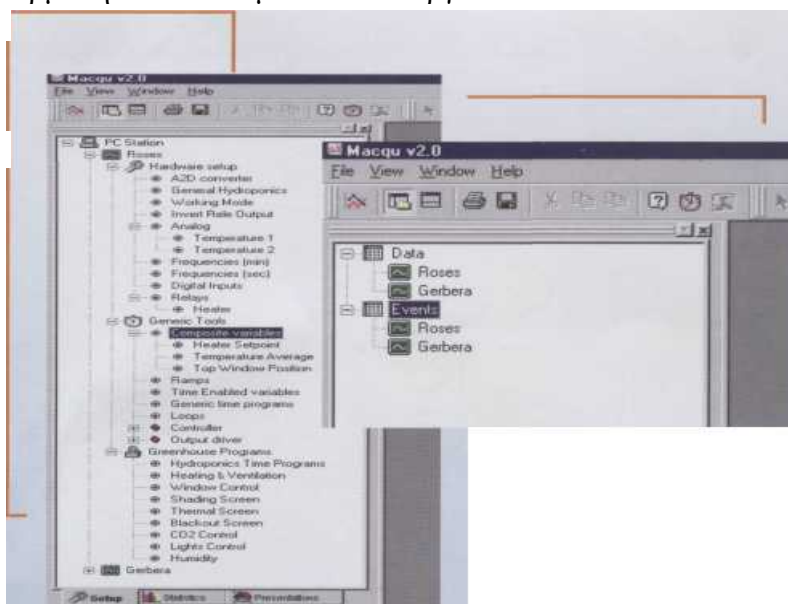
Η συσκευή Υδροπονίας είναι απλής κατασκευής, έχει ελάχιστα κινητά μέρη, και όλα τα εξαρτήματα είναι ανθεκτικά σε τοξικά υγρά. Αποτελείται από την κεφαλή άρδευσης (αναμικτική δεξαμενή, σύστημα αναρρόφησης λιπασμάτων τύπου venturi, αισθητήρια) και από το ηλεκτρονικό και ηλεκτρολογικό σύστημα (controler). Το venturi εξασφαλίζει μεγάλη ακρίβεια στη δοσομέτρηση λιπασμάτων, της τάξεως του 3%.



Το υδροπονικό σύστημα λειτουργεί με ειδικό μικρο-υπολογιστή ο οποίος εφαρμόζει το πρόγραμμα αδιαλείπτως, σε σύνδεση ή όχι με ηλεκτρονικό υπολογιστή γραφείου. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής χρειάζεται κυρίως για να προσαρμόζει ο χρήστης το πρόγραμμα του μικρουπολογιστή, ανάλογα με τις επιθυμίες του και τις ανάγκες του καλλιεργούμενου φυτού, καθώς και για να παρακολουθεί την κατάσταση μέσα στο θερμοκήπιο (displays). Ο υπολογιστής μετά την αρχική ρύθμιση δεν είναι απαραίτητος για τη λειτουργία του υδροπονικού συστήματος. Οι ρυθμίσεις μπορούν να γίνονται και με κομβία που υπάρχουν πάνω στη συσκευή, χωρίς τη χρήση υπολογιστή. Τέλος, ο υπολογιστής μπορεί να συνδέεται με το σπίτι ή το INTERNET.

Το σύστημα συνεργάζεται και με μικροϋπολογιστή για το κλίμα, ώστε να είναι πλήρης η διαχείριση του θερμοκηπίου.

Το κόστος της συσκευής επιτρέπει τη χρήση της σε όλους τους τύπους θερμοκηπίων, από τα πλαστικά θερμοκήπια κηπευτικών καλλιεργειών μέχρι τα πλέον εξελιγμένα θερμοκήπια ανθοκομικών καλλιεργειών.



Η εφαρμογή SCADA δίνει την δυνατότητα αυτοματισμού του κλίματος και της υδρολίπανσης.

Το σύστημα δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης μέσω Ίντερνετ και μέσω κάμερας προκειμένου να παρέχεται πλήρης εικόνα του εσωτερικού του ελεγχόμενου χώρου στο χρήστη.



Το σύστημα λειτουργεί σε ανοικτά και κλειστά συστήματα άρδευσης. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι :

1. ΑΡΔΕΥΣΗ

- Το πρόγραμμα άρδευσης μπορεί να εκτελείται:
- Ανά τακτά χρονικά διαστήματα (πρόγραμμα εβδομάδας με ακρίβεια δευτερολέπτου).
- Όταν η υγρασία του εδάφους ή του υποστρώματος μειωθεί σε ένα όριο (με αισθητήρα υγρασίας εδάφους).
- Με χρήση μοντέλου απωλειών νερού.
- Με σταθερό ποσοστό απορροής (ειδικός μετρητής).

2. ΘΡΕΨΗ

- Η αγωγιμότητα του διαλύματος μπορεί να μεταβάλλεται συναρτήσει των καιρικών συνθηκών.
- Η αναλογία των λιπασμάτων της συνταγής μπορεί να μεταβάλλεται με την ακτινοβολία, ώστε η θρέψη να καλύπτει ακριβώς τις ανάγκες για υψηλή ποιότητα.
- Δυνατότητα μέτρησης της αγωγιμότητας απορροής για ρύθμιση της άρδευσης και της απόπλυσης.
- Η συνταγή προσαρμόζεται αυτόματα στην περίπτωση της ανακύκλωσης με αλατούχο νερό.

3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ

- Η ακρίβεια στην τελική συγκέντρωση λιπασμάτων (αγωγιμότητα) είναι καλύτερη από 2%, χάρις στο πολυβεντούρι.
- Απόλυτα σταθερή EC και pH στην αρχή και καθ' όλη τη διάρκεια της άρδευσης, με ειδικό πρόγραμμα ελέγχου.

- Όλα τα εξαρτήματα που έρχονται σε επαφή με τα πυκνά λιπάσματα είναι από PVC και εξασφαλίζουν μεγάλη διάρκεια ζωής και ακρίβεια στην λειτουργία.

Οι δυνατότητες του συστήματος είναι:

- Συνεχής έλεγχος μέχρι και 10 διαφορετικών προγραμμάτων υδροπονίας.
- Χρήση μέχρι και 10 δεξαμενών πυκνών λιπασμάτων και οξέος (ή βάσης).
- Διπλά αισθητήρια αγωγιμότητας και pH για ασφάλεια και αυτοέλεγχο.
- Επιλέξιμη αυτόματη ολιγόλεπτη απόπλυση μετά το τέλος της άρδευσης με καθαρό νερό (ή και οξύ).
- Ρύθμιση της ποσότητας άρδευσης για ελάχιστη κατανάλωση νερού και λιπασμάτων.
- Ρύθμιση της συχνότητας άρδευσης ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.
- Δυνατότητα αδειάσματος της ανάμικτης δεξαμενής στην έναρξη ή το πέρας της άρδευσης.
- Λειτουργία και σε κλειστό σύστημα (ανακύκλωση) για ελάχιστους ρύπους στο έδαφος.
- Ενσωματωμένη ανάμικτη δεξαμενή 40 lt.
- Ενσωματωμένη ανοξείδωτη αντλία άρδευσης. Επιλογή από 5 m³ μέχρι 30 m³ και 4 atm.
- Υποστήριξη μέχρι και 56 γραμμών άρδευσης.
- Διακόπτες χειροκίνητης λειτουργίας σε όλα τα εξαρτήματα και τις γραμμές άρδευσης.
- Διάφορα alarm σε περίπτωση δυσλειτουργίας του συστήματος.

• ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Το Σύστημα Ελέγχου και Διαχείρισης των Δικτύων Άρδευσης και Ύδρευσης προκαλεί βελτιστοποίηση στη χρήση των υδάτινων πόρων, ακριβής υπολογισμός αναγκών, προσαρμοζόμενα χρονοπρογράμματα διαχείριση διαθεσιμότητας νερού (πηγές, γεωτρήσεις, ρυάκια κ.λ.π.) και έλεγχος του δικτύου για σωστή λειτουργία.

- Τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι :
- Κατανομημένος έλεγχος ευρύτερες περιοχής.
- Αυτόματος υπολογισμός αναγκών με νευρωνικό δίκτυο.
- Προσαρμογή/αντιστάθμιση μετεωρολογικών συνθηκών.
- Δυνατότητα υδρολιπάνσεων.
- Έλεγχο του δικτύου (πιέσεις, παροχές, αντλίες κ., Λ
- Λειτουργία όλων των τύπων βανών.

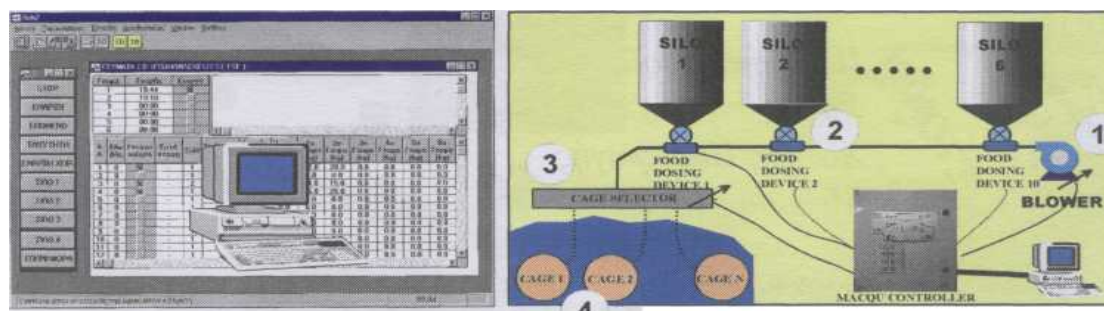
• ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΤΑΪΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ.

Το αυτόματο ταϊστικό σύστημα ιχθυοτροφείων λειτουργεί ως εξής: για κάθε κλωβό επιλέγεται το σιλό που περιέχει την κατάλληλη τροφή, ο ρυθμός τροφοδοσίας καθώς και η ποσότητα της τροφής. Παρέχεται η δυνατότητα έξι γευμάτων κάθε μέρα. Η επιλογή του σιλό τροφής γίνεται ανάλογα με την ηλικία του ψαριού και η προσαρμογή του ρυθμού τροφοδοσίας ανάλογα με τον ρυθμό κατανάλωσης.

Τα αποτελέσματα του συστήματος είναι:

- Εξοικονόμηση τροφής
- Δραστική μείωση του κόστους διανομής τροφής

- Συνεχής λειτουργία της τροφοδοσίας
- ανεξάρτητα των καιρικών συνθηκών ρύθμιση βάρους ψαριών, ενώ οι δυνατότητες του συστήματος είναι :
- τροφοδοσία με τον κατάλληλο ρυθμό
- καταγραφή της παρεχόμενης τροφής ημερησίως
- στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της τροφοδοσίας
- επιλογή αυτόματης ή χειροκίνητης λειτουργίας
- επέμβαση με εντολές μέσω ασύρματου τηλεχειριστηρίου
- εγκατάσταση επίγεια ή σε επιπλέουσα πλατφόρμα
- μέχρι 6 διαφορετικά σιλό τροφής
- προσαρμογή ανάλογα με την θερμοκρασία νερού
- προσαρμογή γεύματος ανάλογα με την κατανάλωση.



σχηματική αναπαράσταση του συστήματος



Μερική άποψη του εξοπλισμού (φουσητήρας και δοσομετρητές)



Επιλογέας κλωβών περιστροφικού τύπου

• ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το σύστημα διαθέτει έτοιμα προγράμματα ελέγχου που ενσωματώνουν τις τελευταίες επιστημονικές εξελίξεις στον έλεγχο ενός θερμοκηπίου για ολοκληρωμένη διαχείριση. Τα προγράμματα αυτά αφορούν:

- Έλεγχο της θέρμανσης
- Έλεγχο μέχρι 4 set παραθύρων
- Έλεγχο υγρασίας
- Κουρτίνα σκίασης
- Θερμοκουρτίνα
- Φωτισμός και κουρτίνα συσκότισης
- Έλεγχο CO₂

- Συστήματα υδρονέφωσης - FOG
- Panel δροσισμού
- Δυναμικό αερισμό
- Αρδευση καταιωνισμού
- Ψεκαστήρες, θειωτήρες κ.λ.π.
- Ευέλικτα προγράμματα για νέες ανάγκες
- Προσαρμογή σε νέες απαιτήσεις



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία της πληροφορικής έχει κάνει ιδιαίτερα αισθητή την παρουσία της στο χώρο της γεωργίας με ιδιαίτερη έμφαση στον κλάδο των θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Με τις εφαρμογές στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να επεμβαίνει και να ελέγχει, τις συνθήκες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, την άρδευση ή την υδροπονία καθώς και άλλες παραμέτρους του περιβάλλοντος ενός θερμοκηπίου, ώστε να επιτύχει χρονισμό και βελτίωση στην ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής. Με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, ειδικών προγραμμάτων διαχείρισης και ελέγχου του θερμοκηπίου καθώς και την ύπαρξη αυτοματοποιημένων συστημάτων θέρμανσης, αερισμού, άρδευσης, λίπανσης και ψύξης, ο παραγωγός είναι σε θέση να ελέγχει τις λειτουργίες του θερμοκηπίου με απόλυτα αξιόπιστο τρόπο. Η λογική ελέγχου είναι πλέον αρκετά έξυπνη ώστε να οδηγεί σε βελτιστοποίηση του αποτελέσματος.

Η εμπορική προστατευμένη δενδροκηποκομία (λαχανικά, λουλούδια περικοπών και διακοσμητικά φυτά γλαστρών) εμφανίστηκε πρώτα στη βόρεια Ευρώπη στις πρόωρες δεκαετίες τελευταίου αιώνα και αναπτύχθηκε ευρέως μετά από 2^ο παγκόσμιο πόλεμο. Με τη χρησιμοποίηση των θερμαινόμενων θερμοκηπίων που εξοπλίστηκαν στην συνέχεια με τα περίπλοκα συστήματα καλλιέργειας, οι καλλιεργητές σκόπευαν να υπερνικήσουν το πρόβλημα της θέρμανσης κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου μέρους του έτους. Μετά από την εμφάνιση των πλαστικών στις αρχές της δεκαετίας του '60, οι συγκομιδές θερμοκηπίων άρχισαν να κινούνται προς τις ήπιες χειμερινές περιοχές όπως οι περιοχές της Μεσογείου (ειδικότερα, Ιταλία, Ισπανία και Μαρόκο).

Οι προστατευμένες συγκομιδές χρησιμοποιούνται κατά ένα μεγάλο μέρος στην Ιαπωνία και πρόσφατα, επεκτάθηκαν και σε άλλες ασιατικές χώρες όπως την Ινδία, την Κορέα και τέλος σε μεγάλη έκταση στην Κίνα. Η άνοδος στις τιμές του πετρελαίου στη δεκαετία του '70, που αύξησε τις δαπάνες θέρμανσης, ενίσχυσε περαιτέρω τη διάχυση των συγκομιδών θερμοκηπίων στις νότιες χώρες.

Η τεράστια αύξηση της παγκόσμιας προστατευμένης δενδροκηποκομίας στην τελευταία δεκαετία (συνολικά, ο τομέας έχει αυξηθεί κατά 30-40% από το 1991) είναι το αποτέλεσμα τριών κύριων παραγόντων. Αρχικά, η απαίτηση των υψηλής ποιότητας εκτός εποχής φυτοκομικών προϊόντων, που περιλαμβάνουν έξω- της εποχής και των εξωτικών προϊόντων (όχι μόνο τρόφιμα!) έχει αυξηθεί ουσιαστικά, ιδιαίτερα στην Ευρώπη.

Αφετέρου, η βελτιωμένη τεχνολογία στην μεταφοράς και στην αποθήκευση των παραγομένων προϊόντων έχει επιτρέψει την παραγωγή σε περιοχές μακριά από τις κυρίες αγορές και την εμπορευματοποίηση πολλών προϊόντων καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου.

Τρίτον, η βιομηχανία θερμοκηπίων μπορεί να οδηγήσει στην οικονομική ανάπτυξη των απομακρυσμένων περιοχών με ήπιο χειμερινό κλίμα, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί σωστά και αποδοτικά όλους τους πόρους, όπως το έδαφος, την εργασία και το νερό.

Η περίπτωση της Αλμερία στην Ισπανία με περισσότερα από 30.000 εκτάρια των πλαστικών θερμοκηπίων (η μεγαλύτερη συγκέντρωση των θερμοκηπίων στη Μεσογείου) είναι σημαντική. Η προστατευμένη δενδροκηποκομία είναι αρμόδια για την καταπληκτική οικονομική ανάπτυξη αυτής της επαρχίας τα τελευταία 20 χρόνια

και παρέχει τώρα την απασχόληση σε περισσότερους από 80.000 ανθρώπους και παράγει κατά προσέγγιση 40% του ακαθάριστου επαρχιακού προϊόντος.



Η δορυφορική εικόνα των προστατευμένων συγκομιδών που βρίσκονται στην Αλμερία (Ισπανία).



Πλαστικά θερμοκήπια (Σικελία, Ιταλία) στη δεκαετία του '60

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ

Εάν η επέκτασή της είναι σίγουρη, τα αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία της προστατευμένης δενδροκηποκομίας σε παγκόσμιο επίπεδο είναι αρκετά δύσκολο να βρεθούν, δεδομένου ότι ο τομέας είναι αρκετά δυναμικός και αλλάζει γρήγορα. Επιπλέον, σε πολλές χώρες δεν υπάρχει κεντρικό συμβούλιο υπεύθυνο για την καταγραφή της επιφάνειας των προστατευμένων συγκομιδών και τα στοιχεία παρέχονται γενικά από πολλές πηγές (ενώσεις καλλιεργητών, δημόσιος οργανισμός....), συχνά λίγη συνέπεια. Εντούτοις, σύμφωνα με μια από τις πιο πρόσφατες και περιεκτικές εκθέσεις (Jouet, 2001), μέχρι το τέλος της τελευταίας χιλιετίας σχεδόν 700.000 εκτάρια καλύφθηκαν από τα θερμοκήπια και τις μεγάλες σήραγγες (ο πίνακας 2) και σχεδόν ένα άλλα εκατομμύρια από τα εκτάρια είναι καλλιεργημένοι χρησιμοποιώντας τις χαμηλές σήραγγες ή κατευθύνουν τις καλύψεις. Εντούτοις, αυτή η αξία δεν εξετάζει την αρκετά πρόσφατη έκρηξη της βιομηχανίας θερμοκηπίων στην Κίνα, η οποία έχει τώρα περισσότερα από 800.000 εκτάρια θερμοκηπίων. Επομένως, ένας πολύ πρόχειρος αριθμός περίπου 2 εκατομμυρίων εκταρίων θα μπορούσε να δοθεί για την παγκόσμια προστατευμένη δενδροκηποκομία.

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Εκτάρια	Χώρες με τη μεγαλύτερη επιφάνεια των θερμοκηπίων
Αφρική	27,000	Μαρόκο, Αλγερία
Μέση Ανατολή	28,000	Τουρκία, Ισραήλ,
Βόρεια Αμερική	9,850	ΗΠΑ
Λατινική Αμερική	12,500	Κολομβία, Ισημερινός, Μεξικό
Ασία	450,000	Κίνα, Ιαπωνία
Δυτική Ευρώπη	140,000	Ισπανία, Ιταλία, Γαλλία, Κάτω Χώρες
Ανατολική Ευρώπη	14,700	Ουγγαρία, Τσεχίες, Πολωνία
Κόσμος	682,050	

Παγκόσμια επιφάνεια για το θερμοκήπιο και τις μεγάλες πλαστικές σήραγγες. Οι τιμές αναφέρονται σε 1999.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Διαφορετικά είδη προστασίας χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο για την ανάπτυξη των λαχανικών, λουλουδιών, φυτά γλαστρών, υλικά διάδοσης (σπορόφυτα, ριζοβολημένα μοσχεύματα, κ.λπ....) και συγκομιδές φρούτων επίσης. Σύμφωνα με Tognoni et al (1999), οι τρεις κύριοι τύποι θερμοκηπίων μπορούν να προσδιοριστούν, ως εξής:

1. *Θερμοκήπια χαμηλής-τεχνολογίας (LTG).*

Το κόστος επένδυσης είναι χαμηλότερο από 25-30 €/m². Το LTG έχει την πιο απλή δομή κάλυψης, με πλαστικό και πολύ συχνά, το σύστημα θέρμανσης

έλλειψης. Τα λαχανικά και τα χαμηλής αξίας λουλούδια περικοπών αυξάνονται κάτω από αυτό το είδος καταφυγίων με τις απλές αυξανόμενες μεθόδους που είναι παρόμοιες ή ίδιες όπως εκείνοι που χρησιμοποιούνται στον ανοικτό τομέα.

2. Θερμοκήπια μέσης-τεχνολογίας (MTG).

Το κόστος επένδυσης κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 €/m². Τα MTG κατασκευάζονται από μεταλλικούς σκελετούς καλυμμένους από πλαστικό και γυαλί ως κάλυψη των υλικών. Ο έλεγχος κλίματος είναι αποδοτικότερος έναντι του LTG και το εσωτερικό περιβάλλον είναι σχετικά ανεξάρτητο από το εξωτερικό. Οι πιο προηγμένες αυξανόμενες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένου και της υδροπονίας χρησιμοποιούνται σε MTG, όπου πολλές διαδικασίες είναι μερικώς ή πλήρως αυτοματοποιημένες. Τα MTG είναι αρκετά εύκαμπτα από τεχνική άποψης και χρησιμοποιούνται για λαχανικά εκτός αποχής, τα μεγάλης αξίας λουλούδια (τριαντάφυλλα, π.χ.) και τα διακοσμητικά φυτά γλαστρών.

3. Θερμοκήπια υψηλής τεχνολογίας (HTG).

Η επένδυση είναι υψηλότερη από 100 €/m² και μπορεί να φθάσει σε 200 €/m² ή και περισσότερο. Τα HTG χτίζονται από γαλβανισμένα υλικά καλυπτόμενα από γυαλί. Στα HTG ο έλεγχος του κλίματος γίνεται με ένα πολύπλοκο τρόπο χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα θέρμανση ρίζας, τεχνητό εξαερισμό, εξατμιστική ψύξη, έλεγχο της υγρασίας, στη βελτίωση του φωτός (σκίαση και τεχνητός φωτισμός) και στον εμπλουτισμό διοξειδίου του άνθρακα. Κατά συνέπεια, το εσωτερικό κλίμα μπορεί να είναι απολύτως ανεξάρτητο από υπαίθρια. Σε HTG η τεχνολογία χρησιμοποιείται για να ελαχιστοποιηθεί η χειρονακτική εργασία.

NOTIES ENANTION BOREIES BIOMHXANIES ΘΕΡΜΙΚΗΠΙΩΝ.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η διανομή των καλλιεργειών θερμοκηπίων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως οι κλιματολογικοί, κοινωνικοί και οικονομικοί όροι του χώρου παραγωγής καθώς επίσης και οι συγκεκριμένες απαιτήσεις της συγκομιδής. Τα βασικά στοιχεία που εξετάζονται είναι οι δαπάνες παραγωγής (συμπεριλαμβανομένων εκείνων για το μάρκετινγκ), η στάση του απέναντι στη μεταφορά, η απόσταση από τις κύριες αγορές, η διαθεσιμότητα των πόρων, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας και του ύδατος και φυσικά η αύξηση της τεχνολογίας. Από αυτή την άποψη, υπάρχει διάκριση μεταξύ των βόρειων και νότιων χωρών (ο τελευταίος συμπεριλαμβανομένου του MED και των περισσότερων από τις ασιατικές χώρες) (βλέπε πίνακα), και μεταξύ των φτωχών, πλούσιων και ενδιάμεσων συγκομιδών.

Οι βόρειες χώρες είναι κοντά στις κύριες αγορές και αυτό μειώνει τις δαπάνες μεταφορών και μάρκετινγκ εντούτοις, το κόστος της μονάδας παραγωγής είναι αρκετά υψηλό λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης. Τα τελευταία επηρεάζονται συνήθως από τις υπερβολικές σε ενέργεια ανάγκες για τη θέρμανση και το υψηλό κόστος της εργασίας, το οποίο είναι επίσης δύσκολο να προσδιοριστεί. Επιπλέον, η πολιτική για το περιβάλλον που αναπτύσσεται από τις τοπικές και κεντρικές κυβερνήσεις κάνει δυσκολότερη και ακριβότερη την ολόκληρη της διαδικασίας παραγωγής.

Στο νότο, οι δαπάνες παραγωγής μειώνονται έναντι του Βορρά χάρη στο χαμηλότερο κόστος του εδάφους, της εργασίας και των καταφυγίων. Επιπλέον, υπάρχουν λιγότεροι περιβαλλοντικοί περιορισμοί ή, τουλάχιστον, υπάρχει ένας λιγότερο έλεγχος από τις δημόσιες αρχές. Εντούτοις, το κόστος μεταφορών είναι πολύ υψηλότερο και για τα λαχανικά η επίπτωσή που μπορεί να φθάσει μέχρι περισσότερο από 50% του γενικού κόστους, έναντι 20-25% για τις βόρειες

παραγωγές της Ευρώπης. Τέλος, πολλές περιοχές με όλο και περισσότερο πρόβλημα από της έλλειψης και την αλάτωσης του ύδατος.

	Βορράς	Νότος
Απόσταση από την αγορά	Μικρός	Μεγάλος
Αυξανόμενη τεχνολογία	Μέσο - υψηλό	Χαμηλός - μέσο
Δαπάνες επένδυσης	Υψηλός	Χαμηλός
Τρέχουσες δαπάνες	Υψηλός	Χαμηλός
Περιβαλλοντικοί περιορισμοί	Πολλοί	Λίγοι
Ενεργειακές ανάγκες	Υψηλός	Χαμηλός
Διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού	Μικρός	Large
Κόστος εργασίας	Υψηλός	Χαμηλός
Κόστος για τη μονάδα παραγωγής	Υψηλός	Χαμηλός

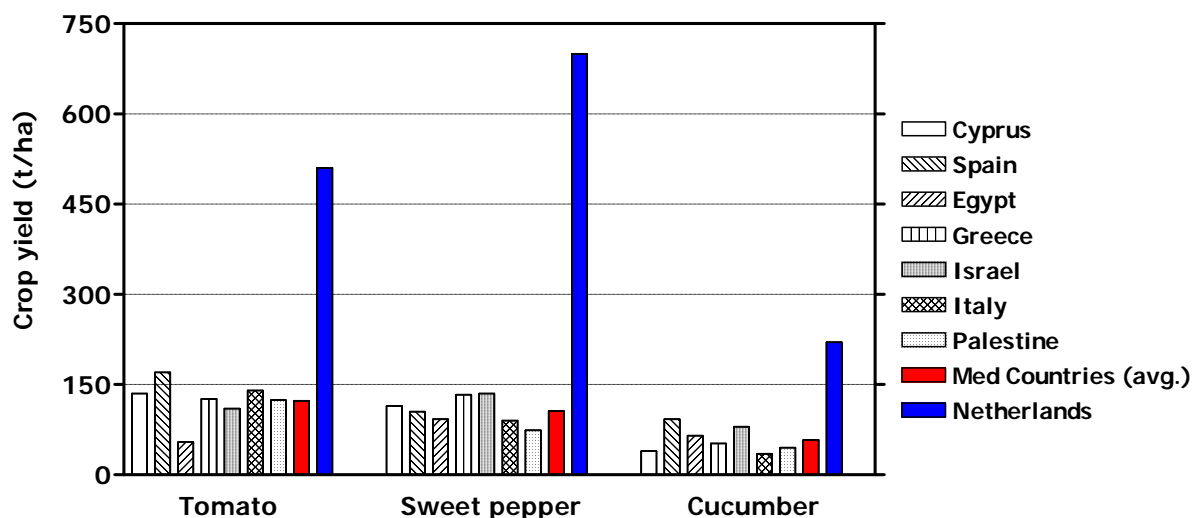
Μια σύγκριση μεταξύ της βιομηχανίας θερμοκηπίων στις βόρειες και νότιες χώρες.

ΟΡΙΑ

Λόγω του επικρατούντος κλίματος και της τρέχουσας αυξανόμενης τεχνολογίας, τα ακόλουθα προβλήματα αντιμετωπίζονται γενικά στο MED:

- η χαμηλότερη μετάδοση φωτός (ως αποτέλεσμα του κιτρινίσματος των θερμοκηπίων) και ο φτωχός εξαερισμός, που οδηγούν συχνά στη μείωση του CO₂, μειώνουν τη φωτοσύνθεση και άρα μειώνουν την βλάστηση και την παραγωγή, με τη σημαντική επίδραση στην ποιότητα προϊόντων.
- οι μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, ένα χαρακτηριστικό φαινόμενο στα κρύα θερμοκήπια στις περιοχές με καθαρούς ουρανούς από σύννεφα (μερικές φορές, η θερμική αντιστροφή εμφανίζεται το χειμώνα), είναι οι κύριοι λόγοι για την παραλλαγή στην παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου συγκομιδής και μπορούν να οδηγήσουν στη φυσιολογική μείωση της συγκομιδής
- οι υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες που εμφανίζονται τυπικά από το Μάιο μέχρι τον Αύγουστο αυτό κάνει σχεδόν αδύνατη καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου καλλιέργεια την καλλιέργεια, έτσι ώστε η παραγωγή είναι εποχιακή με δύο αιχμές, την άνοιξη μέχρι το πρώιμο καλοκαίρι και το φθινόπωρο (μέχρι την περίοδο Χριστουγέννων, εάν το κλίμα είναι αρκετά καλό)
- ο ανεπαρκής έλεγχος κλίματος οδηγεί συχνά επίσης στην υψηλή σχετική υγρασία που μειώνει την εφίδρωση των συγκομιδών. Αυτό μπορεί να εξασθενίσει την ψύξη φύλλων στις θερμές ημέρες και να οδηγήσει σε θρεπτικές διαταραχές, όπως την ανεπάρκεια ασβεστίου.

- η ήπια χειμερινή θερμοκρασία, η υψηλή εσωτερική υγρασία, η ανοικτή δομή των καταφυγίων, η έλλειψη θέρμανσης και, σε πολλές περιπτώσεις, η παράλογη διαχείριση των υπολειμμάτων συγκομιδών διευκολύνουν τον πολλαπλασιασμό των παρασίτων (άσπρες μύγες, ταξίδια, ανθρακωρύχοι φύλλων) και των ασθενειών (γκρίζα και μαύρη φόρμα, ρίζα και αποσύνθεση μίσχων, ιοί...), και καθιστούν το βιολογικό έλεγχο αρκετά δύσκολο, και κατά συνέπεια ένα μεγάλο ποσό εφαρμοσμένων βιοκτόνων
- οι περίοδοι συγκομιδών για τον ανοικτό τομέα και τις προστατευμένες συγκομιδές τείνουν να ελαχιστοποιηθούν από την μείωση των τιμών αγοράς.



Παραγωγικότητα μερικών συγκομιδών θερμοκηπίων σε μερικές μεσογειακές χώρες και στις Κάτω Χώρες

ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η καλλιέργεια θερμοκηπίων μπορεί να παρέχει σε ετήσιο κύκλο υψηλής ποιότητας προϊόντα, μια αποδοτική χρήση των πόρων, όπως το νερό, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα και η χειρονακτική εργασία. Συνεπώς, στις τελευταίες δεκαετίες τα θερμοκήπια έχουν αναπτυχθεί γρήγορα σε πολλές περιοχές, ειδικότερα (αλλά όχι μόνο) στις χώρες MED, όπου η ήπια θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του χειμώνα το καθιστά πιθανό να παραγάγει τις χαμηλού κόστους φυτικές συγκομιδές στα πολύ απλά καταφύγια. Στην πραγματικότητα, η χαμηλά προστατευμένη βιομηχανία δενδροκτηποκομίας έχει επιτρέψει την οικονομική ανάπτυξη πολλών οριακών (φτωχών) περιοχών, όπως η Αλμερία. Εντούτοις, στο MED υπάρχει ανάγκη για την τεχνολογική επιμόρφωση της βιομηχανίας θερμοκηπίων προκειμένου να αντιμετωπιστεί ο αυξανόμενος ανταγωνισμός που προκύπτει από την παγκοσμιοποίηση και της παραγωγής και του μάρκετινγκ. Επιπλέον, η συνειδητοποίηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης που προκαλείται από τη γεωργία, της αυξανόμενης ζήτησης των υγιών τροφίμων, και – τελευταίο αλλά όχι ασήμαντο – της έλλειψη των πόρων όπως το ύδωρ, αναγκάζει τους καλλιεργητές να εισαγάγει περισσότερες βιώσιμες αυξανόμενες τεχνικές. Γενικά, οι καλλιεργητές θερμοκηπίων MED πρέπει να στοχεύσουν να παραγάγουν, με το φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο, τα υψηλής ποιότητας τυποποιημένα προϊόντα, παρά τις χαμηλές τιμές στα προϊόντα, η χρήση των σύγχρονων θερμοκηπίων (με τον καλύτερο έλεγχο κλίματος και τις πιο προηγμένες αυξανόμενες τεχνολογίες όπως η υδροπονία και το IPM) και το νερό της θάλασσας για την άρδευση είναι οι πιο σχετικές πτυχές αυτής

της ανάπτυξης. Η κατάλληλη εκπαίδευση και η κατάρτιση των καλλιεργητών απαιτούνται επίσης, και τελικά μια νέα γενιά των επιχειρηματιών, λιγότερο συντηρητική και πιο επαγγελματίες.

Η βιομηχανία θερμοκηπίων στη βόρεια Ευρώπη (συγκεκριμένα, στις Κάτω Χώρες) μπορεί να εφαρμοστεί για τις περιοχές της MED. Εντούτοις, η απλή μεταφορά των υπάρχουσών τεχνολογιών και της τεχνογνωσίας από τη βόρεια Ευρώπη, είναι αδύνατη λόγω των πολυάριθμων διαφορών μεταξύ των βόρειων και νότιων θερμοκηπίων από την άποψη των κλιματολογικών, αγρονομικών και κοινωνικο-οικονομικών όρων. Επομένως, οι οδηγίες για τη σωστή διαχείριση των προστατευμένων συγκομιδών στην περιοχή MED πρέπει να βασιστούν στην επαρκή πειραματική εργασία, με ιδιαίτερη προσοχή στην χρήση ύδατος και λιπάσματος.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η ανάπτυξη ενός ανοικτού βασισμένου στη γνώση συστήματος υπό μορφή στόχων και δευτερευουσών υποχρεώσεων, παρέχει έναν τρόπο γρήγορης ανάπτυξης προγράμματος. Οι νέοι κανόνες μπορούν να προστεθούν οποιαδήποτε στιγμή και τα νέα σενάρια ελέγχου μπορούν να εφαρμοστούν με την προσθήκη των νέων στόχων. Οι Fuzzy αποφάσεις και οι Fuzzy ελεγκτές στο εποπτικό επίπεδο παρέχουν τις προσαρμοστικές γεννήτριες αναφοράς (set-point), οι οποίες είναι βασικά στοιχεία στο βέλτιστο έλεγχο θερμοκηπίων. Στο χαμηλό επίπεδο, οι προσαρμοστικές γεννήτριες αναφοράς επιτρέπουν την πραγματοποίηση βελτιστοποίησης των κριτηρίων σε πραγματικό χρόνο, βασισμένες στη μεγιστοποίηση του "κέρδους" και στην ελαχιστοποίηση των "δαπανών" βασισμένες σε μια διαδοχική εκτίμηση των επιφυλάξεων των φυτών.

Το σύστημα είναι επίσης εξοπλισμένο με ένα σε απευθείας σύνδεση εργαλείο βελτιστοποίησης της διαδικασίας, το οποίο χτίστηκε βασισμένο σε έναν τροποποιημένο αλγόριθμο αναζήτησης με την μέθοδο της επιταχυνόμενης εκμάθησης. Κάθε διαδικασία όταν εισάγεται κάτω από το όργανο βελτιστοποίησης του ελέγχου, πραγματοποιεί τα πραγματικά πειράματα στο περιθώριο και χρησιμοποιεί μια τροποποιημένη μέθοδο καθόδου για να μεγιστοποιήσει την απόδοση. Ένα προσαρμοστικό σύστημα καθοδηγεί την επιλογή των παραμέτρων των τιμών ελέγχου on-line, σε μια διαδικασία ψάχνοντας για την σφαιρική ελαχιστοποίηση της συνάρτησης κόστους .. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε "central mode", σε "remote control mode" ή σε "hybrid mode". Το γενικό σύστημα αποτελείται από πολλές διαφορετικές συστατικές διαδικασίες, με την ισχυρή ή αδύναμη σύζευξη, οι οποίες πρέπει να αντιμετωπισθούν και να εξυπηρετηθούν ιεραρχικά. Το γενικό σύστημα που βελτιστοποιείται είναι ένα πολύ σύνθετο σύστημα μεγάλης κλίμακας, με πολλές παράλληλες διαδικασίες και γεγονότα και ανάγκη για ένα ισχυρό σύστημα SCADA, με τμήματα ελέγχου και διαχείρισης.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του συστήματος, πώς μπορεί να είναι οργανωμένο για να επιτύχει τους συγκεκριμένους στόχους και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του KBS (= KNOWLEDGE BASED SYSTEM = ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΓΝΩΣΗ) υποσυστήματος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ερευνητές εκθέτουν μια συντριπτική ικανοποίηση στην εφαρμογή των έμπειρων συστημάτων πρωτοπόρων για την ενέργεια και τη γενική διαχείριση των θερμοκηπίων ή άλλων γεωργικών διαδικασιών. Εντούτοις ο αριθμός πραγματικών εφαρμογών τέτοιων συστημάτων στην πραγματική πρακτική παραμένει μικρός έναντι του αριθμού συστημάτων που καταδεικνύονται επιτυχώς με μορφή πρωτοτύπων. Αυτή η απόκλιση προτείνει ότι υπάρχουν ανησυχίες για το κόστος και τη δυσκολία των έμπειρων συστημάτων σε ένα σύστημα διαχείρισης θερμοκηπίων (GMS). Οι εφαρμογές πρέπει να εξετάσουν αυτό το πρόβλημα προτού να βρεί η τεχνολογία την ευρύτερη αποδοχή.

Τα ειδικά συστήματα ελέγχου λύνουν τα προβλήματα με έναν ευρετικό τρόπο, αλληλεπιδρούν με το χρήστη εύκολα, χρησιμοποιούν την εμπειρία από τα αρχεία παρελθόντος και μπορούν να δώσουν τις απαντήσεις στα μη γραμμικά, ή imprecisely προβλήματα. Συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των προσαρμοστικών ελεγκτών

(Astrom, 1988) με τη δυνατότητα να εξερευνήσουν την επιλογή των στρατηγικών ελέγχου και να αξιολογήσουν την απόδοση ελέγχου.

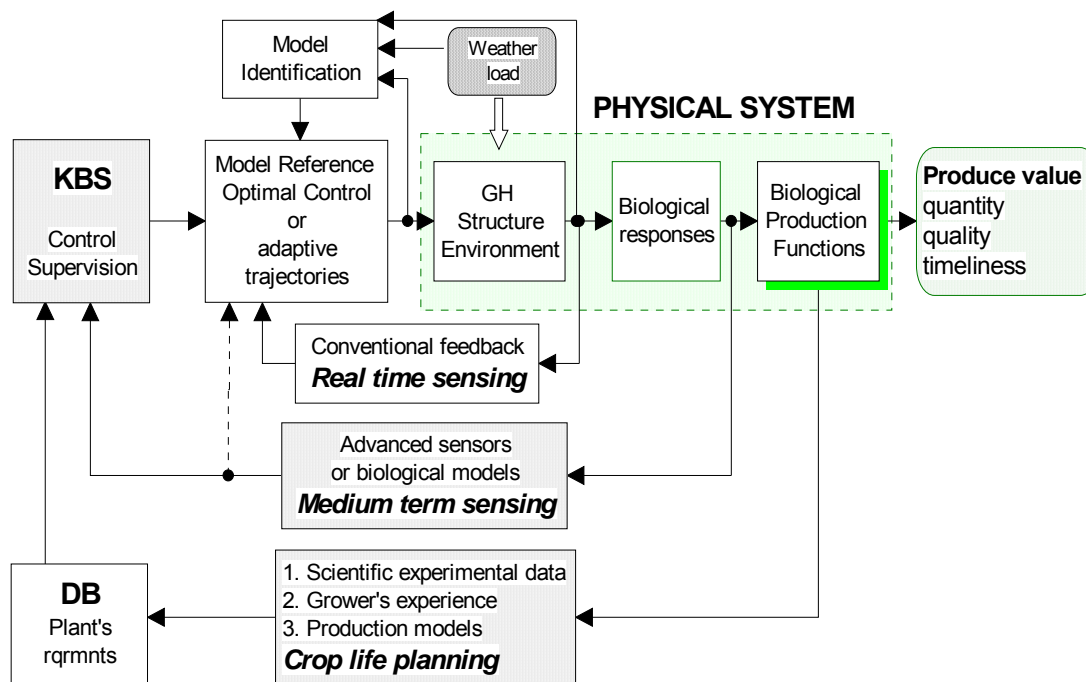
Μέρος αυτής της προσπάθειας ήταν να καθοριστεί γιατί η ενσωμάτωση ενός έμπειρου συστήματος ή άλλων εφαρμογών ΑΙ σε ένα GMS είναι πιά σύνθετη από το να προσθέσει μια συμβατική εφαρμογή. Με βάση μια τέτοια ανάλυση οι διεπαφές που απαιτήθηκαν για να επιτύχουν μια αποτελεσματική ολοκλήρωση καθορίστηκαν. Αυτή η προκαταρκτική εργασία οδήγησε στην ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος λογισμικού (MACQU) που οικοδεσπότες ένα εγγενές ειδικό shell ΑΝΟΙΚΤΟ για την ανάπτυξη των εφαρμογών και την υποστήριξη των απαραίτητων διεπαφών στο GMS. Το αναπτυγμένο περιβάλλον μπορεί να υποστηρίξει τις γνήσιες διοικητικές λειτουργίες, και τις διεπαφές χωρίς ραφή με έναν μηχανισμό ανάπτυξης συγκεχυμένης λογικής, ο οποίος μπορεί να υποστηρίξει – την ευφυή επεξεργασία συναγεμίων, την ανίχνευση και τη διάγνωση ελαττωμάτων, και τις υψηλού επιπέδου διοικητικές αποφάσεις. Το MACQU είναι ένα σύστημα ψηφιακού ελέγχου με τις γενικευμένες λειτουργίες για τον έλεγχο διεργασίας, διαμορφώσιμο για να καλύψει τις απαιτήσεις ελέγχου των θερμοκηπίων. Η νοημοσύνη μοιράζεται μεταξύ των χαμηλού επιπέδου βρόχων ελέγχου του ελεγκτή και των αποφάσεων υψηλού επιπέδου που λαμβάνονται στον κεντρικό υπολογιστή διαδικασίας.

Η προστατευμένη καλλιέργεια οδηγεί σε μια ευρύτερη διεπαφή μεταξύ της εφαρμοσμένης μηχανικής, της φυσιολογίας και της βιολογίας. Τα αποτελέσματα των περιβαλλοντικών παραγόντων στην ποιότητα και την παραγωγικότητα παραγωγής, είναι θεμελιώδη στοιχεία που εξετάζονται στον καθορισμό της διοικητικής στρατηγικής κλίματος.

ΤΟ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.

Αυτή η προσέγγιση οδηγεί στο σχέδιο ενός συστήματος ψηφιακού ελέγχου με τις γενικευμένες λειτουργίες για τον έλεγχο διεργασίας, διαμορφώσιμο για να καλυφθούν οι απαιτήσεις ελέγχου των θερμοκηπίων. Η νοημοσύνη μοιράζεται μεταξύ των χαμηλών βρόχων ελέγχου των επιπέδων στις αποφάσεις ελεγκτών και υψηλού επιπέδου που λαμβάνονται στον κεντρικό υπολογιστή διαδικασίας. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε “central mode”, σε “remote control mode” ή σε “hybrid mode”.

Αναφέρεται καλά στη λογοτεχνία (Seginer, 1993, έλος και Singh, 1994) ότι η διαδικασία παραγωγής θερμοκηπίων (GH) πρέπει να αντιμετωπισθεί και να ρυθμιστεί στα διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Μέσα σε MACQU η γενική διαδικασία οργανώνεται όπως απεικονίζεται στο σχέδιο 1. Αυτό το σχέδιο παρέχει μια πλατφόρμα για ένα ανοικτό σύστημα για να εφαρμόσει όλες τις σύγχρονες τεχνικές ελέγχου και τις διοικητικές στρατηγικές των εγκαταστάσεων. Στον εσωτερικό βρόχο (σχέδιο 1) φυσική της GH, το φόρτωμα των διαταραχών, οι παραλλαγές του μακρο-περιβάλλοντος των εγκαταστάσεων καθώς επίσης και του εξοπλισμού, με τον τρόπο λειτουργίας των μεθόδων ελέγχου (ON/OFF, PDM, αντισταθμισμένη διαταραχή ή PID, κ.λπ.) καλύπτονται με τη χρησιμοποίηση των εικονικών μεταβλητών και των εικονικών βρόχων ελέγχου (βλ. το σχέδιο 2). Στο μεσοπρόθεσμο του ενεργοποιημένου και αντιδρόντος βρόχου, τα ζητήματα του περιβάλλοντος, οι βιολογικές ανταποκρίσεις των εγκαταστάσεων (water/heat/cold, χρονικές κλίσεις και επικίνδυνοι όροι, κ.λπ...) και το στάδιο της αύξησης λαμβάνονται υπόψη. Το MACQU έχει εξετάσει τη δυνατότητα να συνδέει τους προηγμένους αισθητήρες για την πραγματική πρακτική. Σε αυτή τη φάση αυτή η έννοια καλύπτεται μόνο από τα ειδικά πρότυπα (οι εικονικές μεταβλητές που μπορούν να δημιουργήσουν τα πρότυπα δηλ. TIVs, άλλα ολοκληρώματα κ.λπ..., βλεπε σχέδιο 7). Αυτός ο βρόχος αποκρίνεται



Σχήμα 1: Πολλαπλής στάθμης έλεγχος του περιβάλλοντος των θερμοκηπίων

στις διαδικασίες στο χρονικό διάστημα των ωρών των εβδομάδων. Στον εξωτερικό βρόχο, ο προγραμματισμός κύκλων συγκομιδών ενδιαφέρεται για τους στόχους χρηστών, τις συγκεκριμένες απαιτήσεις ποικιλίας εγκαταστάσεων, την διαθεσιμότητα των καιρικών στοιχείων των περιοχών καθώς επίσης και την εμπειρία του καλλιεργητή για τη διαχείριση της συγκομιδής και του θερμοκηπίου του. Αυτές είναι μακροπρόθεσμες απαντήσεις και θεωρούν τη συσσωρευμένη εμπειρία του καλλιεργητή ή των επιστημονικών στοιχείων (ως ερευνητικά αποτελέσματα ή πρότυπα αύξησης κ.λπ...). Αυτή η έννοια μπορεί να εφαρμοστεί σε MACQU μόνο μέσω των επεμβάσεων του εποχιακού χρήστη ή στη βάση των κανόνων από τους ειδικούς κανόνες ή τους κανόνες που επικοινωνούν με ένα πρότυπο παραγωγής (εάν υπάρχει τέτοιο).

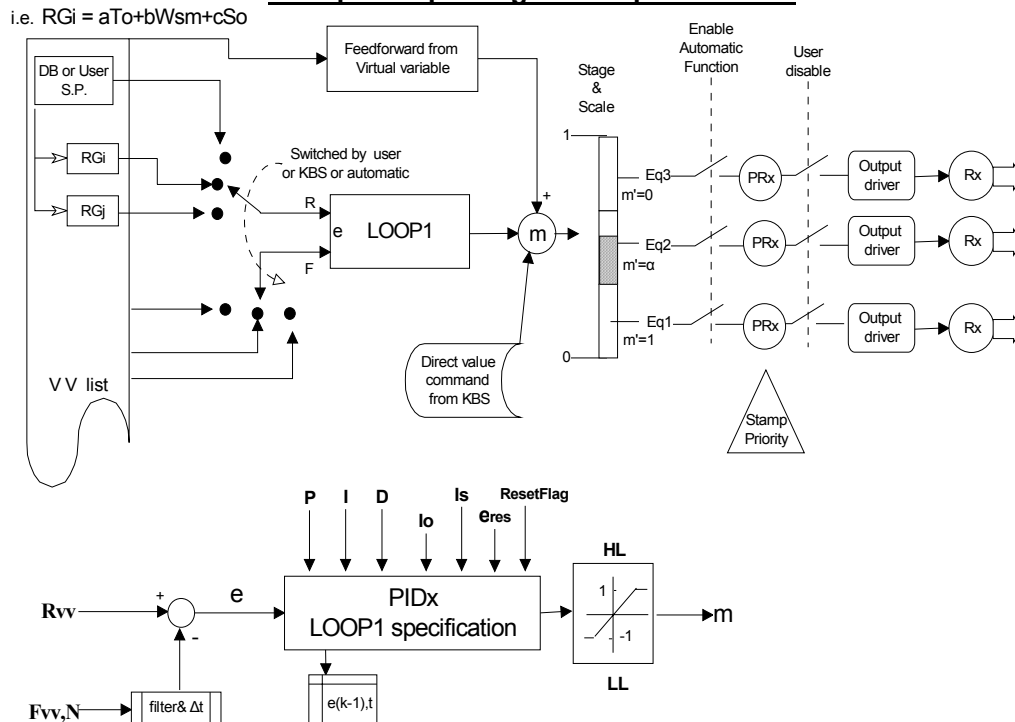
ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ.

Τα σημαντικά ζητήματα ολοκλήρωσης στην ανάπτυξη του MACQU ήταν εκείνα που περιλαμβάνουν το πρότυπο συστημάτων θερμοκηπίων και τα υποσυστήματα GMS.

- Πρότυπο συστημάτων θερμοκηπίων.

Στην καρδιά των περισσότερων προγραμμάτων υπολογιστών βρίσκεται το μοντέλο του προβλήματος της περιοχής. Αυτό το πρότυπο καθορίζει τις οντότητες του προγράμματος έχει ως σκοπό να χειριστεί και περιγράφει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Για τα nontrivial συστήματα, όπως ένα σύγχρονο σύστημα θερμοκηπίων, η ορθή πρακτική είναι να χωριστεί λειτουργικά το πρότυπο του συστήματος από τη διοικητική εφαρμογή. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου προτύπου άρχισε στα πλαίσια του προγράμματος MACQU ως παράλληλη προσπάθεια στην προσπάθεια έρευνας και ανάπτυξης. Είναι πλήρες ως χειρόγραφο και παραμένει να κωδικοποιηθεί. Όλες οι πρότυπες σχετικές λειτουργίες εφαρμόζονται τώρα στον ειδικό τρόπο, σαν λειτουργικές ανά πρότυπα συσκευές ή με μορφή των κανόνων.

Example Loop acting on 3 output actuators



Σχέδιο 2 : συνεργάσιμος έλεγχος: όλα τα υποσυστήματα στέλνει την εντολή τους στο value-box “m” των οδηγιών παραγωγής. Ένας τέταρτου όρου PID Io, ελεγκτής χρησιμοποιείται.

- Διεπαφή με άλλα υποσυστήματα GMS.

Τα ειδικά shells τείνουν να απομονώσουν το ΑΙ από το υπόλοιπο του GMS.

Το ενσωματωμένο shells υποστηρίζει τις ακόλουθες αλληλεπιδράσεις:

1. Στοιχεία πραγματικού χρόνου.

Μια εφαρμογή ΑΙ για την απευθείας σύνδεση της διαχείρισης και τον έλεγχο πρέπει να βασίσει τον συλλογισμό της στην πραγματική κατάσταση του συστήματος. Τα στοιχεία που φθάνουν στο GMS ως μετρήσεις ή τα γεγονότα για την επεξεργασία και την αποθήκευση, μοιράζονται με το KBS του υποσυστήματος για να ενημερώσουν τις fuzzy μεταβλητές εισαγωγής. Μία fuzzy μεταβλητή σύνταξης συνδέει τις μεταβλητές στις επεξεργασθείσες fuzzy μεταβλητές.

2. Σχεσιακή βάση δεδομένων.

Ένα σύγχρονο GMS πρέπει να περιλάβει μια σχεσιακή βάση δεδομένων για την αποθήκευση της πρωτόγονης περιγραφής των στοιχείων του συστήματος καθώς επίσης και των ιστορικών στοιχείων. Η βάση δεδομένων MACQU υποστηρίζει αυτές τις αλληλεπιδράσεις με KBS και αποθηκεύει επίσης τα επιλεγμένα στοιχεία και τα γεγονότα για την μετέπειτα επεξεργασία και την ανταλλαγή με άλλες εφαρμογές .

Τα γραφικά εργαλεία παρουσίασης προστέθηκαν για να ανακτήσουν και να παρουσιάσουν τα ιστορικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των στατιστικών, καθώς επίσης και της βασικής επεξεργασίας (δηλ. διανομή θερμοκρασίας μιας καθορισμένης περιόδου σε μια πίτα ή bar_chart).

3. Επικοινωνία με τον χρήστη.

Εκτός από τους πρακτικούς εισαγωγής-κανόνες-εξόδου και σθντάχτες τουστόχου υπάρχει επίσης μια ανατροφοδότηση στο χρήστη με επιδείξεις των ανιχνευμένων συναγερμών, των ελαττωμάτων, των αποφάσεων κ.λπ...

4. Αριθμητικές εφαρμογές.

Η δύναμη KBS ενισχύεται από τη δυνατότητα να δημιουργηθούν οι εικονικές μεταβλητές, οι οποίες επεξεργάζονται τα στοιχεία στο GMS, και τα αποτελέσματα μεταφέρονται στο KBS. Επομένως τα ιδιαίτερα πρότυπα μπορούν να χτιστούν για να παρέχουν τις πρόσθετες πληροφορίες για το KBS.

5. Εποπτικός έλεγχος.

Όλες οι εποπτικές εντολές σε MACQU εφαρμόζονται μέσω των κανόνα της βάσης(σχέδιο 5). Αυτό επιτρέπει επίσης το συντονισμό μεταξύ των διανεμημένων μονάδων ελεγκτών.

6. Έλεγχος διαμόρφωσης.

Είναι δυνατό να ξεκινήσει, να τεθεί εκτός λειτουργίας στο KBS μιας ιδιαίτερης μονάδας ή μεμονωμένων κανόνων, μέσω των τυποποιημένων μηχανισμών διαμόρφωσης (κουμπιά ή συντάκτες).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα κύρια καινοτόμα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που εφαρμόζονται για να παρέχουν ένα εύκαμπτο σύστημα είναι:

- Λειτουργικά αντικείμενα:

Προσανατολισμένο προς το αντικείμενικό σχεδιασμό όχι μόνο στο ύφος του προγραμματισμού αλλά και στο "user_functionality". Ένα πλήρες σύνολο "πρωταρχικών λειτουργιών", που απαιτήθηκε στα διαφορετικά στάδια επεξεργασίας του σήματος, [input stage]-[processing stage]-[output stage] προσδιορίστηκε και σχεδιάστηκε ως ανεξάρτητα αντικείμενα. Αυτά τα αντικείμενα μπορούν να διευκρινιστούν και να αλυσοδοθούν για να παρέχουν μια πιο υψηλού επιπέδου συνάρτηση τροποποιημένη , π.χ. στην διαχείριση των συμπληρωματικών φώτων.

- Εικονικές μεταβλητές (VV):

Το σύστημα αρχίζει χωρίς τις καθορισμένες μεταβλητές, εκτός από αυτές που είναι σχετικές με το υλικό και το πρόγραμμα. Οποιαδήποτε στιγμή ο "χρήστης" μπορεί να καθιερώσει, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, τις νέες μεταβλητές ως λειτουργίες άλλων μεταβλητών, αρχίζοντας από τις μεταβλητές εισαγωγής υλικού, π.χ. τις μετρήσεις. Μια τέτοια τοποθέτηση δεν έχει κανένα όριο (εκτός από τη φυσική μνήμη). Ένα πλούσιο σύνολο προτύπων λειτουργίας (βιβλιοθήκες) έχουν σχεδιαστεί από το εσωτερικό , από το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις δομικές μονάδες επεξεργασίας του σήματός του. Τα πολυώνυμα, οι προσαρμοσμένες χρόνος-ενσωματωμένες μεταβλητές, multi in one out, τα κατώτατα όρια/οι αποφάσεις, time switches και τα πολυσημειακά day_clocks, τα σκληρά και τα μαλακά γεγονότα, είναι μερικά από τέτοια VVs

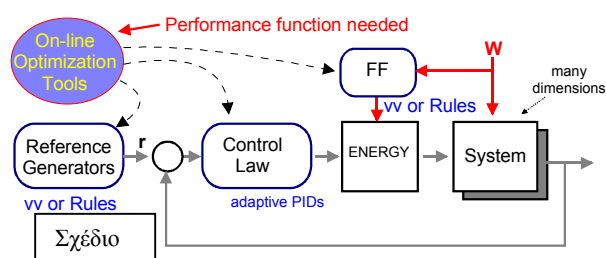
που μπορούν να καθοριστούν και να χρησιμοποιηθούν ως εισαγωγή ή έλεγχος για άλλες λειτουργίες.

- **KBS στόχοι/δευτερεύουσες υποχρεώσεις:** Η διαχείριση πύο υψηλού επιπέδου μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας μια Fuzzy Logic, βασισμένη στον κανόνα των έμπειρων συστημάτων. Αυτό το σύστημα παρέχει στο συντάκτη εισαγωγές, εξόδους και κανόνες σε ανοικτή επικοινωνία. Τα αποτελέσματα μπορούν άμεσα να έχουν επιπτώσεις στον εξοπλισμό των θερμοκηπίων ή μπορούν να επηρεάσουν τους βρόχους ελέγχου.
- **Εικονικοί βρόχοι ελέγχου:** Σχεδόν οποιαδήποτε φιλοσοφία ελέγχου μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας μια καλά καθορισμένη αλυσίδα των δομικών μονάδων και των έξυπνων εικονικών μεταβλητών. Μη γραμμικό PID μπορεί να καθοριστεί με (βλ. το σχέδιο 2):
 1. ένας φορμαλισμός τεσσάρων όρων (εκτεταμένο PID) για να περιλάβει μια αρχική αξία I_o ολοκληρωτών, μετά από την αναστοιχειοθέτηση, που επιτρέπει τον αυτόματο συντονισμό, στους επαναλαμβανόμενους στόχους.
 2. ο έξυπνος ολοκληρωτής PID επαναρυθμίζει τα γεγονότα και τις ρυθμίσεις όταν διαποτίζεται η παραγωγή βρόχων ή το λάθος υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο που αποτρέπει windup (Peng et Al 1996),
 3. τιμές αναφοράς που μπορούν να δεθούν στις εικονικές μεταβλητές για την προσαρμοστική αναφορά σύνολο-σημείου για να βελτιστοποιήσουν την απόδοση θερμοκηπίων (π.χ. η αναφορά θερμοκρασίας ενός βρόχου ελέγχου θέρμανσης μπορεί να τροποποιηθεί εάν ο σχηματισμός δροσιάς στις εγκαταστάσεις είναι πιθανό βασισμένος σε μια εικονική λειτουργία που υπολογίζει τη θερμοκρασία του σημείου της δροσιάς) ή να μεταστραφούν από τους αφιερωμένους στο KBS στόχους (π.χ. που τα setpoint που θερμαίνουν μπορεί να αυξηθούν από έναν κανόνα ανιχνεύοντας μια αιχμηρή αύξηση στην εξωτερική ταχύτητα του αέρα),
 4. η σύνδεση ανατροφοδότησης βρόχων μπορεί να μεταπηδήσει σε άλλες εικονικές μεταβλητές από μια KBS εντολή
 5. feed-forward οι ενέργειες που αγνοούν το βρόχο μπορούν να εφαρμοστούν χρησιμοποιώντας από KBS τις εντολές ή τις εικονικές μεταβλητές για να βελτιώσουν την απόδοση βρόχων.
 6. Διάφοροι οδηγοί παραγωγής για τον εξοπλισμό μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ενιαίο βρόχο ελέγχου χρησιμοποιώντας τις διαμορφώσιμες συναρτήσεις ελέγχου και του λειτουργικούς διακόπτες ενεργοποίησης/ απενεργοποίησης. Αυτοί οι βρόχοι ελέγχου μπορούν επίσης να είναι αναγκαίοι και στο μέλλον.
- **Αντικείμενα παρουσίασης:** Μια πλούσια βιβλιοθήκη των εργαλείων παρουσίασης εφαρμόστηκε για να επιτρέψει την προσαρμογή των συστημάτων στην περιοχή, για να δημιουργήσει έναν ελκυστικό και διαισθητικό υπολογιστή γραφείου. Το σχήμα 3 παρουσιάζει μια οθόνη συμπεριλαμβανομένου μίας γραφικής παράστασης πραγματικού χρόνου Real time data.



Σχέδιο 3: Μια συλλογή γραφικών παραστάσεων παρουσίασης πραγματικού χρόνου

- Σε απευθείας σύνδεση εργαλείο βελτιστοποίησης: Το σύστημα είναι επίσης εξοπλισμένο με ένα σε απευθείας σύνδεση εργαλείο βελτιστοποίησης της διαδικασίας, το οποίο χτίστηκε βασισμένος σε έναν τροποποιημένο αλγόριθμο αναζήτησης με την επιταχυνόμενη εκμάθηση. Κάθε διαδικασία, όταν εισάγεται κάτω από το όργανο βελτιστοποίησης του ελέγχου, πρέπει να οδηγείται σε βελτίωση της απόδοσης του (σχέδιο 4). Το σύστημα πραγματοποιεί τα πραγματικά πειράματα στην περιοχή και χρησιμοποιεί μια τροποποιημένη μέθοδο καθόδου για να μεγιστοποιήσει την απόδοση.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

Εποπτικό επίπεδο

Τα πολυμεταβλητά συστήματα εμφανίζονται συχνά στον έλεγχο διεργασίας. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει ιδιαίτερη αλληλεπίδραση μεταξύ των διαδικασιών εισαγωγής (χειρισμένες μεταβλητές) και των σημάτων παραγωγής της διαδικασίας (ελεγχόμενες μεταβλητές). Οι συμβατικές μέθοδοι λύσης απαιτούν έναν γραμμικό χαρακτηρισμό χρονικής αμετάβλητης διαδικασίας υπό σταθερών κενών μοντέλων ή μεταφερόμενων συναρτήσεων σε πίνακες. Τέτοια συστήματα οδηγούν στη βέλτιστη λειτουργία ολόκληρων των εγκαταστάσεων αλλά υποφέρουν λόγω των απρόβλεπτων εισαγωγών, της μη γραμμικότητας και της αλλαγής των στόχων των χρηστών ανάλογα με την κατάσταση. Οι Βασισμένες στον κανόνα μέθοδοι και ο fuzzy logic έλεγχος είναι καλές εναλλακτικές λύσεις για να χειριστούν τις καταστάσεις μη γραμμικής άλγεβρας. Η επίσημη χρήση των κανόνων βάσεων στο υψηλό επίπεδο απόφασης επιτρέπει καλά καθορισμένες στρατηγικές και τη βέλτιστη παραγωγή σύνολο-σημείου, οι οποίες συμβάλλουν πύο πολύ στη γενική απόδοση συστημάτων.

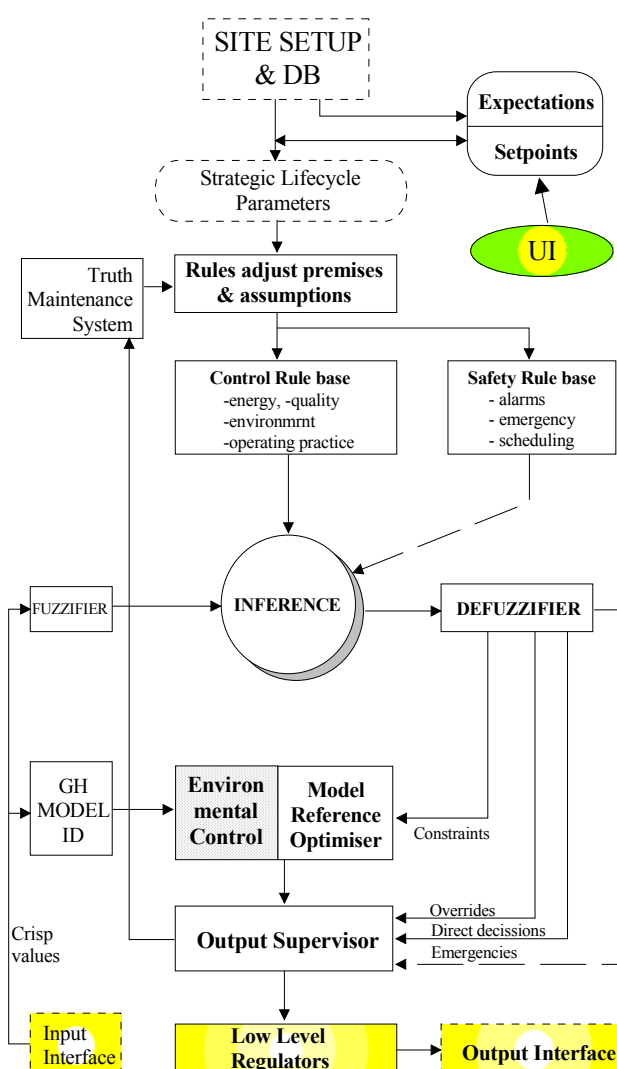
Στο χαμηλό επίπεδο οποιοσδήποτε τύπος του PID ή self-tuning τεχνικών PID ή PDM μπορεί να κάνει μια ικανοποιητική εργασία. Η αξία της ρύθμισης της θερμοκρασίας σε ακριβώς 20 C° εναντίον της κύμανσης μεταξύ 19,5 και 20,5 με μια απλή ON/OFF λογική δεν είναι τόσο σημαντική όπως είναι η απόφαση ότι το οικονομικό βέλτιστο σύνολο-σημείο είναι 18 C° και όχι 20 C°. Ένας έλεγχος fuzzy logic είναι μια στρατηγική που χρησιμοποιεί μια ειδική γνώση για να διασυνδέσει τις εισαγωγές άμεσα με τα αποτελέσματα.

*IF inside_air_temp is very_low THEN
increase_much_heating_water_temp*

Αυτή η τεχνική ελέγχου διαμορφώνει έναν ειδικό καλλιεργητή αντί της διαμόρφωσης των εγκαταστάσεων για να ελέγξει το σύστημα. Τα υβριδικά σχέδια, δηλ. ένας κανόνας που καλεί ένα πρότυπο για να παρέχουν μια εκτίμηση πριν λαμβάνουν μια απόφαση, είναι επίσης δυνατά. Άλλες πολύτιμες μέθοδοι ελέγχου που βελτιώνουν την απόδοση, δηλ. feedforward αποζημίωση διαταραχής και μεταβλητά ποσοστά για το PID, είναι επίσης εκτελέσιμες σε fuzzy logic KBS, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα:

*IF outside_temp_falls_rapidly
THEN
increase_little
heating_water_temp*

Η συγκεχυμένη λογική είναι βασικά ένα εργαλείο χαρτογράφησης που μετατρέπει μια ανάγνωση θερμομέτρων 14 C° σε έναν γλωσσικό περιγραφέα "very_low" και γυρίζει έπειτα την απόφαση του εμπειρογνώμονα σε "increase much heating water temp" σε ένα σήμα για τη βαλβίδα θέρμανσης. Το σχήμα 5 παρουσιάζει την αλληλεξάρτηση των διαφορετικών τμημάτων λογισμικού και την ανάγκη για το συνεργασία.



Όσον αφορά τη GH ως Multi Input Multi Output (MIMO) σύστημα, η χρησιμοποιούμενη προσέγγιση είναι να σχεδιαστούν οι ελεγκτές και decoupler χωριστά, δηλ.:

*EAN η υγρασία είναι υψηλή ΕΠΕΙΤΑ
increase_little air_temp*

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Αλληλουχία και συντονισμός.

Το λογισμικό ελέγχου είναι μορφωματικό στο σχεδιασμό, με το οποίο οι στόχοι αποτελούνται από τις ανεξάρτητες, επαναχρησιμοποιήσιμες δευτερεύουσες υποχρεώσεις, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- η βάση κανόνα είναι ανοικτή και οι νέοι κανόνες μπορούν να προστεθούν ή άλλοι μπορούν να αφαιρεθούν.
- οι αποφάσεις των κανόνων αναφέρονται στους στόχους, με τον περιορισμό, ότι πρέπει να επικαλεσθούν τις δευτερεύουσες υποχρεώσεις από έναν σταθερό κατάλογο.
- οι δευτερεύουσες υποχρεώσεις είναι ένα σταθερό σύνολο "οδηγών εξοπλισμού" που σχεδιάζονται στο RCU.

Οι ενεργοποιημένοι KBS κανόνες επιτρέπουν τις ακολουθίες στόχων και μια μηχανή (σχέδιο 6), προγραμματισμού στην απλή γλώσσα που αναλύει σε πραγματικό χρόνο, εκτελεί τους ενεργοποιημένους στόχους. Ένα σταθερό αρχείο περιγράφει τις ακόλουθες ιδιότητες της σταθερής μηχανής:

- a. Καθορίζει όλες τις δευτερεύουσες υποχρεώσεις και τις πιθανές εισαγωγές και τα αποτελέσματα ξεχωριστά
- b. καθορίζει όλους τους στόχους.

Μια δευτερεύουσα υποχρέωση απευθύνεται πραγματικά σε έναν ιδιαίτερο "οδηγό" και καθορίζεται όπως φαίνεται στο ακόλουθο παράδειγμα:

```
SUBTASK heater_1  
INPUT on, off, operate0.X, water_tempXX, pid_air_tempXX  
OUTPUT increasing, decreasing, on_spot
```

Η πρώτη γραμμή ορίζει μόνο μια ετικέτα στη δευτερεύουσα υποχρέωση. Η δεύτερη γραμμή παραθέτει έναν κατάλογο έγκυρων μηνυμάτων που η δευτερεύουσα υποχρέωση "heater_1" θα δεχτεί ως εισαγωγή. Π.χ. "operate0.7" είναι μια feedforward εντολή για να λειτουργήσει heater_1 κατά 70% της ικανότητάς του, ενώ "pid_air_temp19" διατάζει heater_1 για να λειτουργήσει σε έναν βρόχο PID με την ανατροφοδότηση από το air_temp και με ένα σημείο αναφοράς 19 C°. Η τελευταία γραμμή διευκρινίζει την παραγωγή της δευτερεύουσας υποχρέωσης για να ελέγξει την ορθότητα της και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο υποσύνολο διαγνωστικών των κανόνων.

Μια χαρακτηριστική προδιαγραφή στόχου εμφανίζεται ως εξής:

```
TASK increase_much_heating_water_temp  
SUBTASKS heater_1, ventilator_roof, ventilator_side  
COMMAND ventilator_*:close, heater_1:water_temp80  
END heater_1:pid_air_temp_rgf
```

Πάλι η πρώτη γραμμή ορίζει μόνο μια ετικέτα στο στόχο. Η δεύτερη γραμμή διευκρινίζει ποιες δευτερεύουσες υποχρεώσεις περιλαμβάνονται στο γενικό στόχο. Σε αυτό το παράδειγμα "οι εξαεριστήρες" και "heater_1" είναι και οι δύο που έχουν επιπτώσεις στο air_temp. Η επόμενη γραμμή, ENTOΛΗ, διευκρινίζει ποια μηνύματα να στείλουν στις διάφορες δευτερεύουσες υποχρεώσεις. Με την τελική γραμμή η δευτερεύουσα υποχρέωση "heater_1" θα γυρίσει τον τρόπο λειτουργίας της στο PID, με την ανατροφοδότηση και το σύνολο-σημείο air_temp από την παραγωγική λειτουργία αναφοράς (που καθορίζεται αλλού), αφότου έχει πάει το water_temp on_spot (80 C°)

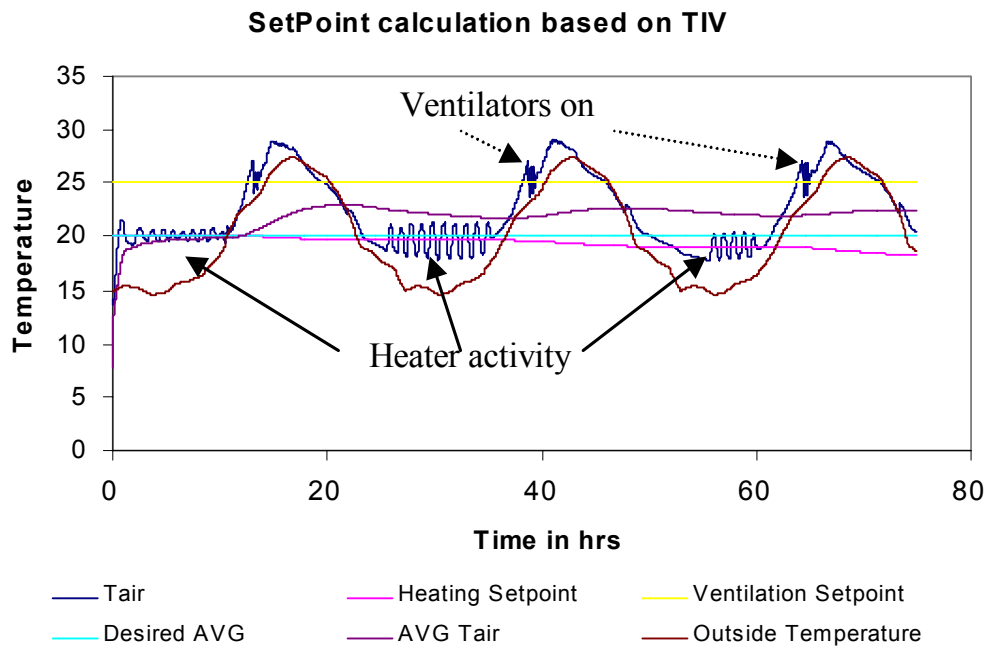
Οι στόχοι αυτού του υψηλού επιπέδου τρόπων μπορούν να προγραμματιστούν γρήγορα από μια βιβλιοθήκη των δευτερευουσών υποχρεώσεων χωρίς επανασύνταξη.

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι γεννήτριες αναφοράς, που είναι πρότυπα που εφαρμόζονται μέσω των εικονικών μεταβλητών, επιλέγονται από το χρήστη ή αυτόματα από τους χρονοπρογραμματιστές των GMS ή feedforward του KBS είναι δυνατό για την αποζημίωση της διαταραχής, και οι άμεσες τιμές ελέγχου μπορούν να σταλούν από το fuzzy system στους οδηγούς παραγωγής (σχέδιο 2).

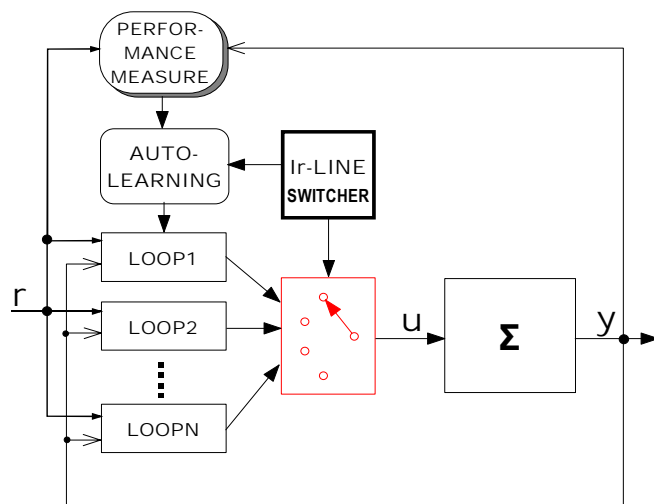
Οι επιστήμονες σήμερα εξετάζουν τη διαμόρφωση θερμοκρασίας προς όφελος της μείωσης κόστους των παραγωγών, όπου οι εγκαταστάσεις αποδεικνύονται για να παρουσιάσουν ένα χρόνο-θερμοκρασίας ακέραιο responsivity σε μια καθημερινή ή ακόμα και εβδομαδιαία χρονική βάση. Γίνεται προφανές ότι τι είναι πραγματικά σημαντικό να σχεδιάσει στο σύστημα μια υψηλού βαθμού "ευελιξία" και "ο χρήστης να χρειάζεται την αναμονή" για να επιτρέψει στο χρήστη για να εκφράσει και να εφαρμόσει τη στρατηγική του.

Στο χαμηλό επίπεδο, οι προσαρμοστικές γεννήτριες αναφοράς καθιστούν πιθανή την πραγματοποίηση optimality των κριτηρίων στον πραγματικό χρόνο, δηλ. μέσω της χρήσης TIVs. Το σχήμα 7 παρουσιάζει την εφαρμογή τέτοιων κριτηρίων με τον υπολογισμό αδύναμα μέσου. Εάν ο καιρός εμμένει για να είναι καλός και ο μέσος όρος είναι επάνω από το στόχο, το σύνολο-σημείο που απαιτείται για να συναντήσει τον επιθυμητό αδύνατο μέσο όρο είναι χαμηλότερο. Αυτό οδηγεί στη χαμηλότερη χρήση θερμότητας για τον ίδιο καθημερινό καιρό. Αυτή η λειτουργία εφαρμόστηκε χρησιμοποιώντας ένα VV από τη βιβλιοθήκη GMS.



σχέδιο 7 :Εξοικονόμηση ενέργειας που χρησιμοποιεί τις λειτουργίες GMS

Ένα άλλο παράδειγμα όπου τα συνεργαζόμενα εργαλεία του ΑΙ είναι ο ελεγκτής τεσσάρων όρων που χρησιμοποιείται για το συντονισμό και την προσαρμογή της άρδευσης. Εδώ το πρόβλημα είναι ότι για κάθε κύκλο άρδευσης διάφορες γραμμές άρδευσης μεταστρέφονται στη σειρά. Κάθε γραμμή παρουσιάζει μια διαφορετική απαίτηση για το ποσοστό ύδατος και τον ανεφοδιασμό θρεπτικών ουσιών και μια ανταπόκριση βηματικών ταλαντώσεων αρχίζει κάθε φορά που μεταστρέφεται μια γραμμή. Ο νεκρός χρόνος ενός τέτοιου βρόχου είναι της διαταγής αρκετών πρακτικών και η γραμμή μεταστρέφεται κάθε περίπου 5 λεπτά. Το Macqu προσφέρει



έναν διαφορετικό βρόχο (ένα διαφορετικό σύνολο παραμέτρων) για κάθε γραμμή, η οποία μπορεί να μεταστραφεί μαζί με τη γραμμή άρδευσης. Ο Optimizer μπορεί να συντονίσει σε απευθείας σύνδεση κάθε σύνολο παραμέτρων, και το πιο σημαντικό το αρχικό ακέραιο I_0 , για να αποφύγει τις ταλαντώσεις μετά από τη μετατροπή γραμμών. Αυτή η στρατηγική μετατροπής ελεγκτών (το σχέδιο 8) είναι αυτήν την περίοδο υπό έρευνα.

Σχέδιο 8: Μετατροπή Controller στους επαναλαμβανόμενους στόχους όπως η άρδευση.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MACQU

(Management And Control For QUality)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο **Εργαστήριο Γεωργικής Μηχ/γίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών** στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος χρηματοδοτούμενου από την Ευρωπαϊκή Ένωση (MACQU, MANagement and Control for QUality of greenhouses), αναπτύχθηκε ένα νέο σύστημα αυτομάτου ελέγχου θερμοκηπίων. Το σύστημα αυτό δίνει τις δυνατότητες για πλήρη και ακριβή έλεγχο όλων των παραμέτρων λειτουργίας ενός θερμοκηπίου (κλίμα, άρδευση, υδροπονία).

Τα συστήματα MACQU SCADA για τον έλεγχο του κλίματος των θερμοκηπίων και της υδροπονίας αναπτύχθηκαν κάτω από την υποστήριξη της ΕΕ και ενσωματώνουν τις πιο πρόσφατες τεχνολογικές προόδους, έτσι ώστε η χρήση της νέας τεχνολογίας γίνεται εύκολη ακόμη και για το στοιχειώδη χρήστη. Με μια νέα εγγυοδοσία της ΕΕ, το ερευνητικό πρόγραμμα HORTIMED (www.aua.gr/ns/hortimed/) επεκτείνει τις ικανότητες του MACQU στον τομέα της καλύτερης αποταμίευσης του ύδατος και της πιθανής χρήσης του υφάλμυρου νερού για την παραγωγή συγκομιδών στη Μεσόγειο. Τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος εν συντομία είναι :

1. Πλήρως προσαρμοζόμενο σε όλους τους τύπους των θερμοκηπίων ανεξάρτητα από τα συστήματα που διαθέτουν ή που πρόκειται να εγκατασταθούν στο μέλλον.
2. Παρέχει απεριόριστες δυνατότητες στον χρήστη για τον έλεγχο του θερμοκηπίου και είναι ικανό να ενσωματώσει και να συνδυάσει την πείρα του παραγωγού με τα αποτελέσματα από ερευνητικά πειραματικά δεδομένα
3. Δυνατότητα Ελέγχου μέσω Έμπειρου Συστήματος με τη χρήση Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic).
4. Δυνατότητα χρήσης και σαν απλό καταγραφικό συλλογής δεδομένων (Data Logger) κατάλληλο για ερευνητικά ιδρύματα και εργαστήρια.

Στην Συνέχεια θα κάνουμε μία λεπτομερέστατη παρουσίαση των χαρακτηριστικών του συστήματος.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ MACQU

Το βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας MACQU είναι βασισμένο σε μια αρχιτεκτονική ανοικτών συστημάτων σε όλα τα επίπεδα, μέχρι την οπτική παρουσίαση στο PC σε επίπεδο ελέγχου (εικονικές μεταβλητές). Χρησιμοποιώντας τις εικονικές μεταβλητές, ο χρήστης μπορεί να αναπτύξει τα πρότυπα που θέλει στα οποία ο έλεγχος κλίματος και της υδροπονίας γίνεται μόνος-προσαρμοστικός. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τον άμεσο συντονισμό μεταξύ του κλίματος και της υδροπονίας και παρέχει τα μέσα στην ανάπτυξη ενός ενσωματωμένου τρόπου της παραγωγής.

Με τις δυνατότητες της τεχνολογίας, τα συστήματα MACQU μπορούν να προσφέρουν:

a. στον παραγωγό:

- μέγιστη αποταμίευση ύδατος (μείωση της χρήσης ύδατος μέχρι 40%)
- εξοικονόμηση ενέργειας (μέχρι 30% στις κρύες θέσεις)
διάσωση λιπασμάτων (ανάλογη προς την αποταμίευση ύδατος)
αύξηση στην παραγωγή (μέχρι 100%) και την ποιότητα
- μείωση του κόστους παραγωγής (κυρίως λόγω της αύξησης παραγωγής)

b. στον καταναλωτή:

- προϊόντα εξασφαλισμένης σταθερής ποιότητας
- ασφαλή προϊόντα με την ελάχιστη πιθανή χρήση των φυτοπροστατευτικών.
- προστασία του περιβάλλοντος από τα φυτοπροστατευτικά.
- μείωση στη χρήση ύδατος

Οι ικανότητες ότι ο ευφυής έλεγχος του κλίματος προσφέρει μείωση των ασθενειών και τον απόλυτο και ευπροσάρμοστο έλεγχο του υδροπονικού θρεπτικού διαλύματος μαζί με την ακριβή εκτίμηση της άρδευσης, αποτελούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για τη μείωση όχι μόνο του κόστους αλλά και των περιβαλλοντικών συνεπειών από τις χημικές ουσίες και τα λιπάσματα. Πέρα από αυτόν, τα υδροπονικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να υπολογίσουν ακριβώς την ανοχή των εγκαταστάσεων στη χρήση του υφάλμυρου νερού.

Στα περιγεγραμμένα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας MACQU, τα θερμοκήπια αναφέρονται συνήθως λόγω της ευρωστίας της αναπτυγμένης τεχνολογίας. Όμως τα ίδια χαρακτηριστικά ισχύουν για τη διαχείριση του κλίματος των σταύλων, των υπόστεγων χοίρων, των αγροκτημάτων πουλερικών, των δωματίων για την αποθήκευση των γεωργικών προϊόντων, κ.λπ.... Αυτή η τεχνολογία μπορεί να προσαρμοστεί για να αναπτύξει τα παρόμοια προϊόντα για:

1) Αυτόματη σίτιση ιχθυοτροφικών εγκαταστάσεων και

2) διαχείριση δικτύων άρδευσης στις κοιλάδες, τα δημόσια ή ιδιωτικά πάρκα, κ.λπ.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το σύστημα έχει ένα πλήρες σύνολο οργάνων μετρήσεων ακριβείας ικανά στις αναγνώσεις κλίματος και υδροπονίας. Μπορεί να συνδεθεί με όλους τους τύπους αισθητήρων (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα και κατεύθυνση αέρα, οξύτητα (pH), ηλεκτρική αγωγιμότητα ή ισοδύναμα αλατότητα κ.λπ....) από οποιοδήποτε τύπο (τάση, ένταση, συχνότητα). Οι μετρήσεις έχουν υψηλή ακρίβεια (εργαστηριακή ακρίβεια 5 μ V). Όλα τα όργανο μέτρησης είναι σχεδιασμού και κατασκευής MACQU. Επιπλέον, μπορεί εύκολα να χρησιμοποιήσει την ύπαρξη των πιο προηγμένων αισθητήρων (διοξειδίο του άνθρακα, φωτοσύνθεσης, κ.λπ.). Ο μικροϋπολογιστής MACQU θερμοκηπίων έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει τα στοιχεία για τη μελλοντική χρήση.

ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

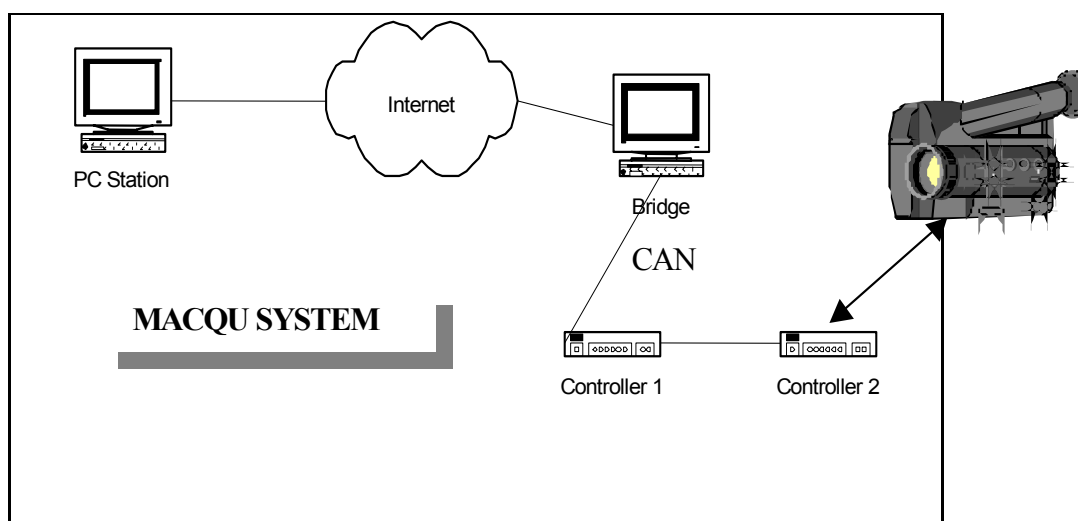
Εκτός από τα ήδη αναπτυγμένα προγράμματα ελέγχου MACQU, υπάρχει η ικανότητα ακόμη και στους ανίδεους χρήστες, με την κατάλληλες βοήθεια και την καθοδήγηση να κατασκευάσουν τα δικά τους διοικητικά και ελέγχου προγράμματα, που προσαρμόζονται στις ιδιαίτερες ανάγκες συγκομιδών. Είναι ένα ανοικτό σύστημα έτσι μπορεί να χρησιμοποιήσει όχι μόνο τα γνωστά προγράμματα ελέγχου αλλά έχει επίσης την ικανότητα να ενσωματώσει εύκολα άλλες λογικές ή χρήση του μη-προσδοκώμενου εξοπλισμού (ψεκαστήρες, κ.λπ.).

Πέρα από του λογισμικού, τα συστήματα MACQU προσφέρουν επίσης επεκτασιμότητα υλικού. Κατ' αυτό τον τρόπο, δίνουν πάντα την πιο οικονομική λύση. Παραδείγματος χάριν, εάν κάποιος έχει 3 περιοχές με μερικούς ενεργοποιητές, μπορεί να είναι εξοικειωμένος με μια συσκευή MACQU C κλίματος. Αντίθετα, εάν κάποιος έχει μια σύνθετη περιοχή με πολλούς ενεργοποιητές (π.χ., ένας σύγχρονος βρεφικός σταθμός) το σύστημα μπορεί να επεκταθεί εύκολα για να καλύψει τις πλήρεις ανάγκες του. Μπορεί "να δεσμεύσει" μέχρι 100 μικροελεγκτές θερμοκηπίων σε ένα ενιαίο σύστημα διαχείρισης και να αλληλεπιδράσει μεταξύ τους. Η σύνδεση μπορεί να γίνει με καλώδιο ή ασύρματα.. Με τη δυνατότητα να

συνδέσει μέσω του Διαδικτύου, ο παραγωγός μπορεί να ελέγξει τις λειτουργώντας μονάδες του σε όλο τον κόσμο

Με αυτά τα εργαλεία, που ονομάζονται εικονικές μεταβλητές (VV), ο χρήστης είναι σε θέση να κατασκευάσει οποιαδήποτε πιθανά σχήματα ελέγχου. Αυτή η φιλοσοφία είναι βασισμένη στο σύστημα MACQU, το οποίο έχει αναπτυχθεί ως ανοικτό σύστημα SCADA με έναν βασισμένο στον ελεγκτή πραγματικού-χρόνου-έλεγχο. Οι πρόσφατα προστιθέμενες τεχνολογίες στη μακρινή συνδετικότητα υποστήριξης του Διαδικτύου και μια μακρινή φωτογραφική μηχανή έχουν μετατρέψει το σύστημα MACQU σε ένα εικονικό περιβάλλον ελέγχου με την εκπαιδευτική αλλά και εμπορική δυνατότητα εφαρμογής. Αυτές οι προηγμένες ικανότητες έχουν χρησιμοποιηθεί εδώ για να μετατρέψουν ένα πραγματικό θερμοκήπιο σε ένα εικονικό θερμοκήπιο, διαθέσιμο σε οποιοδήποτε εξουσιοδοτημένο "επισκέπτη".

Το MACQU εικονικό θερμοκήπιο είναι βασισμένο σε μια διαμόρφωση υπολογιστών πελατών/κεντρικών υπολογιστών όπως μπορεί να φανεί στο σχέδιο 1.



Σχέδιο 1 ; περίπτωση τηλεχειρισμού: Το PC συνδέεται με τους ελεγκτές μέσω Διαδικτύου.

Ο χρήστης βρίσκεται στην πλευρά των πελατών. Ο πελάτης θα μπορούσε να είναι οποιοσδήποτε υπολογιστής με πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Ο κεντρικός υπολογιστής είναι ένα PC εντόπιζε κοντά στο θερμοκήπιο. Ο κεντρικός υπολογιστής στέλνει στον πελάτη όλες τις ζητούμενες μετρήσεις και μεταφέρει όλες τις εντολές οργάνωσης που διαβιβάζονται από τον πελάτη στους ελεγκτές MACQU. Οι ελεγκτές MACQU είναι αρμόδιοι για την εκτέλεση αυτών των εντολών και στέλνουν στον κεντρικό υπολογιστή τις νέες μετρήσεις και τις εικόνες. Αυτή η διαμόρφωση έχει το πλεονέκτημα ότι όλος ο έλεγχος αντιμετωπίζεται τοπικά από τον ελεγκτή. Με αυτόν τον τρόπο, τα προβλήματα που προκαλούνται από την ποιότητα των δικτύων αποφεύγεται.

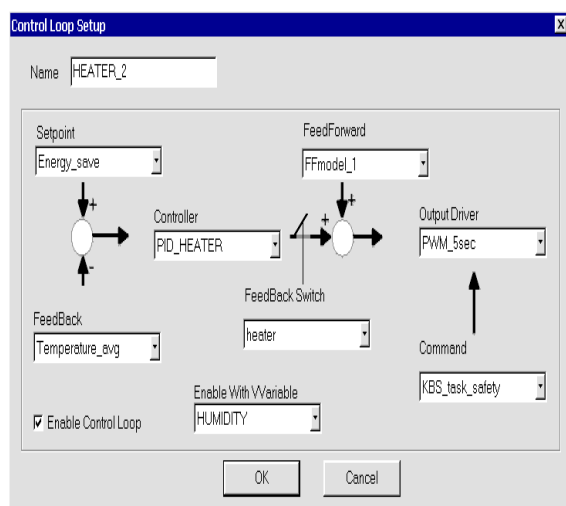
Στην περίπτωση μας ο ελεγκτής MACQU εγκαθίσταται σε ένα θερμοκήπιο. Όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση στις μετρήσεις και τον οπτικό έλεγχο του συστήματος οποιαδήποτε στιγμή. Επιπλέον έχουν πρόσβαση στην έκδοση επίδειξης που είναι ολόκληρο το λογισμικό του υπολογιστή, μαζί με έναν εξομοιωτή ελεγκτών και ένα πρότυπο θερμοκηπίων που συνδέονται για την οργάνωση και την δοκιμασία των

διαφορετικών νόμων ελέγχου, των διαμορφώσεων των βρόχων ελέγχου και ολόκληρων των σεναρίων.

ΜΑΚΡΙΝΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

Η περαιτέρω υποστήριξη είναι διαθέσιμη για μια φωτογραφική μηχανή που συνδέεται με έναν ελεγκτή MACQU για να στείλει τις εικόνες του εσωτερικού θερμοκηπίων στο μακρινό PC μέσω Διαδικτύου. Κατά τη διάρκεια μιας εξ' αποστάσεως πρόσβασης του VG η λογική ελέγχου τρέχει στον ελεγκτή αλλά όλες οι μεταβλητές του συστήματος είναι διαθέσιμες στο μακρινό σταθμό για τον έλεγχο, χρησιμοποιώντας ένα πλούσιο σύνολο γραφικών παραστάσεων παρουσίασης. Κατά συνέπεια ολόκληρη η λειτουργία είναι διαφανής στο χρήστη, οι έλεγχοι που οργανώνονται στον πραγματικό χρόνο τοπικά στο VG και τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμοι από απόσταση με την ταχύτητα σύνδεσης, χωρίς επιρροή της πραγματικής λειτουργίας τρόπου. Η ρυθμοαπόδοση των καναλιών διαιρείται από το χρήστη μεταξύ των εμφανιζόμενων δεδομένων και των στιγμών λήψης των φωτογραφικών μηχανών. Η χρήση φωτογραφικών μηχανών είναι για:

- α. Οπτικός ελεγκτικός το πείραμα ή το θερμοκήπιο (GH)
- β. Διευθυντικοί λόγοι :



- Επιθεώρηση και διάγνωση των μηχανημάτων
- Σαν αισθητήρα φωτογραφικών μηχανών με καλό ζουμ για να ανιχνεύσει τις ασθένειες, στο αύξηση της ανάπτυξης των φυτών και για να γίνει ένας προηγμένος αισθητήρας στο μέλλον
- Ηλεκτρονικό εμπόριο μεταξύ του καλλιεργητή και του καταναλωτή, που διαφημίζουν το προϊόν στη GH

Σχέδιο 2. Ένας εικονικός βρόχος ελέγχου

Οι τεχνικές πρόοδοι επιτρέπουν ώστε να ελέγξουμε καλύτερα το σύστημα ελέγχου τοπικά και από απόσταση. Αυτό βελτιώνει τις τεχνολογίες ελέγχου για τον πληρέστερο έλεγχο στα προηγμένα συστήματα διαχείρισης όπου ο έλεγχος είναι μόνο χαμηλού επιπέδου υποσύστημα όταν υπερβεί το σχέδιο. Μια φωτογραφική μηχανή που συνδέεται με έναν ελεγκτή MACQU μπορεί να στείλει τις εικόνες σε ένα μακρινό PC μέσω Διαδικτύου. Κατά τη διάρκεια μιας εξ' αποστάσεως πρόσβασης του εικονικού εργαστηρίου η λογική ελέγχου τρέχει στον πραγματικό ελεγκτή αλλά όλες οι μεταβλητές συστημάτων είναι διαθέσιμες στο μακρινό σταθμό για τον έλεγχο, χρησιμοποιώντας ένα πλούσιο σύνολο γραφικής παράστασης παρουσίασης. Ολόκληρη η λειτουργία είναι διαφανής στο χρήστη, οι έλεγχοι που οργανώνονται σε πραγματικό χρόνο τοπικά στο VL και τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμοι από απόσταση. Οι εντολές φωτογραφικών μηχανών (παν-κλίση-ζουμ) είναι διαθέσιμες στον τοπικό ή μακρινό χρήστη. Η μελλοντική χρήση φωτογραφικών μηχανών είναι επίσης για την έγκαιρες ανίχνευση και τη διαχείριση παρασίτων. Τα υβριδικά

συνεργικά συστήματα μπορούν να επιτύχουν τις νέες διαταγές του ελέγχου και της διαχείρισης για τη σύνθετη λειτουργία συστημάτων. Το οικονομικό αποδοτικό υλικό (φωτογραφική μηχανή) και η συνδετικότητα IP παρέχουν τις νέες διαστάσεις για τη μακρινή υποστήριξη και σε μακρινές εγκαταστάσεις κατάρτισης.

ΦΙΛΙΚΟ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ.

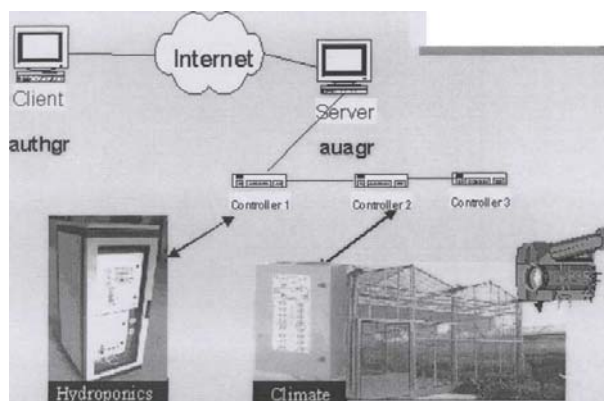
Η επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του συστήματος εκτελείται μέσω των απλών κουμπιών που καθορίζουν τα setpoints. Σε περίπτωση άκυρων επιλογών, το σύστημα αντιδρά και συμβουλεύεται το χρήστη.

ΔΙΑΓΝΩΣΕΙΣ

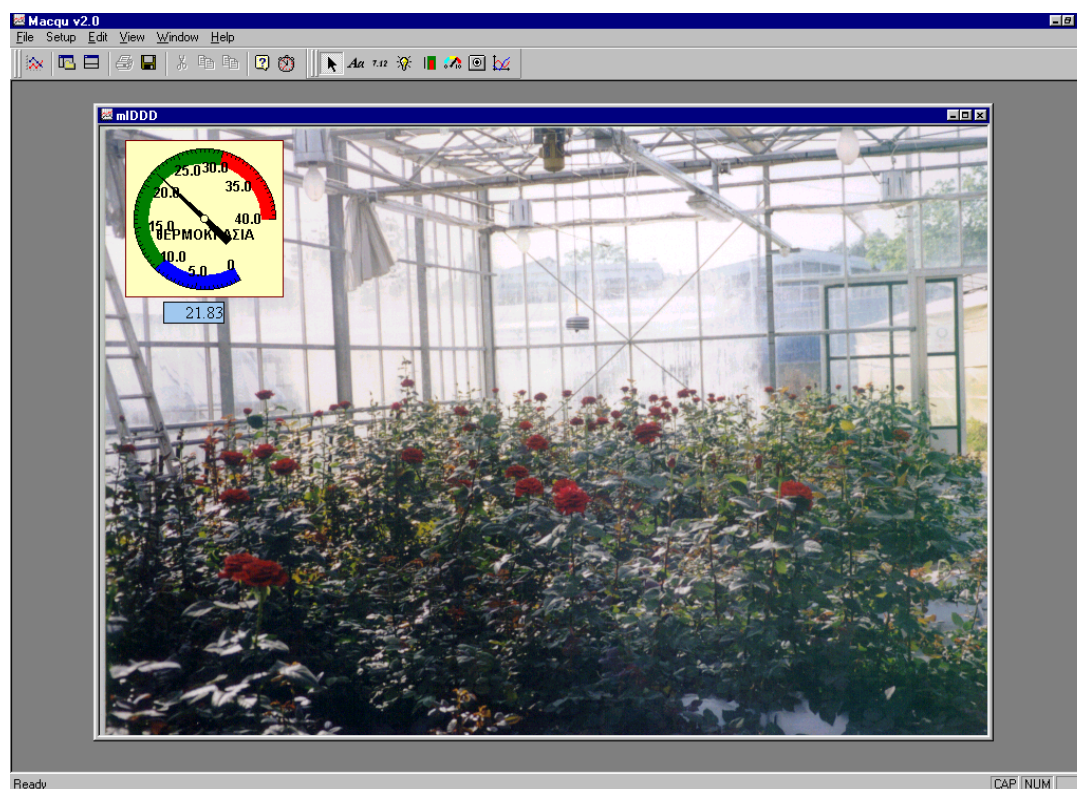
Έχει την ικανότητα να εξάγει τα συμπεράσματα και να συμβουλεύει το χρήστη για να λάβει ορισμένα μέτρα. Η λογική των συμπεράσματος διαμορφώνεται "επί τόπου" ανάλογα με την περίπτωση. Σε ορισμένες περιπτώσεις ένας συναγερμός ενεργοποιείται (το σύστημα είναι εξοπλισμένο με τα σημάδια προειδοποίησης, οπτικά ή ακουστικά).

ΕΥΣΤΡΟΦΙΑ MACOU

1. δυνατότητα να δημιουργηθούν τα αυτορρυθμιζόμενα λειτουργικά πρότυπα έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν από μόνοι τους και με την ακρίβεια (εφαρμογή στη ρύθμιση της άρδευσης της υδροπονίας).
2. εξειδικευμένος ηλεκτρονικός αισθητήρας φύλλων για το σύστημα ομίχλης με υψηλή ακρίβεια.
3. εξειδικευμένο πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας που χρησιμοποιεί την ολοκλήρωση της θερμοκρασίας.
4. το εξειδικευμένο πρόγραμμα λειτουργίας και ελέγχου διαχειρίζεται τις πολλαπλές πηγές θερμότητας και το σύστημα επιτυγχάνει μια καλύτερη θερμική διανομή, ένα ομοιόμορφο περιβάλλον και εξοικονόμηση ενέργειας.
5. σύνδεση με τη μακρινή φωτογραφική μηχανή έτσι ώστε να μπορούμε να ελέγξουμε την κατάσταση μέσα στο θερμοκήπιο.
6. αυτορρυθμιζόμενα επιθυμητά setpoints
7. έλεγχος λιπάσματος στο ανώτερο όριο αποξηράνσεων (ΕΚ)
8. αυτοματοποιημένη επιλογή συνταγής θρεπτικού διαλύματος ανάλογα με τους όρους λήψης κάθε θρεπτικής ουσίας.
9. ρύθμιση του θρεπτικού διαλύματος, της αποξήρανσης ΕΚ και του κλίματος για τη μέγιστη χρήση αλατούχου νερού.
10. εύκολη μετάβαση από τα ανοικτά συστήματα άρδευσης σε κλειστά αυτούς και NFT.
11. ικανότητα ελέγχου "ρίζας και κλίματος" για την ενσωματωμένη παραγωγή.



ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ MACQU



Εικόνα 1: Παρουσίαση στον υπολογιστή μέσω γραφικών της τρέχουσας κατάστασης του θερμοκηπίου. Σαν υπόβαθρο μπορούμε να έχουμε την πραγματική εικόνα του θερμοκηπίου που δίνεται μέσω κάμερας σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχει πλούσια συλλογή γραφικών τα οποία επιλέγονται επί τόπου από τον χρήστη

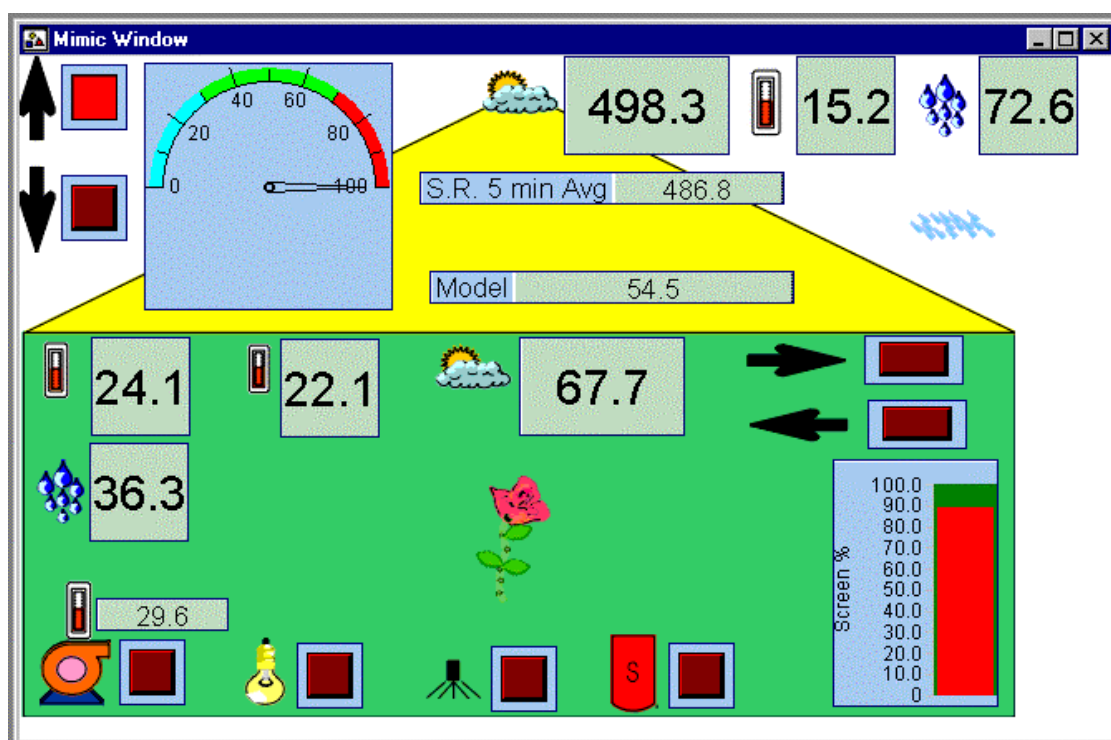
Το σύστημα αποτελείται από έναν αριθμό περιφερειακών σταθμών (ανάλογα με τον αριθμό των μονάδων που θέλουμε να ελέγξουμε).

Οι περιφερειακοί αυτοί σταθμοί συνδέονται μεταξύ τους καθώς και με έναν κεντρικό υπολογιστή (PC) καλωδιακά. Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας όταν οι αποστάσεις είναι μεγάλες ή όταν ο χώρος μεταξύ των μονάδων και του γραφείου (ηλεκτρονικού υπολογιστή) δεν είναι στη διάθεση του χρήστη. Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης με το θερμοκήπιο μέσω modem ή μέσω Internet, δίνοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να επιβλέπει από απόσταση (π.χ. από το σπίτι του) την κατάσταση στο θερμοκήπιο.

Κάθε περιφερειακός σταθμός είναι πλήρως αυτόνομος και ελέγχει ένα συγκεκριμένο χώρο. Ο κεντρικός υπολογιστής χρησιμοποιείται μόνο για την αποστολή των επιθυμητών παραμέτρων λειτουργίας στους αντίστοιχους περιφερειακούς σταθμούς, καθώς και για την συνολική παρακολούθηση όλων των μονάδων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρουσίαση των ιστορικών δεδομένων και γεγονότων των σταθμών. Η παρακολούθηση γίνεται μέσα από μία μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων γραφικών πραγματικού χρόνου, όπου απεικονίζεται η κατάσταση του Θερμοκηπίου, με γραφικό ή και παραστατικό τρόπο (μέσω εικόνων που απεικονίζουν τον ελεγχόμενο χώρο ή μιμικών διαγραμμάτων), ανάλογα με την επιλογή του χρήστη (εικ. 1). Επίσης δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης με video-camera (εικ. 2) και ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί ζωντανά την

κατάσταση στο θερμοκήπιο μέσα από την οθόνη του υπολογιστή, ακόμη και από το διαδίκτυο (πχ ευρισκόμενος σε άλλη χώρα).

Όλοι οι περιφερειακοί σταθμοί πέρα από τη δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης των διαφόρων μετρήσεων, έχουν και τη δυνατότητα υπολογισμού και αποθήκευσης διαφόρων στατιστικών στοιχείων που επιθυμεί ο χρήστης όπως μέση τιμή, μέγιστο, ελάχιστο και τυπική απόκλιση, στοιχεία που ανακαλούνται από τον κεντρικό υπολογιστή και αποθηκεύονται στο σκληρό δίσκο σε βάση δεδομένων. Τα στοιχεία αυτά ο χρήστης μπορεί να τα δει μέσα από γραφικές παραστάσεις, να τα επεξεργαστεί και να βγάλει τα συμπεράσματά του, ενώ υπάρχει η δυνατότητα για περαιτέρω επεξεργασία, από κάποιο στατιστικό πρόγραμμα της επιθυμίας του.



Εικόνα 1: Παρουσίαση στον υπολογιστή μέσω μιμικών διαγραμμάτων της τρέχουσας κατάστασης του θερμοκηπίου. Σαν υπόβαθρο μπορούμε να έχουμε κάποιο σχέδιο του θερμοκηπίου.

Μία από τις πιο σημαντικές δυνατότητες του συστήματος είναι η δημιουργία νέων μεγεθών. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει τα δικά του **εικονικά μεγέθη** (virtual variables) μέσα από μία πληθώρα διαθέσιμων εξισώσεων και αλγόριθμων και να τα χειριστεί όπως οποιοδήποτε άλλο μετρούμενο μέγεθος. Για παράδειγμα, μπορεί να υπολογίζει το έλλειμμα υγρασίας ή την εξατμισοδιαπνοή ώστε να αυτορυθμίζεται η άρδευση ανάλογα με τις ανάγκες. Επίσης, μπορεί να έχει ανά πάσα στιγμή τη μέση τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας των προηγούμενων π.χ. δύο ωρών, μέγεθος που αν το επιθυμεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του επιθυμητού επιπέδου της θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο στο θερμοκήπιο ή για την λειτουργία της κουρτίνας. Με τα εικονικά αυτά μεγέθη δίνεται η δυνατότητα χρήσης μοντέλων ανάπτυξης φυτών με βάση τη βιβλιογραφία ή την εμπειρία του παραγωγού χρήστη. Αυτά τα «ανοικτά» μοντέλα, τα οποία μπορούν να ιδρύονται επί τόπου ανάλογα με τις ανάγκες και να εκτελούνται από τον περιφερειακό σταθμό

χωρίς την ανάγκη συνεχούς λειτουργίας του υπολογιστή του γραφείου, αποτελούν πρωτοτυπία του MACQU. Μέσα από αυτή την δυνατότητα έχουν αναπτυχθεί έτοιμα μοντέλα 1) για την λειτουργία των πολλαπλασιαστηρίων (ηλεκτρονικό φύλλο), 2) για την διαχείριση της άρδευσης με απόλυτη ακρίβεια, 3) για εξοικονόμηση ενέργειας και 4) για την έξυπνη λειτουργία των παραθύρων. Επί πλέον μικρότερα τέτοια μοντέλα επιτρέπουν την λειτουργία του διοξειδίου του άνθρακος, των φώτων. Άλλα ειδικά εργαλεία του προγράμματος είναι:

1. *Εικονικοί ελεγκτές*. Είναι ειδικά προγράμματα ελέγχου τα οποία καλούνται να ελέγξουν δύσκολες διαδικασίες όπως έλεγχος της θέρμανσης, έλεγχος υδροπονίας κλπ
2. *Έξυπνος προσαρμοστής*: Είναι ένα γενικό πρόγραμμα προσαρμογής και βελτιστοποίησης (νευρωνικό δίκτυο) το οποίο μπορεί να συνδυάζεται με διάφορες διαδικασίες(βλ παρακάτω προσαρμογή της άρδευσης) και να τις προσαρμόζει ανάλογα με τις κρατούσες συνθήκες και το επιθυμητό κόστος.
3. *Οδηγοί εξόδου*: Υπάρχει οδηγοί οι οποίοι καλούνται να οδηγήσουν εξόδους του συστήματος ανάλογα με την υφιστάμενο εξοπλισμό ώστε να μη υπάρχουν προαπαιτήσεις ως προς τον τύπο των μηχανισμών που υπάρχουν στο θερμοκήπιο πχ βάνα θέρμανσης ON/OFF ή προοδευτική περιστροφική ή αναλογική ή τρίοδη βιομηχανικού τύπου 4-20 mA κλπ.
4. *Έξυπνες Ψηφιακές είσοδοι*: Εκτός από τις αναλογικές εισόδους με τις οποίες κάθε ελεγκτής μπορεί να διαβάσει οποιονδήποτε αισθητήρα κατ' ευθείαν χωρίς μετατροπέα υπάρχουν και οπτικά απομονωμένες εισοδοι για ανάγνωση οποιουδήποτε τύπου ψηφιακού αισθητήρα. Έτσι επιτηρούνται καταστάσεις του εξοπλισμού (πχ πόρτα ανοικτή ή κλειστή, καυστήρας σε λειτουργία, άδεια δεξαμενή, ύπαρξη νερού κλπ) ή γίνεται καταμέτρηση συμβάντων ή μέτρηση συχνότητας (πχ ανεμόμετρο, στροφές, ροόμετρα κλπ). Αυτά συνδέονται με τα εικονικά μεγέθη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προειδοποίηση, alarm, ελέγχους ασφάλειας κλπ.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το σύστημα παρέχει μία σειρά *βασικών* προγραμμάτων ελέγχου για θερμοκήπια, κατάλληλα για τον απλό χρήστη, τα οποία όμως επιτρέπουν την 'έξυπνη' ρύθμιση του θερμοκηπίου. Τα προγράμματα αυτά είναι:

- *Έλεγχος της θέρμανσης*:

Για τον έλεγχο της θέρμανσης έχουμε τη δυνατότητα να ορίσουμε μέχρι δέκα διαφορετικά χρονικά διαστήματα με διαφορετική επιθυμητή θερμοκρασία. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να ελέγχει είτε τον κυκλοφορητή ελέγχοντας την εσωτερική θερμοκρασία, είτε μία τρίοδη ή τετράοδη βάνα ελέγχοντας την θερμοκρασία του νερού της θέρμανσης.

- *Έλεγχος παραθύρων*:

Το σύστημα μπορεί να ελέγξει μέχρι τέσσερα παράθυρα χωριστά (δύο οροφής και δύο πλευρικά). Ανάλογα με τις συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, εσωτερική θερμοκρασία, εξωτερική θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου, κατεύθυνση ανέμου, εσωτερική σχετική υγρασία), το σύστημα φέρνει τα παράθυρα στην κατάλληλη θέση (υπήνεμα-προσήνεμα), ώστε να έχουμε τον καλύτερο δυνατό εξαερισμό του θερμοκηπίου. Με τον έλεγχο των παραθύρων μπορούμε εν μέρει να ελέγξουμε τα υψηλά επίπεδα της εσωτερικής σχετικής υγρασίας μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις μυκητολογικές ασθένειες. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις πολύ δυνατού ανέμου ή πολύ χαμηλών θερμοκρασιών ο έλεγχος των παραθύρων προσαρμόζεται ανάλογα.

- *Έλεγχος κουρτίνας σκίασης.*

Η κουρτίνα σκίασης ανοιγοκλείνει ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει η κουρτίνα να κλείνει τελείως ή να παραμένει ένα μικρό άνοιγμα ανάλογα με την θερμοκρασία και την υγρασία για εξαερισμό.

- *Έλεγχος θερμοκουρτίνας*

Η θερμοκουρτίνα κλείνει το βράδυ και ανοίγει το πρωί, ανάλογα πάντα με την εξωτερική θερμοκρασία. Επειδή συνήθως η κουρτίνα σκίασης και η θερμοκουρτίνα είναι η ίδια, το σύστημα έχει την δυνατότητα να ελέγχει την ίδια κουρτίνα σαν κουρτίνα σκίασης την ημέρα και σαν θερμοκουρτίνα το βράδυ.

- *Έλεγχος κουρτίνας συσκότισης:*

Ορίζουμε τη χρονική στιγμή κλεισίματος της κουρτίνας καθώς και τη διάρκεια που θα παραμείνει κλειστή. Αν εκείνη τη χρονική στιγμή η θερμοκρασία είναι υψηλή, μπορούμε να καθυστερήσουμε το κλείσιμο της κουρτίνας για κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

- *Έλεγχος διοξειδίου του άνθρακα:*

Η προσθήκη CO₂ γίνεται βάση των επιθυμητών ορίων που έχουμε καθορίσει. Τα επιθυμητά όρια προσαρμόζονται ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία και την θερμοκρασία. Η διαδικασία ελέγχου αλληλεπιδρά με τον έλεγχο των παραθύρων ώστε να μη γίνεται σπατάλη διοξειδίου αλλά λειτουργεί έξυπνα και μπορεί να καθυστερήσει το άνοιγμα των παραθύρων όταν υπάρχει ανάγκη αύξησης της φωτοσύνθεσης (πχ ηλιοφάνεια μετά συνεχή συννεφιά).

ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Με τα χρονικά προγράμματα δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να φτιάξει τα δικά του προγράμματα άρδευσης, φωτοπεριοδισμού, υδρονέφωσης ή γενικά οτιδήποτε θέλει να συμβαίνει περιοδικά στο θερμοκήπιο. Στην περίπτωση της άρδευσης ορίζουμε επίσης τις στάσεις, την σειρά των στάσεων και το χρόνο άρδευσης κάθε στάσης.

	Time (hh:mm)	Heating	Ventilation
1	08:00	23	25
2	12:00	24	25
3	18:00	23	25
4	21:00	17	25
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Εικόνα 3: Διάλογος για την ρύθμιση της θέρμανσης και των παραθύρων. Μπορούμε να ορίσουμε διαφορετικές επιθυμητές τιμές για δέκα χρονικά διαστήματα του εικοσιτετραώρου.

Παράδειγμα : ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
1. Χειροκίνητα	-	Η άρδευση ξεκινά κατόπιν εντολής από το χρήστη.
2. Συγκεκριμένες χρονικές στιγμές	Επιλογή των ωρών.	Η άρδευση ξεκινά σε συγκεκριμένη ώρα.
3. Ανά καθορισμένο χρονικό διάστημα	Επιλογή της περιόδου	Η άρδευση γίνεται περιοδικά μέσα σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.
4. Με χρήση μοντέλου εξατμισοδιαπνοής	Συντελεστές μοντέλου εξατμισοδιαπνοής	Η άρδευση ξεκινά όταν το μοντέλο εξατμισοδιαπνοής υπολογίσει ότι καταναλώθηκε η προηγούμενη δόση.
5. Βάση της ένδειξης κάποιου οργάνου (π.χ. υγρασία εδάφους)	Όρια λειτουργίας	Η άρδευση ξεκινά όταν το επιτρέψει η ένδειξη του οργάνου.

Η περίπτωση 4.μοντέλο και 5.όργανο υγρασίας μπορούν να συνδυάζονται από το MACQU-προσαρμοστή ώστε ο έλεγχος τελικά να γίνεται από αυτοπροσαρμοζόμενο μοντέλο. Η τεχνική αυτή βασίζεται σε ειδικό πρόγραμμα βελτιστοποίησης το οποίο δίνει εξαιρετικά αποτελέσματα σε ακρίβεια, αξιοπιστία αλλά και επιτρέπει διαγνωστικά της κατάστασης της φυτείας. Τα προγράμματα άρδευσης μπορούν να συνδυαστούν και με κάποιο πρόγραμμα υδροπονίας. Στην περίπτωση άρδευσης υδροπονικών καλλιεργειών το σύστημα είναι σε θέση να ρυθμίζει την ποσότητα της άρδευσης καθώς και την συχνότητα των ποτισμάτων έτσι ώστε να έχουμε ένα σταθερό ποσοστό απορροής πχ 20%. Με τον τρόπο αυτό τα φυτά παίρνουν ακριβώς την ποσότητα διαλύματος που χρειάζονται επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα μεγάλη οικονομία σε λιπάσματα και νερό άρδευσης. Εάν το νερό της προσαρμοσμένης δόσης πλεονάσει τότε ειδοποιεί για πιθανό πρόβλημα στην φυτεία ενώ αν δεν αρκεί προειδοποιεί για πιθανό μηχανικό πρόβλημα (βλάβη στη βάνα ή βουλωμένα μπεκ κλπ). Τα χρονικά προγράμματα, εκτός από την άρδευση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλες λειτουργίες ενός θερμοκηπίου, όπως:

1. Λειτουργία των φώτων για τον έλεγχο του φωτοπεριοδισμού.
2. Λειτουργία των φώτων για την προσθήκη συμπληρωματικού φωτισμού φωτοσύνθεσης στα φυτά. Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα υπολογισμού της συνολικής ακτινοβολίας που δέχτηκαν τα φυτά κατά την διάρκεια της ημέρας, και αν κρίνεται απαραίτητο να συμπληρώσει το απαιτούμενο φως κατά την νύχτα.
3. Λειτουργία της υδρονέφωσης σε ευαίσθητους και ιδιαίτερα απαιτητικούς χώρους όπως τα πολλαπλασιαστήρια. Το σύστημα έχει την δυνατότητα ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο πολλαπλασιαστήριο (θερμοκρασία, ακτινοβολία, υγρασία) να αυτορυθμίζει την διάρκεια και την περίοδο του ψεκασμού του νερού. Το αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας είναι η υγρασία να διατηρείται σταθερή στα επιθυμητά υψηλά επίπεδα χωρίς τα φυτά άλλοτε να βρέχονται υπερβολικά και άλλοτε να είναι στεγνά.

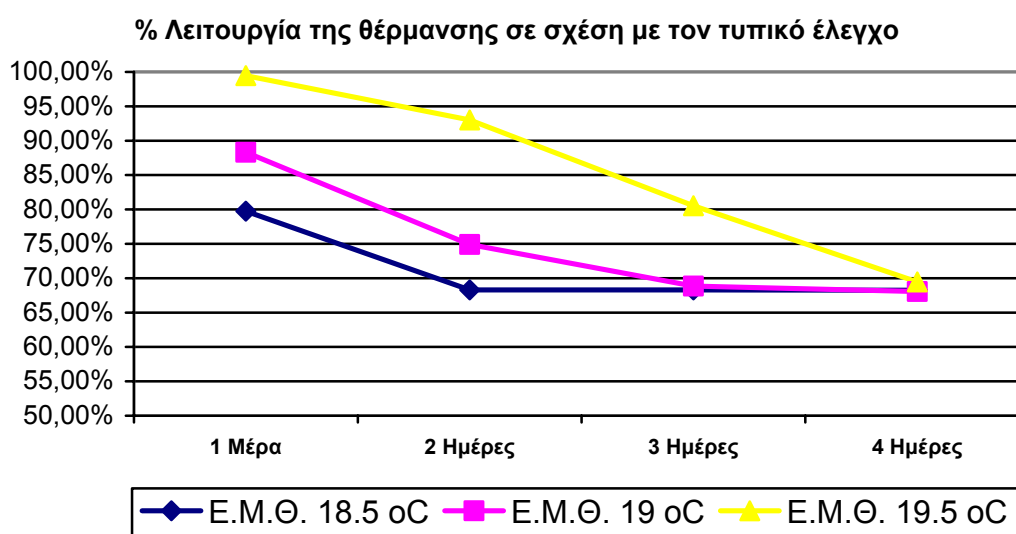
Ο έλεγχος της άρδευσης και της θρέψης των φυτών στο θερμοκήπιο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια μιας μεθόδου βασισμένης στη συνεχή και αυτόματη προσαρμογή των παραμέτρων ενός μοντέλου εξατμισοδιαπνοής. Το μοντέλο μπορεί να υπολογίσει την ποσότητα του νερού που

έχει καταναλωθεί και συνεπώς να προγραμματίσει και το χρονοδιάγραμμα της άρδευσης. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την απ' ευθείας και επιτόπου αναγνώριση των αναγκών των φυτών σε νερό και επιπρόσθετα παρέχει πληροφορίες για τη δημιουργία μοντέλων διαπνοής. Ένα τέτοιο μοντέλο έχει συνήθως ως παραμέτρους μερικές από τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως είναι η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία, και η σχετική υγρασία.

ΑΝΟΙΧΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Με τα "ανοιχτά προγράμματα ελέγχου" ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει τις δικές του τεχνικές και προγράμματα ελέγχου ανάλογα με τις επιθυμίες και την εμπειρία του. Το σύστημα δίνει την ευχέρεια στο χρήστη να συμπεριλάβει παράγοντες και μεγέθη στον έλεγχο του θερμοκηπίου που μπορεί να δημιουργήσει ο ίδιος. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να ορίσει για 10 διαφορετικά διαστήματα της ημέρας διαφορετικές επιθυμητές θερμοκρασίες ή **ακόμα και διαφορετική λογική έλεγχο**. Για παράδειγμα γνωρίζοντας ότι τα φυτά αντιδρούν θετικά σε ένα δεδομένο μέσο όρο θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, είναι δυνατόν το βράδυ να μειωθεί η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο σε τέτοιο βαθμό (μέσα σε κάποια όρια τα οποία ορίζονται ανάλογα με το φυτό και το στάδιο ανάπτυξης) ώστε η συνολική μέση θερμοκρασία του εικοσιτετραώρου να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη μέση επιθυμητή που ορίζει ο χρήστης. Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μια ηλιόλουστη χειμωνιάτικη ημέρα που θα μας δώσει υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας, μειώνοντας την θερμοκρασία το βράδυ (εντός ορίων). Με τον τρόπο αυτό η θέρμανση το βράδυ θα λειτουργήσει λιγότερο, εξασφαλίζοντας οικονομία καυσίμων στον παραγωγό.

Σε πειράματα που έγιναν στο Γ.Π.Α. βρέθηκε ότι με τη χρήση του επιθυμητού μέσου όρου μίας ημέρας ή περισσότερων ημερών έχουμε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τον τυπικό τρόπο ορισμού της επιθυμητής θερμοκρασίας στα θερμοκήπια (μία τιμή ημέρας και μία τιμή νύχτας). Ανάλογα με τον αριθμό των ημερών του επιθυμητού μέσου όρου και της τιμής αυτού του επιθυμητού μέσου όρου, μπορούμε να επιτύχουμε εξοικονόμηση ενεργείας από 10% μέχρι και 30 % σε μερικά ανθεκτικά φυτά.



Εικόνα 4: Σχετική λειτουργία της θέρμανσης με χρήση του μέσου όρου 1,2,3και 4 ημερών, ως προς τη λειτουργία της με τυπικό έλεγχο.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Η συσκευή ελέγχου κλίματος MACQU C είναι μια απλή κατασκευή, φτιαγμένη από απλά ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά μέρη. Όλα τα μέρη είναι ελαστικά στις περιβαλλοντικές συνθήκες του θερμοκηπίου. Το χαμηλότερο κόστος επιτρέπει τη χρήση του MACQU C από τα πλαστικά θερμοκήπια μέχρι στα high-end ανθοκομίας. Λειτουργεί με έναν ειδικό μικροϋπολογιστή που λειτουργεί ασταμάτητα, και μπορεί να συνδεθεί με έναν υπολογιστή γραφείου. Ο υπολογιστής γραφείου απαιτείται κυρίως για να ρυθμίσει το λογισμικό στο μικροϋπολογιστή θερμοκηπίων, ανάλογα με τις ανάγκες εγκαταστάσεων, καθώς επίσης και για να ελέγξει και να επιδείξει την κατάσταση. Επιπλέον, ο υπολογιστής μπορεί να συνδεθεί με το Διαδίκτυο ή με το σπίτι. Ο υπολογιστής, μετά από την αρχική οργάνωση, δεν είναι απαραίτητος για το σύστημα

Η συσκευή έχει τα κουμπιά που αλλάζουν τα setpoints έτσι ώστε ο παραγωγός μπορεί εύκολα να τα αλλάξει χωρίς τον υπολογιστή. Το σύστημα MACQU C συνεργάζεται με τη υδροπονική συσκευή MACQU X για την ολοκληρωμένη διαχείριση. Το σύστημα περιλαμβάνει έτοιμο για χρήση προγράμματα ελέγχου που ενσωματώνουν την πιο πρόσφατη επιστημονική πρόοδο στον έλεγχο θερμοκηπίων. Το λογισμικό περιλαμβάνει:

- έλεγχος θερμοκρασίας
- έλεγχος μέχρι 4 συνόλων παραθύρων
- έλεγχος υγρασίας
- σκίαση της οθόνης
- θερμική οθόνη
- φως και οθόνη black.out
- έλεγχος του CO₂
- συστήματα ομίχλης
- ψυκτική επιφάνεια
- δυναμικός εξαερισμός αέρα
- έλεγχος άρδευσης
- ψεκαστήρες, κ.λπ.

Στην συνέχεια υπάρχουν μερικά παραδείγματα του απλού ελέγχου, κατανοητά ακόμη και στον ανίδεο χρήστη, χωρίς οποιαδήποτε ανάγκη για την περαιτέρω εξήγηση.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ.

Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις αποτελούν εξ ορισμού ένα χώρο με ελεγχόμενες κλιματικές συνθήκες. Τελευταία ο έλεγχος εκτείνεται και στον έλεγχο της θρέψης με υδροπονικές μεθόδους αλλά και πάρα πέρα στην συνεργασία κλίματος και θρέψης, είτε με στόχο το μέγιστο αποτέλεσμα είτε με στόχο την μέγιστη χρήση κακής ποιότητας ή ανακυκλούμενου νερού. Εκτός από τον έλεγχο της θρέψης, η παραγωγικότητα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών εξαρτάται από το σωστό έλεγχο διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν το κλίμα ενός θερμοκηπίου, όπως η θερμοκρασία, τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, η ηλιοφάνεια και η σχετική υγρασία.

Η τυπική μέθοδος καθορισμού της επιθυμητής θερμοκρασίας σε ένα θερμοκήπιο συνίσταται στον καθορισμό δύο τιμών: μία τιμή αποτελεί το χαμηλό όριο της θερμοκρασίας στο οποίο ενεργοποιείται η θέρμανση κατά τη διάρκεια της νύχτας και μία δεύτερη τιμή αποτελεί την αντίστοιχη τιμή για την διάρκεια της ημέρας. Βέβαια για μια παγερή ημέρα θα έπρεπε να ισχύει κάτι ενδιάμεσο. Σύγχρονα συστήματα

έχουν την δυνατότητα να συναρτούν τη θερμοκρασία θέρμανσης με την ηλιακή ακτινοβολία. Ο τρόπος αυτός οδηγεί στη χρήση «μερικών» ή «επιμέρους» προτύπων των βιολογικών διεργασιών, των οποίων η χρήση είναι και πιο αξιόπιστη από αυτές των ολικών προτύπων (π.χ. TOMGROW – ολικό πρότυπο τομάτας).

Από διάφορα ερευνητικά αποτελέσματα έχει αποδειχθεί ότι, για την πλειοψηφία των φυτών, η ανάπτυξη της καλλιέργειας ανταποκρίνεται στην μέση θερμοκρασία μακρών περιόδων παρά σε συγκεκριμένες στιγμιαίες τιμές. Δηλαδή, είναι προτιμότερο για μια χρονική περίοδο να παρουσιάζεται διακύμανση των θερμοκρασιών αρκεί να εξασφαλίζουμε ότι η μέση θερμοκρασία της περιόδου θα κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα, παρά να επιδιώκουμε να κρατήσουμε σταθερή την θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στα επίπεδα που καθορίζονται από την άριστη θερμοκρασία ημέρας και νύχτας αντίστοιχα, όπως γνωρίζαμε μέχρι σήμερα. Έτσι γεννήθηκε ο νέος όρος ότι τα φυτά λειτουργούν ως «ολοκληρωτές» θερμοκρασίας. Όπως την αφύπνιση από τον χειμερινό λήθαργο την μετράμε σε «ψυχρώρες» έτσι και την επιθυμητή θερμοκρασία την μετράμε σε «θερμοώρες» ορισμένης περιόδου.

Η περίοδος αυτή, δηλαδή η "αποθηκευτική θερμοκρασιακή ικανότητα" των φυτών, ποικίλει από 10 ημέρες για τα γογγύλια έως και 1 ημέρα για τα νεαρά φυτά αγγουριάς. Βασιζόμενοι σε αυτά τα αποτελέσματα έχουμε τη δυνατότητα να αναπροσαρμόζουμε την εκάστοτε επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας ώστε να πετύχουμε έναν επιθυμητό μέσο όρο, για μία συγκεκριμένη περίοδο, και έτσι να έχουμε και ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται αυξάνοντας την επιθυμητή τιμή όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές και μειώνοντάς την αντίστοιχα όταν έχουμε συνθήκες που ευνοούν τις μεγάλες απώλειες θερμότητας από το θερμοκήπιο. Με τον τρόπο αυτό έχουμε στην ουσία μεταφορά βαθμοωρών θερμοκρασίας από μία ζεστή σχετικά χειμωνιάτικη ημέρα στην επόμενη ημέρα. Έτσι, εκμεταλλευόμαστε ουσιαστικά τις ζεστότερες ημέρες με σκοπό να μην καταναλώσουμε πολλή ενέργεια για θέρμανση κατά την διάρκεια των ψυχρότερων ημερών. Η νέα αυτή τάση ενισχύει τη φιλοσοφία των ψυχρών θερμοκηπίων, π.χ. της Βορείου Αμερικής, ενώ στις δικές μας συνθήκες ενισχύεται η φιλοσοφία του «χαλαρού ελέγχου» θερμοκρασίας. Ο όρος αυτός είναι ολίγον ανώτερος από τον απλό έλεγχο ψυχρού στρες.

Μία απλή και σίγουρη μέθοδος με την οποία μπορούμε να επιτύχουμε την ελάχιστη μέση επιθυμητή θερμοκρασία σε μία θερμοκηπιακή καλλιέργεια, είναι η μέθοδος που βασίζεται στην προσαρμογή της επιθυμητής θερμοκρασίας με χρήση των προηγούμενων τιμών της θερμοκρασίας. Το σύστημα δηλαδή, διαθέτει ένα είδος μνήμης το οποίο το βοηθά να «καταλάβει» να θερμάνει περισσότερο μία μέρα που ακολουθεί ψυχρή μέρα, ή να θερμάνει λιγότερο αν προηγήθηκε θερμή μέρα, έτσι ώστε ο μέσος όρος της θερμοκρασίας να διατηρηθεί στα επιθυμητά επίπεδα. Η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί την γνώση ή τη χρήση πολύπλοκων μοντέλων υπολογισμού της φωτοσύνθεσης ή της ανάπτυξης των φυτών. Ταυτόχρονα η μέθοδος αυτή μπορεί να συνυπάρχει με περιόδους συγκεκριμένης τιμής ή τροχιάς της θερμοκρασίας, που επιβάλλονται για άλλους λόγους π.χ. εκδίδωξη υγρασίας το πρωί με αερισμό και θέρμανση.

Με τον τρόπο αυτό ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να καθορίσει κάποιες συγκεκριμένες πολιτικές θερμοκρασίας για κάποιες περιόδους της ημέρας ενώ ο αλγόριθμος του επιθυμητού μέσου όρου ενεργεί ελεύθερα με στόχο τον επιθυμητό μέσο όρο κατά τη διάρκεια μεγαλύτερης περιόδου.

Στην συνέχεια παρουσιάζουμε του παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φυτών για να κατανοήσουμε το πόσο σημαντικός είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας.
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ.

1. Θερμοκρασία

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στα θερμοκήπια επηρεάζει άμεσα τόσο τις λειτουργίες ανάπτυξης των φυτών όσο και άλλες διεργασίες, όπως η ικανότητα απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων, η αντοχή σε ασθένειες και η ανάπτυξη διαφόρων εχθρών.

Το εύρος θερμοκρασιών εντός των οποίων τα φυτά μπορούν να φωτοσυνθέσουν είναι μεγάλο, με βέλτιστες τιμές που κυμαίνονται από τους 20 έως τους 35°C για τα περισσότερα είδη σε εύκρατο κλίμα.

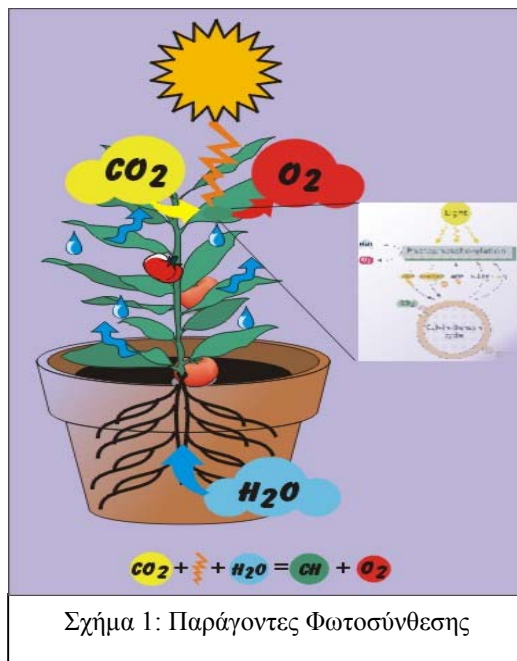
Η επιρροή της θερμοκρασίας στη φωτοσύνθεση εξαρτάται κυρίως από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη διαθεσιμότητα του CO₂. Εάν οι δύο αυτοί παράγοντες βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα, η διεργασία της φωτοσύνθεσης επιταχύνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι το βέλτιστο. Οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν επίσης τόσο τη διαπνοή όσο και την αναπνοή των φυτών αλλά και το ρυθμό ανάπτυξης φύλλων, ανθέων, ριζών και καρπών. Για παράδειγμα, κατά την ανάπτυξη της τομάτας χαμηλή ηλιοφάνεια με υψηλές θερμοκρασίες θα δώσει φυτά κακροστέλεχα και μειωμένης αντοχής.

2. Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί τη μοναδική πηγή ενέργειας των φυτών, η οποία αξιοποιείται μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Ο ρυθμός ανάπτυξης μίας καλλιέργειας είναι στενά συνδεδεμένος με τη φωτοσύνθεση και ως εκ τούτου με τη Φωτοσυνθετικά Ενεργή Ακτινοβολία. Ο «φωτεινός κορεσμός» αποτελεί μία κατάσταση κατά την οποία οι διεργασίες των φυτών αξιοποιούν αισθητά λιγότερο την προσπίπτουσα ακτινοβολία και η οποία συμβαίνει σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Πριν την εμφάνιση του «φωτεινού κορεσμού», η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη φωτοσύνθεση ακολουθεί ένα σχεδόν γραμμικό πρότυπο, δηλαδή τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης είναι ανάλογα του ημερήσιου ποσού φωτός που προσπίπτει στα φύλλα. Ανάλογα γραμμικά αυξανόμενος αναμένεται και ο ρυθμός ανάπτυξης σε σχέση πάντα με το ημερήσιο ποσό ακτινοβολίας που απορροφά μία καλλιέργεια. Για παράδειγμα, σε εντατική καλλιέργεια μαρουλιού παρέχουμε συμπληρωματικό τεχνητό φωτισμό ώστε να καλύπτουμε καθημερινά το μέγιστο ανεκτό (μέχρι τον φωτεινό κορεσμό) και παράγονται μαρούλια ακριβώς 35 ημερών.

3. Διοξείδιο του άνθρακα

Η θετική επιρροή του διοξειδίου του άνθρακα στην ανάπτυξη των φυτών είναι ευρέως γνωστή. Σε κάθε βιολογική διεργασία υπάρχει ένας περιοριστικός (βιολογικός ή εξωτερικός) παράγοντας. Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κυμαίνονται γύρω στα 340 ppm, Σε αυτό το επίπεδο CO₂ τα περισσότερα φυτά αναπτύσσονται ικανοποιητικά αλλά σε ενδεχόμενη αύξηση, αντιδρούν παράγοντας



περισσότερα σάκχαρα, όταν βέβαια η ένταση φωτός είναι αρκετή ώστε να μην αποτελεί το φως περιοριστικό παράγοντα.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα σ' ένα θερμοκήπιο, τα φυτά χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα, μειώνοντας τα επίπεδά του κάτω από τα 340 ppm. Σ' αυτό το σημείο είναι σημαντική η προσθήκη CO₂. Μία πτώση του επιπέδου του CO₂ από 340 σε 200 ppm συνοδεύεται από μείωση της φωτοσύνθεσης ενώ μία αύξηση του CO₂ από τα 340 στα 800-1300 ppm προκαλεί ανάλογη αύξησή της φωτοσύνθεσης. Σε γενικές όμως γραμμές, η προσθήκη CO₂ έχει ευεργετικά αποτελέσματα μόνο εφόσον όλοι οι άλλοι παράμετροι ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένης και της θρέψης, βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Η εγκατάσταση παροχής CO₂ δεν είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι στο πρόγραμμα παροχής CO₂. Συνήθως, όταν υπάρχει αρκετός φωτισμός (ήλιος) συνοδεύεται από αύξηση της θερμοκρασίας οπότε πρέπει να κλείσει ο αερισμός και να κλείσει η παροχή CO₂.

4. Σχετική Υγρασία

Η υπερβολική μείωση της σχετικής υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου, συνήθως προκαλεί μείωση της φωτοσύνθεσης των φυτών. Ως συνέπεια της παρατεταμένης υψηλής διαπνοής των φυτών η περιεκτικότητα των φύλλων τους σε νερό μπορεί να μειωθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε οι φυσιολογικές διεργασίες να παρεμποδίζονται και να παρουσιάζεται μαρανση των φυτών (water stress). Αυτή η κατάσταση εμφανίζεται συχνότερα, όταν τα στομάτια των φύλλων δεν αντιδρούν δραστικά στις μεταβολές της υγρασίας.

Ερευνητικά δεδομένα για την επίδραση της μειωμένης σχετικής υγρασίας σε διάφορα είδη φυτών, δείχνουν μεγάλη διακύμανση των αντιδράσεων από είδος σε είδος.

Η σχετική υγρασία, εκτός από την φωτοσύνθεση, επηρεάζει και τη γενικότερη ποιότητα της παραγωγής. Η διαπνοή των φυτών, η οποία αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει ιδιαιτέρως την ποιότητα της παραγωγής, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την υγρασία. Όταν το έλλειμμα πίεσης υδρατμών (VPD) είναι σε χαμηλά επίπεδα (δηλαδή υψηλή υγρασία), η διαπνοή είναι και αυτή μειωμένη και τα κύτταρα των φυτών διατηρούν τον μέγιστο όγκο τους διότι δεν έχουν απώλειες νερού λόγω διαπνοής. Τα φυτά, που αναπτύσσονται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας τείνουν να έχουν μεγαλύτερα φύλλα, χαρακτηριστικό που σε ορισμένες περιπτώσεις επιδιώκεται ενώ σε άλλες αποφεύγεται. Έχει επίσης αποδειχθεί (MACQU-έκθεση 1995) ότι υψηλή υγρασία επίσης μειώνει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα λόγω μειωμένης κυκλοφορίας αέρα στο μεσόφυλλο, δηλαδή λιγότερο CO₂ μπαίνει στο φύλλο.

Εκτός όμως, από ποιοτικά χαρακτηριστικά που συνδέονται άμεσα με την υγρασία, αυτός ο παράγοντας του περιβάλλοντος επηρεάζει και την εμφάνιση ορισμένων παθογόνων, όπως για παράδειγμα του Βοτρύτη. Η μόλυνση των φύλλων ή των ανθέων από σπόρια διαφόρων μυκητολογικών ασθενειών, κατά την διάρκεια της παραγωγικής περιόδου, είναι δυνατόν να μειώσει την αξία των προϊόντων, καθώς οι σπόροι αυτοί θα αναπτυχθούν κατά την μετασυλλεκτική περίοδο, όπου η σχετική υγρασία του αέρα θα είναι υψηλή.

Γενικά, είναι γεγονός ότι η φωτοσύνθεση αυξάνει κυρίως με την ηλιακή ακτινοβολία ενώ ταυτόχρονα η ανάπτυξη του φυτού εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την θερμοκρασία. Υπάρχει μία πολύ στενή σχέση μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων. Κακή ανάπτυξη προκύπτει σε συνθήκες υψηλής φωτοσύνθεσης με χαμηλές θερμοκρασίες αλλά και σε συνθήκες χαμηλής φωτοσύνθεσης με υψηλές θερμοκρασίες.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ MACQU:

Στόχος μας είναι να επιτύχουμε μία ελάχιστη Μέση Θερμοκρασία Ημέρας - DTAvg για μία περίοδο 24 ωρών (μίας ημέρας) από τις 06:00 έως τις 06:00 της επόμενης ημέρας.

Μπορούμε να χωρίσουμε το εικοσιτετράωρο σε τέσσερις (ή περισσότερες) περιόδους.

- Περίοδος 1:

Η περίοδος 1 (Σχήμα 2) ξεκινά πριν από την ανατολή του ηλίου, έστω για παράδειγμα ότι διαρκεί από τις 06:00 έως τις 08:00. Η τροχιά της θερμοκρασίας για την περίοδο αυτή θα είναι γραμμή από οποιαδήποτε θερμοκρασία είχε το θερμοκήπιο στις 06:00 μέχρι την τιμή των 20oC στις 08:00. Δηλαδή, αν το θερμοκήπιο στις 06:00 είχε 16 oC, η θερμοκρασία του θα ανέβει σταδιακά στους 20oC ως τις 08:00 και μάλιστα στις 07:00 θα είναι στους 18oC. Τα αριθμητικά αυτά αποτελέσματα είναι εύκολο να επιτευχθούν σε συστήματα με επανακυκλοφορία (τρίοδη ή τετράοδη βάνα θέρμανσης). Στην περίπτωση του απλού καυστήρα (ON/OFF) το ίδιο θα επιτευχθεί με λίγο «παζάρεμα» αριθμητικού αποτελέσματος και σεβασμού των αρχών λειτουργίας του καυστήρα.

- Περίοδος 2:

Η δεύτερη περίοδος είναι η περίοδος της ηλιοφάνειας και έστω για το παράδειγμά μας ότι ξεκινά στις 08:00 και διαρκεί μέχρι τις 18:00. Για την περίοδο αυτή η τροχιά της θερμοκρασίας εξαρτάται από την ηλιοφάνεια και ισούται με το αποτέλεσμα της εξίσωσης

$$SoR_HSP = Td + 0.01 * So.$$

Όπου Td είναι η επιθυμητή τιμή για την ημέρα και So η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Υπόψη ότι η SoR_HSP διέρχεται από ορισμένα φίλτρα για την αποφυγή συχνών μεταβολών στη θέρμανση όταν η ημέρα έχει εναλλαγές νέφους-ηλίου.

Η εξίσωση αυτή είναι μόνο ένα απλό παράδειγμα από μια μεγάλη ποικιλία πολιτικών για τον καθορισμό της τροχιάς της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας.

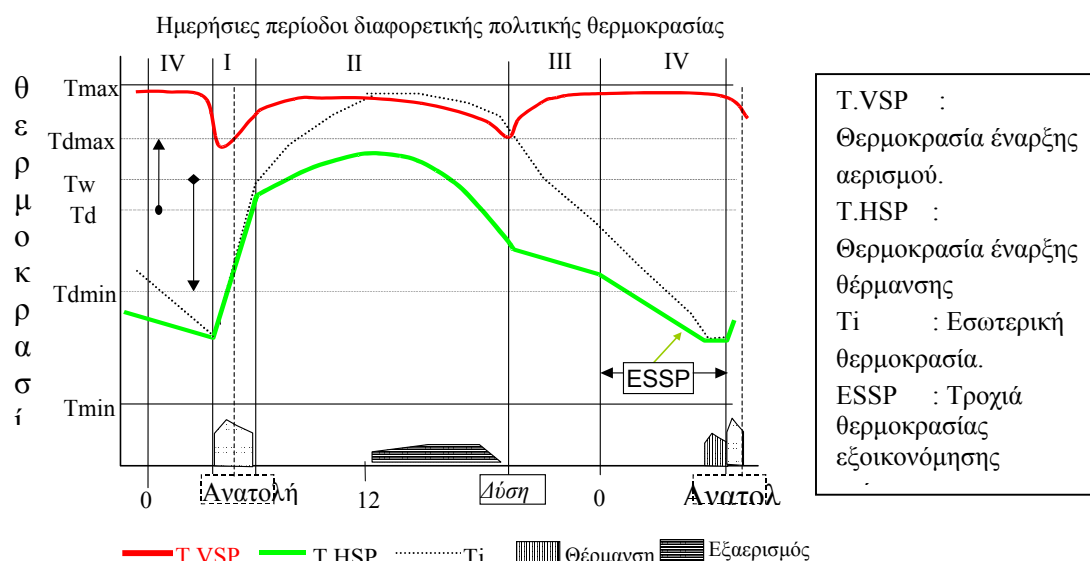
- Περίοδος 3:

Η τρίτη περίοδος ακολουθεί τη δύση του ηλίου και στο παράδειγμά μας ξεκινά στις 18:00 και καταλήγει μερικές ώρες αργότερα, π.χ. τα μεσάνυχτα στις 24:00. Σε αυτή την περίοδο η τροχιά της θερμοκρασίας είναι γραμμική από τη θερμοκρασία που είχε το θερμοκήπιο στις 18:00 με την τιμή Tn. Η τιμή Tn μπορεί να είναι μία σταθερή τιμή π.χ. 17oC ή να έχει υπολογιστεί βάση του ολοκληρώματος της ημερήσιας ηλιοφάνειας. Η περίοδος αυτή εξασφαλίζει την μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης σε άλλα όργανα. Υπόψη ότι κανονικά ανάλογα με τις συνθήκες της ημέρας προσαρμόζεται και η χρονική διάρκεια και η Tn.

- Περίοδος 4:

Η τέταρτη περίοδος ξεκινά τα μεσάνυχτα στις 24:00 και καταλήγει στις 06:00 το πρωί. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η τροχιά της επιθυμητής θερμοκρασίας (ESSP Energy Saving SetPoint) είναι τέτοια ώστε η μέση θερμοκρασία του εικοσιτετράωρου μέχρι τις 06:00 να είναι τουλάχιστον ίση με DTAvg. Λέμε τουλάχιστον ίση διότι η θερμοκρασία δεν επιτρέπεται να κατέλθει κάτω από ένα όριο ασφαλείας Tmin ή να ξεπεράσει ένα όριο ασφαλείας Tmax.

Το θερμοκρασιακό προφίλ του παραπάνω παραδείγματος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2):



Σχήμα 2: Παράδειγμα λειτουργίας της θέρμανσης με έλεγχο μέσης θερμοκρασίας.

Παρακάτω φαίνεται η εφαρμογή του παραδείγματος μέσω του διαλόγου καθορισμού ημερήσιου προγράμματος επιθυμητών τιμών του συστήματος αυτοματισμού MACQU.

Enter New Scheduler Virtual

Name:

Units:

Minimum Value:

Maximum Value:

OK Cancel Help

Time (hh:mm)	Selected Variable for Output
1 06:00	ANY
2 08:00	20.0
3 08:01	SoR_HSP
4 18:00	SoR_HSP
5 18:01	ANY
6 00:00	Tn
7 00:01	ESSP
8 05:59	ESSP
9 00:00	None
10 00:00	None

Σχήμα 3: Διάλογος για τη ρύθμιση της τροχιάς της θερμοκρασίας για ένα 24ωρο.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Για τον έλεγχο της μεθόδου στην εξοικονόμηση ενέργειας πραγματοποιήθηκαν πειράματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με την χρήση ενός πλήρους δυναμικού μοντέλου θερμοκηπίου. Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα εξωτερικού χειμερινού καιρού που έχουν συλλεχθεί από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Γ.Π.Α. Η δοκιμή είχε διάρκεια 35 ημερολογιακές ημέρες και χρησιμοποιήθηκαν δύο ομάδες δεδομένων εξωτερικού καιρού. Μία ομάδα με αρκετά "κρύες συνθήκες" και μία ομάδα με σχετικά πιο ήπιες καιρικές συνθήκες. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 20 πειράματα. Για κάθε μία από τις δύο ομάδες καιρού πραγματοποιήθηκαν 10 πειράματα ως εξής:

1. Νυχτερινή θερμοκρασία σταθερή στους 17 °C (Τυπικό 17)
2. Μέσος όρος 24 ωρών 18.5 °C.
3. Μέσος όρος 24 ωρών 19.0 °C.
4. Μέσος όρος 24 ωρών 19.5 °C.
5. Μέσος όρος 48 ωρών 18.5 °C.
6. Μέσος όρος 48 ωρών 19.0 °C.
7. Μέσος όρος 48 ωρών 19.5 °C.
8. Μέσος όρος 72 ωρών 18.5 °C.
9. Μέσος όρος 72 ωρών 19.0 °C.
10. Μέσος όρος 72 ωρών 19.5 °C.

} Φυτά 2 ημερών

} Φυτά 3 ημερών

Σημειώτεον ότι όσο μεγαλύτερος ο χρόνος ολοκλήρωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η αναμενόμενη οικονομία ενέργειας. Αυτό όμως εξαρτάται από το είδος του φυτού. Η τομάτα εμπίπτει στην κατηγορία 2 ή 3 ημερών.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων για την ομάδα του κρύου καιρού παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Πολιτική θερμοκρασιακού προφίλ	Μέση τιμή θερμοκρασίας ολικής περιόδου των 35 ημερών (°C)	Βαθμοώρες όπου $T_1 < 17^{\circ}\text{C}$ (Kh/day)	Ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με το τυπικό (%)	Εξοικονόμηση ενέργειας % ανά βαθμώρα $< 17^{\circ}\text{C}$ (IV-100)/III
I	II	III	IV	V
Τυπικό 17	19.3	0.2*	100	0.00
24T185	18.6	7.2	81	-2.64
24T190	19.0	3.7	91	-2.43
24T195	19.5	1.4	104	2.86
48T185	18.6	7.2	81	-2.64
48T190	19.0	4.4	91	-2.05
48T195	19.5	2.7	105	1.85
72T185	18.5	8.4	77	-2.74
72T190	19.0	6.5	91	-1.38
72T195	19.5	5.8	105	0.86

*Κανονικά θα έπρεπε να είναι μηδέν, αλλά η δυναμική του θερμοκηπίου είχε αυτό σαν αποτέλεσμα.

Η στρατηγική θέρμανσης ενός θερμοκηπίου βασιζόμενη στον μέσο όρο θερμοκρασιακών περιόδων παρουσιάζει μία δυναμική για εξοικονόμηση ενέργειας για όλες τις καιρικές συνθήκες. Το αποτέλεσμα της δοκιμής 72T185 έδωσε 33% οικονομία ενέργειας για την περίοδο που εξετάστηκε. Στην ουσία η οικονομία θα είναι λιγότερη δεδομένου ότι παράλληλα πρέπει να ενεργοποιηθεί πρόγραμμα κατά της συμπύκνωσης της υγρασίας το οποίο επεμβαίνει και θερμαίνει όταν διαπιστωθεί κίνδυνος συμπυκνώματος. (π.χ. στον καρπό της τομάτας). Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, την διάρκεια της περιόδου ολοκλήρωσης και την επιθυμητή μέση θερμοκρασία. Είναι γεγονός ότι η μέθοδος αποφέρει μεγαλύτερο κέρδος όταν κρύες μέρες έπονται σχετικά ηλιόλουστων χειμερινών ημερών, συνθήκες αρκετά συχνά εμφανιζόμενες για το κλίμα της Ελλάδας. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή στην εκλογή της επιθυμητής τιμής και της διάρκειας της περιόδου. Σε λογικά επιλεγμένες τιμές, στην χειρότερη περίπτωση (αρκετά κρύος καιρός συνεχώς), η μέθοδος δεν επιφέρει περαιτέρω κατανάλωση ενέργειας πέραν του τυπικού ενώ τα φυτά ανταποκρίνονται καλύτερα.

Βασικός παράγοντας εφαρμογής της μεθόδου είναι η ύπαρξη στο θερμοκήπιο εξελιγμένου συστήματος αυτοματισμού βασισμένο σε μικροϋπολογιστή που να δύναται να εκτελέσει τις απαραίτητες διεργασίες για τον υπολογισμό όλων των τροχιών θερμοκρασίας που επιθυμεί ο χρήστης παραγωγός. Επιπλέον, να δύναται να αλλάζει προτεραιότητα στη θέρμανση (π.χ. παρέμβαση όταν υπάρχουν υψηλές υγρασίες για αρκετές ώρες που ευνοούν την ανάπτυξη των ασθενειών).

ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η τεχνική του «Επιμερισμού φορτίου θέρμανσης» (Load Divider) έχει σαν στόχο στην προκειμένη περίπτωση τη ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας του θερμοκηπίου Tin,, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες ενέργειας και τις διαφορές θερμοκρασίας κοντά στο φυτό.

Για να ελαχιστοποιήσουμε τις απώλειες θερμότητας, οι οποίες είναι ανάλογες της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου, οι σωλήνες θέρμανσης τοποθετούνται κοντά στα φυτά. Η μέθοδος αυτή έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν οι ανάγκες σε θέρμανση είναι μικρές (π.χ. ζεστές ημέρες) και η θερμοκρασία στο σωλήνα της θέρμανσης είναι χαμηλή. Ωστόσο όταν η θερμοκρασία του σωλήνα θέρμανσης είναι υψηλή, τα φυτά θα είναι αρκετά ζεστά και σε ξηρό τοπικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα τα φυτά να υφίστανται υδατικό στρες. Αυτό οφείλεται στην κακή κατανομή της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου. Για να βελτιώσουμε την κατανομή της θερμοκρασίας μπορούμε να τοποθετήσουμε ένα δεύτερο δίκτυο σωλήνων θέρμανσης σε υψηλότερο επίπεδο. Το πρόβλημα που προκύπτει από αυτήν την μέθοδο είναι το πως θα γίνει η διαχείριση (διαχωρισμός και κατανομή) των αναγκών σε θέρμανση (φορτίου) στα δύο συστήματα θέρμανσης. Στα περισσότερα θερμαινόμενα θερμοκήπια υπάρχουν 2 ή 3 συστήματα εφαρμογής της θέρμανσης (π.χ. επιεδάφιο, περιφερειακό καλοριφέρ και αερόθερμα).

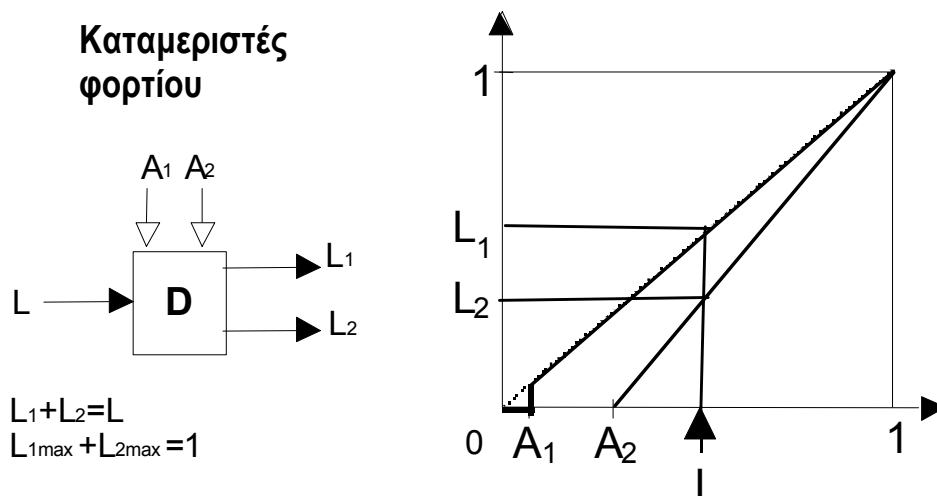
Μία λύση για το παραπάνω πρόβλημα είναι η χρήση δύο βρόγχων ελέγχου έναν για το κάθε σύστημα θέρμανσης. Ο βρόγχος ελέγχου που σχετίζεται με το χαμηλό σύστημα ρυθμίζει τη θερμοκρασία στο χαμηλό μέρος των φυτών, ενώ ο βρόγχος ελέγχου του άνω συστήματος είναι αφιερωμένος στη ρύθμιση της θερμοκρασίας στο πάνω μέρος του θερμοκηπίου. Με τον τρόπο αυτό δυστυχώς δημιουργείται ένα

πολυμεταβλητό σύστημα που είναι αρκετά πολύπλοκο και δύσκολο να αναλυθεί και να ελεγχθεί.

Για να αποφύγουμε την εγγενή πολυπλοκότητα του πολυμεταβλητού ελέγχου προτείνεται η χρήση ενός μόνο βρόγχου ελέγχου της μέσης θερμοκρασίας του αέρα και επιπλέον την εφαρμογή ενός «καταμερισμού του φορτίου» για την διανομή του φορτίου της θέρμανσης στα δύο συστήματα.

Στα συστήματα ελέγχου όπου παραπάνω από ένας μηχανισμός (στην περίπτωση μας σύστημα θέρμανσης) συμβάλει στην διαμόρφωση μίας ελεγχόμενης τιμής (στην περίπτωση μας της θερμοκρασίας) είναι χρήσιμο να ενσωματώνεται ένας μηχανισμός που κατανέμει το φορτίο σε κάθε μηχανισμό.

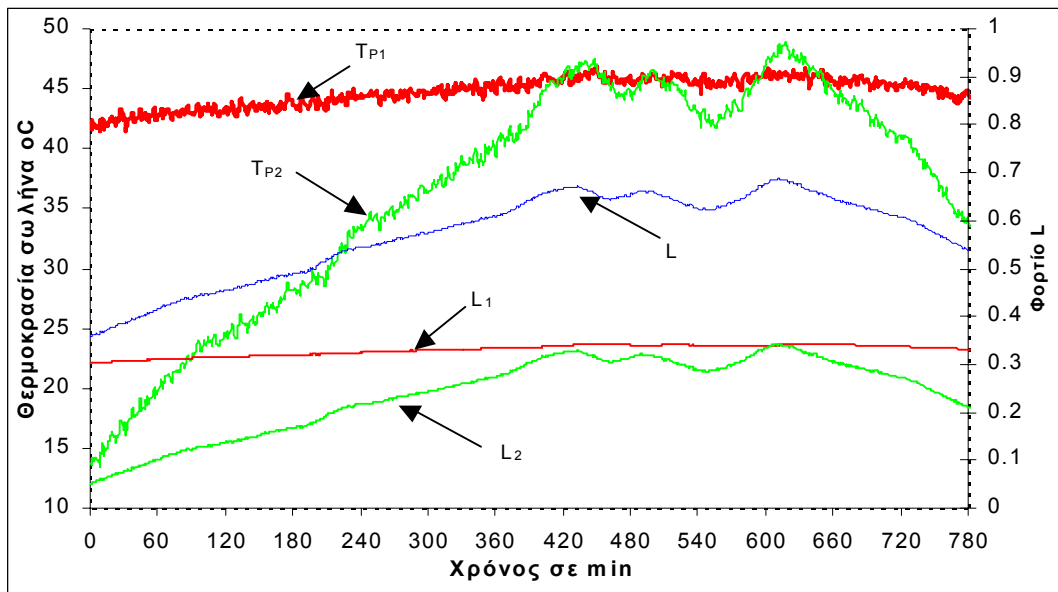
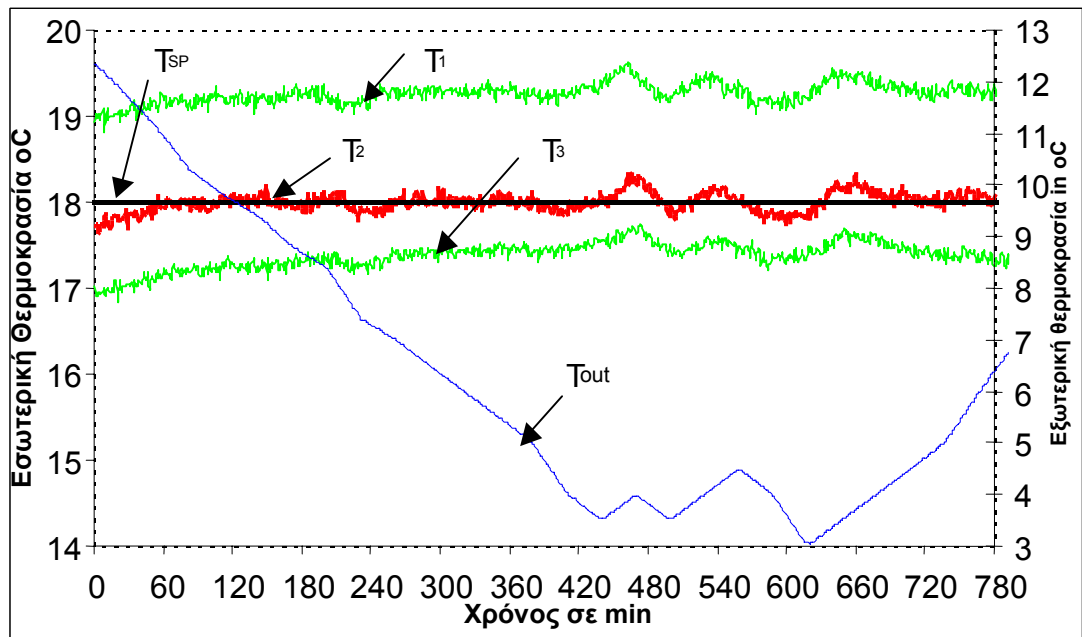
Η γενική ιδέα του καταμερισμού του φορτίου στα δύο ή περισσότερα συστήματα θέρμανσης περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4):



Σχήμα 4: Γραμμικός καταμερισμός φορτίου

Ο παρών κατανεμητής φορτίου περιλαμβάνει δύο όρια έναρξης λειτουργίας A_1 και A_2 . Τιμές του φορτίου (ανάγκες σε θέρμανση) L μικρότερες από A_1 αγνοούνται (υστέρηση). Βέβαια μπορεί το A_1 να πάρει και τιμή μηδέν ($A_1=0$), ώστε να μην ανάβει ο καυστήρας για πολύ μικρές ανάγκες. Όταν το L είναι μικρότερο του A_2 , μόνο ο πρώτος ενεργοποιητής ενεργοποιείται (κάτω σύστημα θέρμανσης). Ο δεύτερος ενεργοποιητής (πάνω σύστημα θέρμανσης) ενεργοποιείται για τιμές του L μεγαλύτερες από A_2 . Τις τιμές A_1 και A_2 τις επιλέγει ο χρήστης. Στο σύστημα MACQU αυτές μπορεί να προκύπτουν από άλλα πρότυπα π.χ. το A_2 μικραίνει όταν υπολογίζεται ότι υπάρχει κίνδυνος συμπύκνωσης στην οροφή ή όταν χιονίζει. Υπόψη ότι μπορούν να αναπτυχθούν και άλλες διατάξεις π.χ. στο βρόγχο 2 να συνδεθούν ανεμιστήρες ανακίνησης του αέρα. Το στοιχείο αυτό χρειάζεται μακροσκελή ανάπτυξη που δεν χωρά σε αυτό το άρθρο.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 ο εξωτερικός βρόγχος ελέγχου αποτελείται από δύο συνιστώσες, μία συνιστώσα προσοτροφοδότησης (το υπολογιζόμενο απαραίτητο θερμικό φορτίο βάση των εξωτερικών καιρικών συνθηκών, θερμοκρασίας (T_o) και ταχύτητας ανέμου (WV)) και μία συνιστώσα ανατροφοδότησης (το υπολογιζόμενο θερμικό φορτίο βάση της διαφοράς της επιθυμητής θερμοκρασίας από την πραγματική). Το στοιχείο «γεννήτρια επιθυμητής τιμής» μπορεί να είναι η λογική που δίνει κάθε χρονική στιγμή την επιθυμητή θερμοκρασία. Αυτή μπορεί να είναι οι δύο σταθερές ημέρας/νύχτας και το ρολόι που κάνει την αλλαγή ή οποιαδήποτε άλλη (π.χ. η λογική που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο για θέρμανση με στόχο το μέσο όρο). Το ολικό φορτίο που παράγεται από τον εξωτερικό βρόγχο διαχωρίζεται στα δύο συστήματα θέρμανσης από τον κατανεμητή του φορτίου. Σε κάθε σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιείτε ένας κανονικοποιητής που υπολογίζει το κανονικοποιημένο φορτίο και έχει σαν έξοδο την επιθυμητή θερμοκρασία του σωλήνα εντός των ορίων LL και UL που είναι η ελάχιστη και η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του σωλήνα αντίστοιχα.



Σχήμα 6: Παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου κατανομής του φορτίου σε πραγματικό θερμοκήπιο με δύο συστήματα θέρμανσης κατά τη διάρκεια μιας νύχτας.

T1,T2,T3 : Θερμοκρασίες στο χαμηλό το ενδιάμεσο και το ανώτερο επίπεδο εντός του θερμοκηπίου.
 Tout : Εξωτερική θερμοκρασία
 Tsp : Επιθυμητή θερμοκρασία
 L, L1, L2 : Φορτίο ολικό, κάτω συστήματος θέρμανσης και άνω συστήματος θέρμανσης αντίστοιχα
 Tr1, Tr2 : Θερμοκρασίες κάτω και άνω συστήματος θέρμανσης αντίστοιχα.

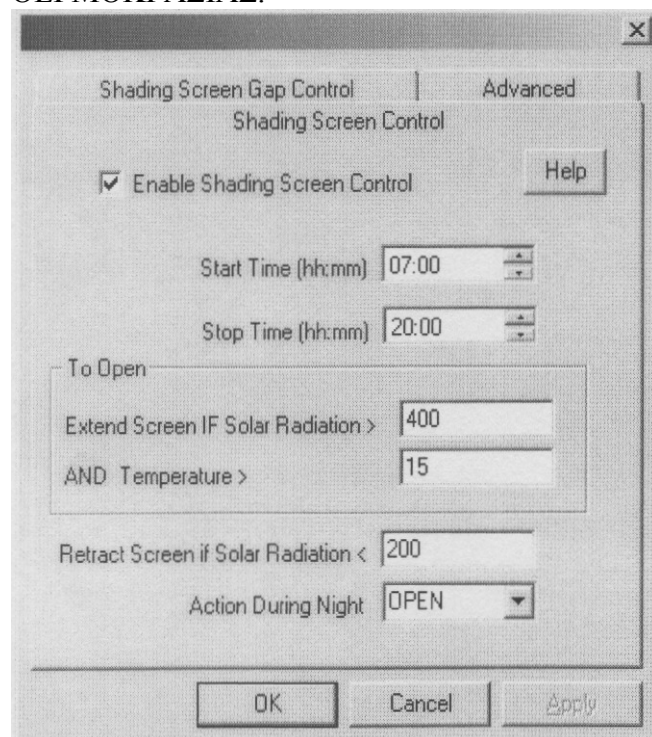
Στο Σχήμα 6 βλέπουμε ότι με την πρόοδο της νύχτας η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει, το θερμικό φορτίο αυξάνει και αλλάζει η αναλογία καταμερισμού. Με τις ρυθμίσεις A1 και A2 αυτού του παραδείγματος το φορτίο L1 κοντά στα φυτά αλλάζει ελάχιστα ενώ την αύξηση των αναγκών θέρμανσης κατά την νύχτα την καλύπτει το σύστημα 2 (L2).

Οι ρυθμίσεις των παραμέτρων A1 και A2 που καθορίζουν την συμπεριφορά του επιμεριστή φορτίου, μπορούν να καθορίζονται ανάλογα με τον στόχο, π.χ. διαφορετικοί στόχοι μπορεί να είναι η οικονομία ενέργειας, η ομοιομορφία θερμοκρασίας στο χώρο (αποφυγή στρωμάτωσης), η ασφάλεια από συμπύκνωση ή παγετό ή χιόνι, κ.ά.

Οι εξοπλισμοί των θερμοκηπίων (το δαπανηρό μέρος) έχουν προοδεύσει αρκετά ώστε πολλά θερμοκήπια στη χώρα μας να θεωρούνται σήμερα αρκούντως εξοπλισμένα. Απομένει η ανάπτυξη έξυπνων λογικών ρύθμισης και ελέγχου (το μη δαπανηρό μέρος) που θα αξιοποιήσουν στο έπακρο των υπάρχοντα εξοπλισμό.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.



Επιθυμητά στοιχεία:

Εάν από τις 00:00 έως τις 08:00 θέλουμε τη θερμοκρασία να ποικίλει από 16 °C (χαμηλή) σε 25 °C (υψηλή). Στις 08:01 και στις 18:00 η θερμοκρασία πρέπει να είναι μεταξύ 20 °C (χαμηλή) και 30 °C (υψηλή). Κατά τη διάρκεια των ωρών από τις 18:01 έως και 23:59 η θερμοκρασία πρέπει να είναι μεταξύ 18 °C (χαμηλή) και 27 °C (υψηλή).

Στο παράθυρο του διαλόγου εξαερισμού και θερμοκρασίας εισάγουμε τους χρόνους χορήγησης και δίπλα σε τους τα αντίστοιχα όρια θερμοκρασίας όπου κάθε μηχανισμός ενεργοποιείται ή όχι

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ.

Επιθυμητά στοιχεία:

Από τις 07:00 έως και τις 20:00 θέλουμε να καλύψουμε το φως του ήλιου όταν υπερβαίνει η ηλιακή ακτινοβολία τα 400 W/m^2 και η εσωτερική θερμοκρασία είναι επάνω από 15°C . Από την άλλη θέλουμε να αποσύρουμε την σκίαση όταν είναι η ηλιακή ακτινοβολία πέσει κάτω από 200 W/m^2 . Κατά τη διάρκεια της νύχτας (από 20:01 έως 06:59) η σκίαση πρέπει να ξετυλιχτεί έτσι ώστε λειτουργεί όπως μια θερμική οθόνη. Στο παράθυρο διαλόγου του ελέγχου της σκίασης:

	Time (hh:mm)	Heating	Ventilation
1	00:00	16	25
2	08:00	16	25
3	08:01	20	30
4	18:00	20	30
5	18:01	18	27
6	23:59	18	27
7	00:00	0.000000	0.000000
8	00:00	0.000000	0.000000
9	00:00	0.000000	0.000000
10	00:00	0.000000	0.000000

Enable Heating ☒ Enable Ventilation ☒

OK Cancel Apply

1. ενεργοποιούμε τον έλεγχο.
2. εισάγουμε το χρόνο έναρξης και τέλους του προγράμματος.
3. εισάγουμε τα επιθυμητά όρια λειτουργίας (ηλιακές ακτινοβολία και θερμοκρασία).
4. Στον τομέα "δράση κατά τη διάρκεια της νύχτας" επιλέγουμε την επιθυμητή δράση κατά τη διάρκεια της νύχτας.

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μία προηγμένη και εξελιγμένη τεχνική καλλιέργειας με την οποία τα φυτά αναπτύσσονται χωρίς χρησιμοποίηση εδάφους ή εδαφικών μιγμάτων. Στα περισσότερα υδροπονικά συστήματα, τα φυτά αναπτύσσονται σε τεχνητά υποστρώματα, τα οποία έχουν τέτοιες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες ώστε να διατηρούν ιδανικές αναλογίες νερού και αέρα για την καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Σε άλλα συστήματα (N.F.T.) οι ρίζες αναπτύσσονται σε κανάλια συνεχούς ροής θρεπτικού διαλύματος και περιβάλλονται συνήθως από ειδικό πλαστικό (λευκό από την εξωτερική πλευρά και μαύρο από την εσωτερική). Σε όλους τους τύπους υδροπονικών συστημάτων τα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χορηγούνται με το νερό της άρδευσης (θρεπτικό διάλυμα). Ανάλογα με το είδος των φυτών και το στάδιο ανάπτυξης τους, οι ανάγκες θρέψης διαφοροποιούνται και πρέπει να εξασφαλίζονται από αντίστοιχη «συνταγή» θρεπτικού διαλύματος. Επίσης η σύσταση και τα χαρακτηριστικά των θρεπτικών διαλυμάτων (ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH) πρέπει να προσαρμόζονται άμεσα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Σήμερα η τεχνολογία μας επιτρέπει την προσαρμογή του θρεπτικού διαλύματος on-line ανάλογα με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία), ώστε να επιτυγχάνουμε καλύτερες αποδόσεις, καλύτερη ποιότητα και καλύτερη εκμετάλλευση των χημικών λιπασμάτων. Την δυνατότητα αυτή την εξασφαλίζουν μόνο οι πιο εξελιγμένες συσκευές υδροπονίας.

Η υδροπονία επιτρέπει τον απόλυτο έλεγχο της θρέψης των φυτών, και όταν εφαρμόζεται σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, με τον παράλληλο έλεγχο των συνθηκών του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, γίνεται δυνατή η εντατικοποίηση και

ο προγραμματισμός της καλλιέργειας. Σύμφωνα με το νόμο του ελαχίστου όταν εξασφαλίσουμε άριστες συνθήκες στην ριζόσφαιρα αντίστοιχα πρέπει να βελτιώσουμε και το αέριο περιβάλλον (κλίμα) ώστε το σύστημα να μπορεί να αποδώσει το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα.

Η Ελλάδα διαθέτει άριστες κλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη των θερμοκηπιακών υδροπονικών καλλιεργειών. Η είσοδος στις υδροπονικές καλλιέργειες και η σωστή διαχείρισή τους έχει μεγάλη σημασία, προκειμένου να μπορέσει η χώρα να συμβαδίσει με τους συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς των απαιτήσεων της αγοράς και τον ανταγωνισμό.

Η ετήσια ηλιοφάνεια και θερμοκρασία βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, που επιτρέπουν την εφαρμογή καλλιεργειών, με περιορισμένες απαιτήσεις σε θέρμανση. Τεχνητός φωτισμός δεν είναι απαραίτητος στις δικές μας συνθήκες, με εξαίρεση φυτά με ιδιαίτερες απαιτήσεις. Τα στοιχεία αυτά είναι πολύ σημαντικά, διότι μπορούν να καταστήσουν την Ελλάδα ανταγωνιστική σε ποιότητα, ποσότητα και σε τιμή προϊόντων με άλλες χώρες, οι οποίες έχουν σήμερα το προβάδισμα λόγω σωστής διαχείρισης και εντατικοποίησης των υδροπονικών καλλιεργειών, ενώ υπολείπονται σε κλιματικές συνθήκες. Οι Βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες, με χρήση υδροπονικών συστημάτων επιτυγχάνουν υπερδιπλάσια παραγωγή και καλό χρονισμό παραγωγής, ενώ έχουν απαλλαγεί από προβλήματα απολύμανσης του εδάφους, τα οποία αυξάνουν το κόστος και μειώνουν την παραγωγή και την ποιότητα. Επίσης μπορούν να αξιοποιηθούν εγχώριες πρώτες ύλες (ελαφρόπετρα) ή προϊόντα (περλίτης) σαν υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών.

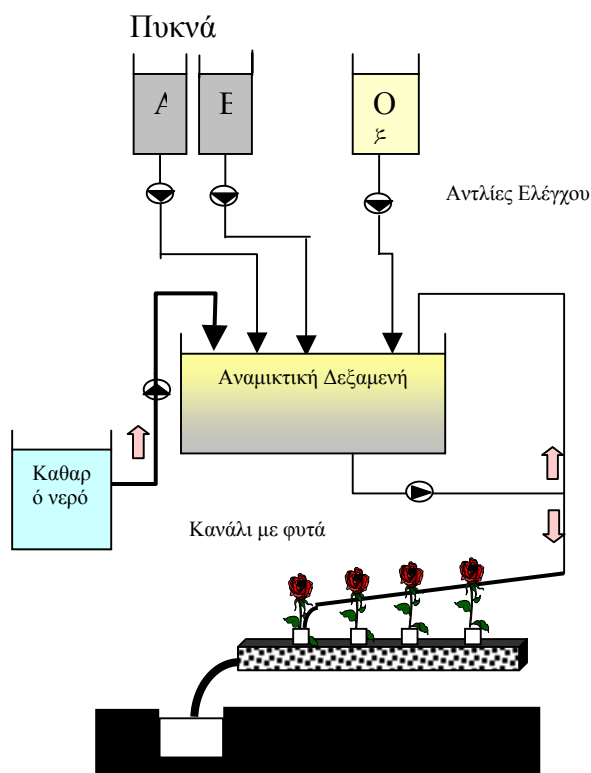
ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υδροπονικών συστημάτων. Σε γενικές γραμμές διαχωρίζονται σε ανοιχτά και σε κλειστά (ανακυκλούμενα) συστήματα:

1. Ανοιχτά συστήματα

Αυτά τα συστήματα είναι τα πιο απλά και τα πρώτα που αναπτύχθηκαν. Έχουν διαδοθεί περισσότερο και έχουν λιγότερες απαιτήσεις. Στα ανοιχτά συστήματα, τα υγρά της αποστράγγισης δεν ανακυκλώνονται αλλά απορρίπτονται (εικ. 1). Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων με την απορροή και μόλυνση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Οι δύο αυτοί λόγοι οδήγησαν στα κλειστά συστήματα, που σε λίγα χρόνια θα διαδεχθούν τα ανοιχτά.

Ένα σύστημα το οποίο μπορεί να μειώσει την απορροή στο επίπεδο των ανακυκλούμενων συστημάτων (π.χ. 10-15% της ολικής κατανάλωσης νερού) έχει αναπτυχθεί και περιγράφεται παρακάτω.



Εικόνα 1: Σχεδιάγραμμα ανοικτού (χωρίς ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος Α/Β δεξαμενών με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.

2. Κλειστά συστήματα

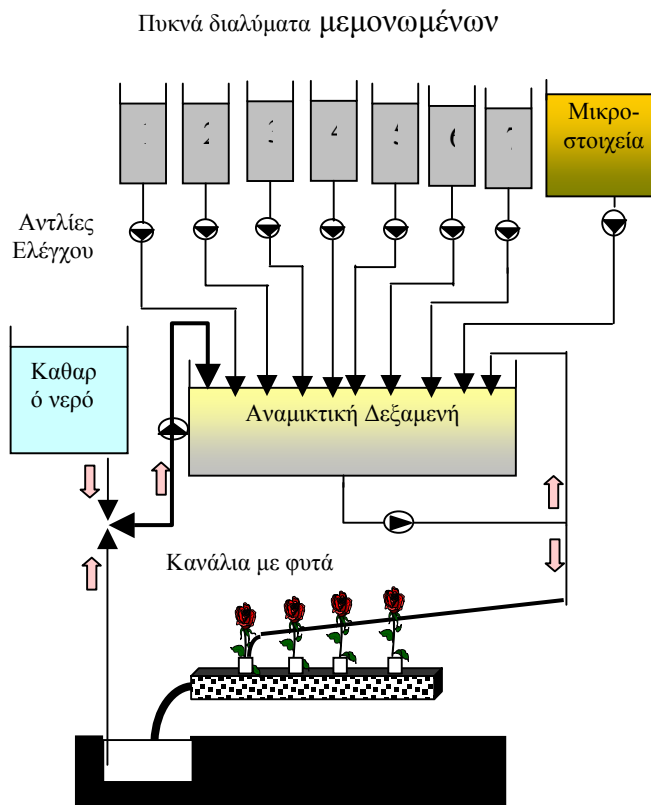
Στα κλειστά συστήματα το διάλυμα της απορροής ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό (εικ. 2). Με τον τρόπο αυτό έχουμε οικονομία στην κατανάλωση λιπασμάτων και σημαντική μείωση της ρύπανσης. Στην περίπτωση αυτή ανήκει και το σύστημα NFT. Για λόγους συγκράτησης της ισορροπίας στο διάλυμα ένα μικρό ποσοστό πρέπει πάντα να απορρίπτεται. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με συνεχή ποσοστιαία απόρριψη είτε με ολική απόρριψη του διαλύματος κατά αραιά χρονικά διαστήματα.

Τα κλειστά συστήματα είναι πιο ευαίσθητα και ένα σημαντικό μειονέκτημα τους είναι η πιθανή εξάπλωση ασθενειών σε όλα τα φυτά της καλλιέργειας. Το υψηλό κόστος επένδυσης, σε εξοπλισμό απολύμανσης της ανακυκλοφορίας, είναι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες εξάπλωσης αυτού του τύπου.

Από μελέτες οικονομικών, τεχνικών και περιβαλλοντικών στοιχείων κλειστών

συστημάτων για διάφορες ομάδες φυτών, έγινε ξεκάθαρο το γεγονός ότι με τα κλειστά συστήματα η κατανάλωση νερού και λιπασμάτων μπορεί να μειωθεί σημαντικά. (Vernooij C.J.M., 1992). Η διατήρηση εύρωστων φυτών και καλού αέριου και ριζικού περιβάλλοντος καθώς και η προσεκτική ρύθμιση της ανακύκλωσης είναι φυσικοί τρόποι μείωσης της πιθανότητας μόλυνσης. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται καλή γνώση και συνεχής παρακολούθηση ώστε να γίνεται ελάχιστη χρήση χημικών απολυμαντικών και μόνο όταν οι συνθήκες επιβάλλουν προληπτικά μέτρα. Η χρήση βιολογικών φίλτρων είναι μια νέα φυσική μέθοδος η οποία χρήζει διερεύνησης στις Ελληνικές κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες.

Σε πολλές χώρες η νομοθεσία θα οδηγήσει στην υποχρεωτική χρήση κλειστών υδροπονικών συστημάτων, αποβλέποντας στην μείωση της μόλυνσης των εδαφών και των υπογείων υδάτων.



Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα κλειστού (με ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ. ΠΥΚΝΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Σύστημα A/B δεξαμενών

Είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα στις μέρες μας. Αποτελείται από δύο δεξαμενές A και B οι οποίες περιέχουν θρεπτικά διαλύματα 50-100 φορές μεγαλύτερης συγκέντρωσης από αυτήν που χρειάζονται τα φυτά. Η χρήση δύο διαφορετικών δεξαμενών οφείλεται στην ανάγκη για διαχωρισμό των θεικών και των φωσφορικών από το ασβέστιο και τον χηλικό σίδηρο. Ο διαχωρισμός αυτός πρέπει να γίνει προκειμένου να εμποδιστεί η δημιουργία ιζήματος, από την αντίδραση των λιπασμάτων μεταξύ τους, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης των διαλυμάτων. Μία τρίτη δεξαμενή περιέχει οξύ ή βάση για την ρύθμιση του pH. Σε επόμενο άρθρο θα ασχοληθούμε με τον τρόπο σύνθεσης των συνταγών, την ρύθμισή τους ανάλογα με την ποιότητα του νερού άρδευσης και διαχωρισμού των λιπασμάτων σε επί μέρους δεξαμενές.

Οι αναλογίες των λιπασμάτων που αναμιγνύονται στην A και B δεξαμενή εξαρτώνται από την τελική επιθυμητή συνταγή θρέψης. Σε περίπτωση που χρειάζεται να μεταβάλλεται η αναλογία κάποιου στοιχείου (πχ αζώτου ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης ή με τις καιρικές συνθήκες) τότε μπορεί να υπάρχει και τρίτη δεξαμενή Γ (αζώτου ως νιτρική αμμωνία ή νιτρικό ασβέστιο κλπ) για να είναι δυνατή η μεταβολή της σύστασης του τελικού διαλύματος. Με χρήση περισσότερων δεξαμενών (4,5,6 κλπ) είναι δυνατή η κατανομή των στοιχείων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την προετοιμασία πολλών διαφορετικών συνταγών θρέψης για την εξυπηρέτηση περισσότερων ειδών φυτών ή για φυτο-τεχνικούς λόγους (έλεγχος ανάπτυξης, έλεγχος ποιότητας, χρονισμό παραγωγής, αντοχής των φυτών, κλπ). Στο τέλος το μέγιστο της επέκτασης αυτού του συστήματος καταλήγει στο εξελιγμένο σύστημα που περιγράφεται παρακάτω.

- Σύστημα δεξαμενών μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τόσες δεξαμενές, όσα είναι τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά (συνήθως 12), συν μία επιπλέον για τα μικροστοιχεία (τα στοιχεία που απαιτούνται σε μικρές ποσότητες για τη θρέψη των φυτών). Το σύστημα αυτό είναι πλέον δαπανηρό αλλά επιτρέπει την διόρθωση των θρεπτικών στοιχείων σε συστήματα με ανακύκλωση ή NFT. Για το λόγο αυτό προσιδιάζει σε μεγάλες εκμεταλλεύσεις όπου το όφελος από την οικονομία νερού και λιπασμάτων μπορεί να αντισταθμίσει το υψηλότερο κόστος εγκατάστασης. Το σύστημα αυτό δίδει πολλούς βαθμούς ελευθερίας για την προετοιμασία οποιασδήποτε συνταγής. Για την περαιτέρω βελτίωση και πλήρη αυτοματοποίηση της διαδικασίας αντισταθμιστικής παροχής στοιχείων (διόρθωση στοιχείων σε ανακυκλούμενο διάλυμα) γίνεται έρευνα, στο πλαίσιο του προγράμματος MACQU, για παραγωγή αξιόπιστων αισθητήρων ιόντων (ISFETS). Με αυτά είναι δυνατή η παρακολούθηση της απορρόφησης εκάστου στοιχείου on-line και η αυτόματη διόρθωση από εξελιγμένες συσκευές υδροπονίας.

- Προετοιμασία τελικού διαλύματος

Το σύστημα δοσομέτρησης και προετοιμασίας του διαλύματος άρδευσης μπορεί να λειτουργήσει με διάφορους τρόπους. Ο τρόπος δοσομέτρησης των λιπασμάτων είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των συστημάτων που κυκλοφορούν. Πολλά συστήματα (ελληνικά και εισαγόμενα) έχουν κατασκευαστεί με ελλειμματική τεχνική σχεδίαση και δεν εξαντλούν τις δυνατότητες που υπάρχουν σήμερα για την κατασκευή αναμικτών με απλά σχετικά μέσα αλλά με πολύ καλά χαρακτηριστικά λειτουργίας. Πολλοί κατασκευαστές παρουσιάζουν τεχνικές αδυναμίες και στον υδραυλικό

σχεδιασμό και στη λογική ελέγχου της διαδικασίας της ανάμιξης. Μάλιστα το τελευταίο αποτελεί στοιχείο άγνοιας για πολλούς εξ αυτών. Στην γεωργία στο παρελθόν η εκμηχάνιση υποστηρίχθηκε από εμπειροτέχνες. Σήμερα όμως οι απαιτήσεις της τεχνολογίας είναι τέτοιες που οι εμπειροτέχνες του σήμερα πρέπει να έχουν πολλαπλή και εις βάθος τεχνική κατάρτιση. Πολλά μηχανήματα μάλιστα είναι προβληματικά και όχι μόνο δεν δίνουν πολλές δυνατότητες στον χρήστη αλλά και λειτουργούν με προβλήματα και πρέπει να αποκλείονται. Παρακάτω δίδονται ελάχιστα τεχνικά χαρακτηριστικά κεφαλών υδροπονίας τα οποία πρέπει να προσέχει ο υποψήφιος αγοραστής.

Γενικά για την προετοιμασία του τελικού διαλύματος απαιτούνται τρεις επί μέρους λειτουργίες. Η άντληση των πυκνών διαλυμάτων, η δοσομέτρηση των πυκνών διαλυμάτων και τέλος η ανάμιξή τους με το νερό άρδευσης. Οι διαδικασίες αυτές είναι σχετικά απλές αλλά αποκτούν ιδιαίτερες δυσκολίες λόγω της επιδιωκόμενης ακρίβειας υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες και της απαιτούμενης αντοχής των μηχανισμών σε ισχυρά οξειδωτικό περιβάλλον, όπως είναι τα πυκνά υγρά λιπάσματα.

- Άντληση των πυκνών διαλυμάτων

Οι δεξαμενές πυκνών διαλυμάτων χρησιμοποιούνται κατά κανόνα ανοικτές στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Μικρές κλειστές δεξαμενές είναι απλοί υδρολιπαντήρες για καλλιέργεια στο έδαφος. Και αυτή όμως η χρήση πρέπει να αποφεύγεται όταν είναι δυνατή η παροχή του λιπάσματος από ανοικτή δεξαμενή στην αναρρόφηση της αντλίας άρδευσης. Ο τρόπος χρειάζεται ελάχιστη τεχνική κατάρτιση και μικρότερη δαπάνη από ένα υδρολιπαντήρα.

Η άντληση από τις δεξαμενές πυκνών προς την γραμμή άρδευσης μπορεί να γίνει:

1. με θετική πίεση, δηλ χρήση αντλιών αναγκαστικής εκτόπισης ή
2. φυγόκεντρες με αρνητική πίεση, δηλ. δημιουργία χαμηλής πίεσης με χρήση venturi
3. ή στην αναρρόφηση της αντλίας άρδευσης.

Ο πρώτος τρόπος απαιτεί αντλίες υψηλής αντοχής, οδηγεί σε δαπανηρές κατασκευές και είναι πολύ συχνές οι βλάβες. Η χρήση venturi κερδίζει έδαφος και υιοθετείται από τους περισσότερους κατασκευαστές.

- Δοσομέτρηση των πυκνών διαλυμάτων

Ο μηχανισμός αυτός πρέπει να μετρά ορισμένη ποσότητα πυκνού διαλύματος από κάθε δεξαμενή ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή αναλογία στοιχείων στο τελικό διάλυμα. Δεδομένου ότι η κύρια παροχή άρδευσης μπορεί να ποικίλλει για τις διάφορες ζώνες άρδευσης ή για άλλους απρόβλεπτους λόγους, η παροχή των πυκνών διαλυμάτων πρέπει να αυτορυθμίζεται. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με μέτρηση της κύριας παροχής είτε με μέτρηση της τελικής αγωγιμότητας και ανάλογη εντολή ρύθμισης των δοσομετρητών. Έχουν αναπτυχθεί πολλοί τρόποι δοσομέτρησης αλλά θα αναφέρουμε τους επικρατέστερους:

1. *Συνεχούς ροής:* Η ροή των λιπασμάτων προς την γραμμή άρδευσης είναι συνεχής και δεν χρειάζεται προ-αναμικτική δεξαμενή για την εξομάλυνση των διακυμάνσεων της αγωγιμότητας.

- Μετρητικές αντλίες. Οι αντλίες αυτές είναι αναγκαστικής εκτόπισης, δεν επηρεάζονται από τις πιέσεις, συνήθως διαθέτουν πλαστικά ανοξείδωτα μέρη (πχ περισταλτικές αντλίες) και παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Επιτυγχάνουν άντληση με θετική πίεση και συγχρόνως μέτρηση. Ελέγχονται από μετρητή κύριας παροχής ή από μετρητή αγωγιμότητας. Η χρήση τους οδηγεί σε δαπανηρές κατασκευές και δεν

δικαιολογούνται για την συγκεκριμένη εφαρμογή διότι υπάρχουν απλούστερες εξίσου αξιόπιστες λύσεις. Ένας συνδυασμός μετρητή κύριας παροχής και δοσιμετρικής αντλίας έχει αναπτυχθεί, ο οποίος τοποθετείται στην γραμμή άρδευσης και χρησιμοποιεί την ενέργεια της γραμμής για να αντλήσει και να μετρήσει το πυκνό διάλυμα. Οι μηχανισμοί αυτοί δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευελιξία και είναι περισσότερο κατάλληλοι για απλές υδρολιπάνσεις παρά για εξελιγμένη υδροπονική καλλιέργεια.

- Μετρητικά στόμια (ή βελόνες). Αφού εξασφαλιστεί μία σταθερή θετική ή αρνητική πίεση είναι δυνατή η χρήση μεταβλητών μετρητικών στομιών (ρυθμιστικές βελόνες) για την ρύθμιση της παροχής των πυκνών διαλυμάτων. Ο τρόπος αυτός χρειάζεται συχνή επίβλεψη και διόρθωση, και δεν δίνει την δυνατότητα για αυτόματη μεταβολή της εκτελούμενης συνταγής.
2. *Ασυνεχούς ροή*: Οι μηχανισμοί αυτοί είναι απλούστεροι, αξιόπιστοι αλλά χρειάζονται αναμικτική ή προ-αναμικτική δεξαμενή για την εξομάλυνση των διακυμάνσεων της αγωγιμότητας. Αφού εξασφαλιστεί σταθερή θετική ή αρνητική πίεση, χρησιμοποιούνται πλαστικές βαλβίδες ON/OFF για την ρύθμιση της παροχής του πυκνού διαλύματος με διαμόρφωση του κύκλου λειτουργίας της βαλβίδας. Χρειάζεται σωστός υδραυλικός, ηλεκτρικός και λογικός σχεδιασμός για να λειτουργήσουν ικανοποιητικά. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται η πλειοψηφία των εξελιγμένων συσκευών του εμπορίου. Το σύστημα MACQU (περιγράφεται παρακάτω) αποτελεί πρωτοπορία προς την κατεύθυνση αυτή διότι διαθέτει: α) πολυ-βεντούρι (διπλ. ευρεσιτεχνίας) το οποίο εξασφαλίζει την άντληση από απεριόριστο αριθμό δεξαμενών χωρίς ιδιαίτερη επιβάρυνση, β) υδραυλικό προ-φίλτρο το οποίο μετατρέπει την ασυνεχή παροχή σε συνεχή ώστε να χρησιμοποιεί την ελάχιστη σε όγκο προ-αναμικτική δεξαμενή και να επιτυγχάνει απόλυτα σταθερή αγωγιμότητα χωρίς διακυμάνσεις, και γ) ειδική λογική ελέγχου η οποία επιτυγχάνει σταθερή λειτουργία και επιτρέπει την ταχεία αλλαγή συνταγής από την μία γραμμή άρδευσης στην άλλη.

- Ανάμιξη με το νερό της άρδευσης

Η αραιώση των διαλυμάτων, η ανάμιξη μεταξύ τους και η προσαρμογή του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του τελικού διαλύματος, μπορεί να γίνει είτε 1) με την βοήθεια αναμικτικής δεξαμενής (σύστημα με αναμικτική δεξαμενή), είτε 2) απευθείας στη γραμμή άρδευσης (σύστημα απευθείας παροχής).

1. *Σύστημα με αναμικτική δεξαμενή*: Στα συστήματα με αναμικτική δεξαμενή, όλες οι παροχές θρεπτικών στοιχείων και νερού (καθαρό νερό άρδευσης ή ανακυκλούμενο νερό, σε περίπτωση κλειστού συστήματος) καταλήγουν στην αναμικτική δεξαμενή. Η σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων στις δεξαμενές A/B, ή η σχετική αναλογία των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους είναι συγκεκριμένη για κάθε φυτό (ανάλογα με το είδος του φυτού, το στάδιο ανάπτυξης και τις κλιματικές συνθήκες). Το σύστημα αυτό λειτουργεί διαδοχικά (batch flow), δηλαδή πρώτα γίνεται προετοιμασία, του διαλύματος και μετά η άρδευση. Τα συστήματα με αναμικτική δεξαμενή έχουν το

πλεονέκτημα ότι είναι λιγότερο ευαίσθητα στις διακυμάνσεις, γιατί η αναμικτική δεξαμενή είναι μεγάλου μεγέθους και δρα σαν "εξομαλυντής". Έχει όμως το μειονέκτημα, ότι για την παρασκευή διαλύματος διαφορετικής σύνθεσης, η δεξαμενή θα πρέπει να εκκενωθεί αρχικά και να ξανα-συμπληρωθεί με βάση την νέα σύνθεση διαλύματος ή να υπάρχουν ισάριθμες δεξαμενές προς συνταγές. Αυτό είναι μειονέκτημα όταν πρέπει να γίνει σύνθεση διαφόρων διαλυμάτων από μία εγκατάσταση, για περισσότερα από ένα είδη φυτών. Ο τρόπος αυτός πλέον πρέπει να αποφεύγεται διότι τα on-line συστήματα είναι σήμερα αρκετά αξιόπιστα. Η ύπαρξη αναμικτικής δεξαμενής είναι απαραίτητη μόνο σε συστήματα NFT. Γι' αυτό η προετοιμασία του διαλύματος για NFT είναι ευκολότερη (πολλές φορές γίνεται με το χέρι όταν η στάθμη της δεξαμενής πέσει χαμηλά). Οι απαιτήσεις του NFT είναι κυρίως στην καλή εγκατάσταση υποστήριξης ριζών και ροής διαλύματος ώστε να υπάρχει μεγάλη επιφάνεια διαβροχής και στην ανάγκη απολύμανσης του διαλύματος ή λήψη μέτρων καλής διαχείρισης και απόρριψης όταν το διάλυμα κρίνεται ακατάλληλο. Επίσης λόγω μηδενικής συγκράτησης διαλύματος στη ριζόσφαιρα η άρδευση είναι συνεχής (με μικρά διαλείμματα) και πρέπει να υπάρχουν διπλά συστήματα για ασφάλεια (πχ εφεδρική αντλία και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή εφεδρική αντλία με κινητήρα καύσεως).

2. *Σύστημα με απευθείας παροχή*: Η παροχή θρεπτικών στοιχείων και νερού γίνεται απευθείας (on-line) στην γραμμή του αρδευτικού συστήματος που πηγαίνει στα φυτά. Λόγω του ότι δεν μεσολαβεί αναμικτική δεξαμενή, η ανάμιξη γίνεται στους σωλήνες του αρδευτικού συστήματος με την βοήθεια στατικού μίκτη. Η κεφαλή υδροπονίας συνήθως διαθέτει μικρή προ-αναμικτική δεξαμενή και δεν χρειάζεται στατικό μίκτη. Το σύστημα άμεσης παροχής θρεπτικών στοιχείων στην γραμμή άρδευσης είναι πολύ ευαίσθητο στις διακυμάνσεις. Οποιαδήποτε αλλαγή στη ροή, έχει άμεση συνέπεια στην παροχή των θρεπτικών διαλυμάτων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται μετρητικά συνεχούς ροής ή ασυνεχούς ροής με προ-αναμικτική δεξαμενή. Επίσης τα δικαρβονικά που υπάρχουν στο ανακυκλούμενο νερό κλειστών συστημάτων αντιδρούν με τα προστιθέμενα θρεπτικά στοιχεία. Αυτή η διαδικασία απαιτεί κάποιο χρόνο, με αποτέλεσμα το pH του διαλύματος στα τριχοειδή να διαφέρει από το pH που έχει το διάλυμα, ακριβώς μετά την προσθήκη των θρεπτικών στοιχείων στο αρδευτικό σύστημα. Το γεγονός αυτό μπορεί πολύ εύκολα να οδηγήσει σε προβλήματα, με συνέπεια ακόμα και την καταστροφή όλης της καλλιέργειας. (Gieling 1997). Η διόρθωση αυτού του προβλήματος στα on-line συστήματα πρέπει να γίνεται από παρατηρήσεις του παραγωγού στο pH της απορροής και να τίθεται ανάλογη απαίτηση στο pH της γραμμής. Μερικά συστήματα (πχ MACQU) έχουν την δυνατότητα να μετρούν και το pH της απορροής και να κάνουν αυτόματη αντιστάθμιση στο pH της γραμμής ώστε να επιτυγχάνεται το επιθυμητό pH στο υπόστρωμα. Επίσης είναι δυνατό να γίνεται διόρθωση της οξύτητας του ανακυκλούμενου διαλύματος στην δεξαμενή συλλογής (πχ με θειϊκή αμμωνία ή οξύ ανάλογα με τα λιπάσματα της κύριας συνταγής).

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΘΡΕΨΗΣ ΡΙΖΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το περιβάλλον της ρίζας των φυτών αποτελείται από το νερό, τον αέρα, τα θρεπτικά στοιχεία και τους μικρο-οργανισμούς σε μία επιθυμητή θερμοκρασία. Η επιτυχημένη διαχείριση του ριζικού περιβάλλοντος συμβάλλει στη δημιουργία ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη του φυτού. Ενώ το ριζικό περιβάλλον έχει μεγαλύτερη σημασία από το αέριο, μέχρι σήμερα έχει τύχει μικρότερης προσοχής λόγω της δυσκολίας παρατήρησής του on-line και της αδράνειας (buffering) που έδωσε μέχρι σήμερα η καλλιέργεια στο έδαφος.

Η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή του επιπέδου των θρεπτικών στοιχείων και των αναλογιών τους, του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των πιθανών ανόργανων τοξινών, όπως είναι το νάτριο, το χλώριο και τα θειικά είναι απαραίτητη για τη διαχείριση του περιβάλλοντος της ρίζας.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος (κοκκομετρία και πορώδες) επηρεάζουν το βάρος του, την ποσότητα αέρα και νερού στο ριζικό περιβάλλον και την παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά. Η κατανομή του πορώδους έχει τύχει ευρείας μελέτης για την κατασκευή τεχνητών υποστρωμάτων. Σήμερα με την δυνατότητα πολλών συχνών αρδεύσεων η τάση είναι για περισσότερο μεγαλοπορώδες για καλύτερο αερισμό της ριζόσφαιρας.

Οι πόροι του υποστρώματος εξαρτώνται από το μέγεθος των κόκκων. Όσο μειώνεται το μέγεθος, τόσο μειώνεται και το πορώδες και το αντίθετο. Μειωμένο πορώδες σημαίνει αυξημένη δυνατότητα συγκράτησης νερού και μείωση της κίνησης του αέρα για την αναπνοή της ρίζας. Με τη χρήση της υδροπονίας επιθυμούμε να έχουμε άμεση επέμβαση στα διαθέσιμα στοιχεία ώστε να έχουμε πλήρη έλεγχο της θρέψης. Για το λόγο αυτό το υπόστρωμα επιθυμούμε να είναι αδρανές στην ιοντο-αλλαγή, σε αντίθεση με την παραδοσιακή καλλιέργεια όπου επιθυμούμε το υπόστρωμα ή το έδαφος να έχουν ιδιότητες buffer.

Το νερό που συγκρατείται στο υπόστρωμα, ανάλογα με τις δυνάμεις που αναπτύσσονται με τα τεμαχίδια του υποστρώματος, διαχωρίζεται στο νερό που απορρέει λόγω βαρύτητας αμέσως μετά την άρδευση, στο νερό που είναι δεσμευμένο στους κόκκους του υποστρώματος και δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά και στο νερό των τριχοειδών που είναι διαθέσιμο στα φυτά. Το διαθέσιμο νερό λαμβάνεται υπόψη στην ρύθμιση της δόσης και της συχνότητας της άρδευσης.

Στα πλαίσια Ελληνικού προγράμματος χρηματοδοτούμενου από την Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας με θέμα «Ανάπτυξη Υδροπονικού Συστήματος Τριανταφυλλιάς- ΑΣΥΤ» το εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ξεκίνησε πείραμα με σκοπό την διερεύνηση της καλλιέργειας τριανταφυλλιάς σε διάφορα υποστρώματα (ελαφρόπετρα, περλίτης και cocosoil). Παραθέτουμε πρώτα ενδεικτικά αποτελέσματα. Το cocosoil παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία κατά την μεταφύτευση λόγω της οργανικής του σύστασης, μικρού βάρους και μεγάλης ελαστικότητας και πλαστικότητας. Δεδομένου ότι δεν ελήφθησαν ιδιαίτερα μέτρα για την μεταφύτευση στην ελαφρόπετρα, καθώς και τα αρχικά στάδια ανάπτυξης, η ανάπτυξη στην ελαφρόπετρα καθυστέρησε (εικ. 3 και 4) και η διαφορά καλύφθηκε μετά περίπου ένα εξάμηνο (εικ. 5). Το στοιχείο αυτό δεν αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα για την ελαφρόπετρα πλην προειδοποιεί ότι ιδιαίτερη οργάνωση είναι απαραίτητη για την μεταφύτευση στην ελαφρόπετρα.



Εικόνα 3: Φυτά τριανταφυλλιάς σε cocosoil αμέσως μετά την μεταφύτευση



Εικόνα 4: Φυτά τριανταφυλλιάς σε ελαφρόπετρα αμέσως μετά την μεταφύτευση

Τακτικές μετρήσεις της απορροής για κάθε υπόστρωμα ξεχωριστά μας επιβεβαίωσε τις εργαστηριακές μετρήσεις και έδειξε ότι η ελαφρόπετρα και ο περλίτης που έχουν μικρότερη δυνατότητα συγκράτησης θρεπτικού διαλύματος και απαιτούν συχνές αρδεύσεις μικρών δόσεων, Αντίθετα το cocosoil επιτρέπει ένα πρόγραμμα άρδευσης αραιότερων και μεγαλύτερων δόσεων.

Σε κάθε γραμμή άρδευσης τοποθετήθηκε μετρητικός μηχανισμός της απορροής. Με το σύστημα αυτό έχουμε άμεση εποπτεία της ποσότητας του νερού άρδευσης και της ποσότητας του νερού που απορρέει από τις τριανταφυλλίες. Έτσι για την ελαφρόπετρα και τον περλίτη καταλήξαμε ενδεικτικά ότι 4-5 δόσεις των 80 cm³ (ανά φυτό) είναι αρκετές για το χειμώνα και 9-10 δόσεις για το καλοκαίρι. Αντίστοιχα για το cocosoil 3 δόσεις των 115 cm³ είναι αρκετές για το χειμώνα και 6-7 δόσεις για το καλοκαίρι. Με τις δοσολογίες αυτές επιτυγχάνουμε με αρκετή ακρίβεια ποσοστό αποστράγγισης περίπου 20% . Έχοντας σαν στόχο ένα ποσοστό αποστράγγισης περίπου 20% της δόσης άρδευσης επιτυγχάνουμε μεγάλη οικονομία σε λιπάσματα και νερό, ενώ έχουμε μικρότερες ποσότητες νερού πλούσιου σε νιτρικά που καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Στα ανοικτά υδροπονικά συστήματα, σήμερα στην Ελλάδα γίνεται ουσιαστικά υπεράρδευση με ποσοστά απορροής που πλησιάζουν και το 90% του παρεχόμενου διαλύματος.

Παρατηρήθηκε ότι όλα τα υποστρώματα με την σωστή προσαρμογή της άρδευσης στις ιδιαιτερότητες των υποστρωμάτων δίνουν υψηλές αποδόσεις χωρίς ιδιαίτερες διαφορές. Το κλάδεμα (Bending) τον πρώτο χρόνο δεν εστράφη προς υψηλές αποδόσεις αλλά ήταν καταπληκτική η απόδοση σε ποιότητα (στιλπνότητα φύλλων της First Red, ζωή στο βάζο της Grand Prix, υψηλό ποσοστό πρώτης ποιότητας δηλ στελέχη άνω των 80εκ.). Συστηματική συσχέτιση απόδοσης, ποιότητας (βάρος και μήκος) και σχέσης καλίου/αζώτου



Εικόνα 5 : Υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε υποστρώματα ελαφρόπετρας cocosoil και περλίτη, στο παραγωγικό στάδιο ανάπτυξης.

ανάλογα με την εποχή θα γίνει κατά τον δεύτερο κύκλο των πειραμάτων. Απαραίτητη κρίνεται η συνέχιση των πειραμάτων για τον έλεγχο της συμπεριφοράς των υποστρωμάτων σε μακρύ χρονικό διάστημα (πχ 4ετία).

Σε πρώτη εκτίμηση ο περλίτης και το coccosoil υπερτερούν λόγω μικρού βάρους ενώ η ελαφρόπετρα έχει μικρότερο κόστος ανά φυτό και ενδέχεται να επιδείξει καλύτερη σταθερότητα στο χρόνο. Η ελαφρόπετρα μειονεκτεί σε βάρος και δημιουργεί αυξημένο κόστος μεταχείρισης, κατασκευής γραμμών και μεταφύτευσης. Επί πλέον οι πλαστικοί σάκοι διαμόρφωσης γραμμών έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής με ελαφρόπετρα έναντι των άλλων υποστρωμάτων. Ο πετροβάμβακας αποτελεί εύκολη αλλά ακριβή εισαγόμενη λύση. Όπου είναι δυνατή η ενσωμάτωση χαμηλού κόστους εργασίας η ελαφρόπετρα συνιστάται για τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη. Το Εργ. Γεωργ. Μηχανολογίας προτίθεται να αναλάβει ερευνητικό έργο για την ανάπτυξη ειδικού ολοκληρωμένου μηχανήματος μεταχείρισης της ελαφρόπετρας για υπόστρωμα, μέχρι και την μεταφύτευση, για την αξιοποίηση αυτού του εγχώριου υλικού.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δείχνει την ολική συγκέντρωση αλάτων του διαλύματος (δηλ. την συγκέντρωση ιόντων στο διάλυμα). Τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν νερό από υψηλής αγωγιμότητας διαλύματα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα EC μετράται σε μονάδες $<\text{mS/cm}>$. $1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ mmhos/cm}$.

Η υψηλή αγωγιμότητα σε ένα υπόστρωμα προκαλεί τοξικά φαινόμενα που οδηγούν σε βλάβη στη ρίζα και μείωση της απορρόφησης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων το φυτό. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκαλέσει χλώρωση (κιτρίνισμα), μαρανση, κάψιμο των φύλλων ή αργή ανάπτυξη. Στην αρχή της καλλιέργειας (όταν τα φυτά είναι μικρά) είναι επιθυμητή η χαμηλή αγωγιμότητα.

Όταν η αγωγιμότητα αυξηθεί στο υπόστρωμα, όπως συμβαίνει σε συνθήκες έντονης διαπνοής, είναι απαραίτητο να γίνεται έκπλυση με καθαρό νερό, προκειμένου να μειωθεί η αλατότητα. Η έκπλυση πολλές φορές υιοθετείται και προληπτικά αλλά πρέπει να γίνεται με προσοχή να μη διαταραχθεί η ισορροπία των φυτών σε κάποια κρίσιμη φάση. Αντίστοιχα σύγχρονες κεφαλές υδροπονίας μπορούν να μειώνουν την αγωγιμότητα του διαλύματος αναλογικά προς την ένταση διαπνοής με στόχο να μένει η αγωγιμότητα στο υπόστρωμα σταθερή.

Τα αίτια αύξησης της αγωγιμότητας μπορεί να είναι :

1. Υπερλίπανση – η εφαρμογή αρδεύσεων υψηλής συγκέντρωσης προκαλεί την γρήγορη αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Συχνές επεμβάσεις πιο χαμηλής συγκέντρωσης είναι πιο επιθυμητές από την εφαρμογή αραιών επεμβάσεων υψηλής συγκέντρωσης.
2. Υπολείμματα λιπασμάτων – στοιχεία όπως νάτριο, χλώριο, θειικά που υπάρχουν σε λιπάσματα, αλλά δεν χρησιμοποιούνται από τα φυτά, μπορεί να συγκεντρωθούν στο υπόστρωμα.
3. Ποιότητα του νερού άρδευσης – σε πολλές περιπτώσεις το νερό έχει μεγάλες ποσότητες νατρίου και/ ή χλωρίου οπότε πρέπει να λαμβάνονται διάφορα μέτρα βελτίωσης του νερού, ανάλογα και με την ευαισθησία του καλλιεργούμενου είδους.
4. Εφαρμογή άρδευσης χωρίς αποστράγγιση στα ανοικτά συστήματα για λόγους οικονομίας νερού και λιπασμάτων – τα ποτίσματα πρέπει να γίνονται ώστε κάθε φορά να υπάρχει ικανή αποστράγγιση, προκειμένου να μην έχουμε συσσώρευση αλάτων στο υπόστρωμα. Στην περίπτωση της ανακύκλωσης δεν

παρουσιάζεται τέτοιος κίνδυνος, αλλά υφίσταται το θέμα της ανανέωσης του διαλύματος.

Στα πλαίσια Ευρωπαϊκού προγράμματος με τίτλο "Διαχείριση και έλεγχος θερμοκηπίου για ποιότητα παραγωγής" ("Management and Control for Quality of greenhouse"/ MACQU - No AIR3-CT93-1603) , το οποίο συντονίζει το εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, πραγματοποιήθηκε πείραμα στο IMAG της Ολλανδίας όπου εξετάστηκε η επίδραση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην ποσοτική και ποιοτική απόδοση της τομάτας. Η αύξηση της αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος αυξάνει την ποιότητα (γεύση και ολικά ανόργανα) αλλά μειώνει την ποσότητα της παραγωγής, ενώ επιπλέον αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης ξηρής κορυφής (Blossom End Rot) (εικόνα 6 και 7). Η αύξηση της υγρασίας μειώνει το φαινόμενο της ξηρής κορυφής. Τέλος οι απώλειες σε μέγεθος είναι της τάξης του 2,7% για κάθε αύξηση της αγωγιμότητας κατά μία μονάδα mS/cm, πάνω από την τιμή 2 mS/cm. (Stanghellini C., 1997).



Εικόνα 6: Καρποί τομάτας σε υδροπονική καλλιέργεια, που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες κανονικής αγωγιμότητας. (Stanghellini C., 1997)



Εικόνα 7: Εκδήλωση ξηρής κορυφής καρπών τομάτας, σε υδροπονική καλλιέργεια, λόγω υψηλής αγωγιμότητας (Stanghellini C., 1997)

ΟΞΥΤΗΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (pH)

Το pH του υποστρώματος επηρεάζει την δραστηριότητα της ρίζας και την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων και ιδιαιτέρως των μικροστοιχείων. Η ρύθμιση της οξύτητας σε απλές εγκαταστάσεις μπορεί να γίνεται από την αρχή προσθέτοντας οξύ στα βασικά διαλύματα Α,Β. Χρειάζεται όμως συχνή επίβλεψη. Προτιμάται η χρήση χωριστής δεξαμενής οξέως.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Η θερμοκρασία του διαλύματος είναι σημαντικός παράγων για την αποφυγή θερμικού stress της ρίζας. Η μελέτη μιας υδροπονικής εγκατάστασης πρέπει να περιέχει και στοιχειώδη θερμοκρασιακή ανάλυση. Γενικά θεωρούμε ότι η θερμοκρασία του υποστρώματος ακολουθεί την μέση θερμοκρασία αέρος, η οποία πρέπει να θεωρείται ικανοποιητική όταν δεν είναι κατώτερη των 20°C. Επιθυμητό είναι η θερμοκρασία του διαλύματος στον σταλάκτη να είναι περίπου ίση με του υποστρώματος. Η όδευση των αγωγών άρδευσης παράλληλα με αυτούς της θέρμανσης παρέχουν μία δυνατότητα θέρμανσης του διαλύματος το χειμώνα. Υπόγειες δεξαμενές νερού προσφέρουν εύκολα σταθερότητα θερμοκρασίας νερού (όχι μικρότερη των 15°C τον χειμώνα και όχι μεγαλύτερη των 25°C το καλοκαίρι). Σε συνθήκες ψύχους μπορεί να επιβάλλεται η θέρμανση του νερού άρδευσης. Ένα

μέτρο κατά του θερμοκρασιακού stress της ρίζας είναι η χρήση πολλών μικρών (15-20) αρδεύσεων τον χειμώνα, όταν δεν υπάρχει έλεγχος θερμοκρασίας νερού άρδευσης. Με τον τρόπο αυτό η μικρή ποσότητα διαλύματος που πέφτει κάθε φορά στο υποστρώμα δεν μπορεί να αλλάξει σημαντικά την θερμοκρασία του ριζοστρώματος. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να προτιμούνται σταλάκτες μικρής παροχής (2 λίτρων την ώρα).

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η δόση άρδευσης αποφασίζεται με βάση το διαθέσιμο νερό στον όγκο του υποστρώματος που αναλογεί σε κάθε φυτό ενώ η συχνότητα με βάση την εξατμοδιαπνοή. Η τελευταία είναι συνάρτηση της έκτασης (LAI) του φυλλώματος, δηλ. του σταδίου ανάπτυξης, της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και του ελλείμματος υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Επειδή η ακτινοβολία και το έλλειμμα υγρασίας του αέρα μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας έτσι πρέπει και η συχνότητα της άρδευσης να μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με την αθροιστική εξατμοδιαπνοή. Το σύστημα MACQU διαθέτει ιδιαίτερο πρόγραμμα αυτόματης προσαρμογής της συχνότητας της άρδευσης ώστε να επιτυγχάνεται ακριβώς η ίδια απορροή σε ΚΑΘΕ πότισμα. Το ποσοστό αυτό το επιλέγει ο χρήστης ανάλογα με την ποιότητα το νερού και την ομοιομορφία ανάπτυξης της φυτείας και μπορεί να κυμαίνεται από 10% και άνω. Σημειωτέον ότι το ποσοστό του 10% απόρριψης είναι απαραίτητο ακόμη και στα κλειστά συστήματα με ανακύκλωση, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται αλατούχο νερό. Η απόρριψη μπορεί να γίνεται συνεχώς ή κατά αραιά χρονικά διαστήματα με ολική απόρριψη διαλύματος. Φαίνεται ότι η δεύτερη μέθοδος προσιδιάζει καλύτερα στις Ελληνικές συνθήκες και είναι αντικείμενο του προαναφερθέντος προγράμματος. Η στιγμή της ολικής απόρριψης του κυκλοφορούντος διαλύματος αποφασίζεται είτε όταν οι αναλογίες των θρεπτικών στοιχείων δεν επιδέχονται πλέον διόρθωση, είτε λόγω συγκέντρωσης νατρίου ή χλωριόντων είτε λόγω μεγάλου μικροβιακού πληθυσμού. Πάντα όταν γίνεται απόρριψη του διαλύματος πρέπει να συνοδεύεται από απόπλυση και του υποστρώματος, αν οι συνθήκες το επιτρέπουν. Πολλές φορές ενδείκνυται αντί της συνεχούς ή της εφάπαξ απόρριψης να γίνεται μία ενδιάμεση μερική απόρριψη ανά συντομότερα διαστήματα απλά εφαρμόζοντας μία μέτριας έκτασης απόπλυση του υποστρώματος. Σε άλλες περιπτώσεις, εξαρτωμένου από την εποχή και την διάρκεια της καλλιέργειας, είναι δυνατό να μη γίνει ουδεμία απόρριψη παρά μόνο στο τέλος της καλλιέργειας. Γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι διάφορες καταστάσεις και επιλογές είναι πιθανές και ο τρόπος λειτουργίας της υδροπονίας πλέον εξαρτάται από τις ευαισθησίες του είδους της καλλιέργειας και τις τοπικές συνθήκες. Η ανακυκλοφορία μας επιτρέπει να κάνουμε υπεράρδευση (πχ 50-60%) ώστε να εξασφαλίζουμε αρκετή ποσότητα ύδατος για μικρά και μεγάλα φυτά αλλά να επαναχρησιμοποιούμε την πλεονάζουσα ποσότητα, πλην πχ 10% που απορρίπτουμε. Εάν τα φυτά είναι ομοιόμορφης ανάπτυξης και οι συνθήκες ίδιες σε όλη τη γραμμή άρδευσης τότε μπορούμε να μειώσουμε το ποσοστό ανακυκλοφορίας στο 10% το οποίο απορρίπτεται δηλ στην περίπτωση αυτή συμπίπτει το ανοικτό σύστημα με 10% απόπλυση με το κλειστό σύστημα ελαχίστης ανακυκλοφορίας. Σε αυτή την περίπτωση το ανοικτό σύστημα μπορεί να προτιμηθεί έναντι μειωμένων δαπανών. Σε κάθε περίπτωση όμως η ανακυκλοφορία εξασφαλίζει καλύτερα την τροφοδοσία των φυτών διότι πχ τα φυτά που ηλιάζονται όταν είναι ανοικτά τα παράθυρα είναι πολύ πιθανόν να διψάσουν σε ένα σύστημα ελάχιστης απόπλυσης. Το ποσοστό ανακυκλοφορίας στα κλειστά συστήματα πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό για να αποφεύγεται η επιβάρυνση του συστήματος, ιδιαίτερα όταν εφαρμόζεται απολύμανση

της ανακυκλοφορίας. Βέβαια πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια ύδατος για όλα τα φυτά. Επομένως το ποσοστό υπεράρδευσης ή ανακυκλοφορίας αποφασίζεται με βάση τις κρατούσες συνθήκες της εγκατάστασης από πλευράς ομοιομορφίας ανάπτυξης, ομοιομορφίας μικροκλιματικών συνθηκών και ομοιομορφίας στην εφαρμογή του ύδατος ή την διαβροχή του υποστρώματος. Στην άλλη άκρη υπέρμετρης υπεράρδευσης βρίσκεται το σύστημα NFT.

Σε ένα ανοιχτό υδροπονικό σύστημα είναι πολύ σημαντική η ρύθμιση της συχνότητας και διάρκειας της παροχής θρεπτικού διαλύματος. Ο στόχος είναι από την μία να μην έχουμε συγκέντρωση αλάτων στο υπόστρωμα (αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας) και από την άλλη να μην έχουμε μεγάλη απορροή που σημαίνει μεγάλες απώλειες λιπασμάτων και συνεπώς αύξηση του κόστους της καλλιέργειας.

Σε μία υδροπονική καλλιέργεια με υποστρώματα η ρύθμιση της άρδευσης μπορεί να γίνει με διαφόρους τρόπους:

1. Με σταθερά χρονικά προγράμματα.

Είναι ο πιο απλός και πιο αναποτελεσματικός τρόπος καθορισμού της συχνότητας και της δόσης άρδευσης. Υλοποιείται με απλούς χρονοδιακόπτες ηλεκτρικούς ή ηλεκτρονικούς. Χρειάζονται συχνό προγραμματισμό από τον παραγωγό και δεν εξασφαλίζουν ούτε οικονομία ούτε την φυτεία. Η χρήση αυτού του τρόπου έχει πλέον ξεπεραστεί ακόμη και στα αυτόματα πότισμα κήπων. Τέτοιες συσκευές είναι ακατάλληλες για την σύγχρονη υδροπονία.

2. Με χρήση αισθητήρων υγρασίας

Οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορία για τη διαθέσιμη ποσότητα νερού στο έδαφος ή το υπόστρωμα και παρέχουν την δυνατότητα για καλύτερη διαχείριση της άρδευσης. Δεν μπορούν ποτέ όμως να δώσουν ακριβή αντιπροσωπευτική πληροφόρηση για όλη την φυτεία και γι' αυτό είναι καλύτερα να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μοντέλα διαπνοής.

3. Με μοντέλα φυτών

Με τα μοντέλα φυτών υπάρχει δυνατότητα πρόγνωσης των αναγκών των φυτών, λαμβάνοντας υπόψη τις καιρικές συνθήκες και το στάδιο ανάπτυξης. Με τον τρόπο αυτό προσαρμόζεται η άρδευση (εφαρμογή θρεπτικών διαλυμάτων) σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών, όπως αυτές προσδιορίζονται από το μοντέλο. Στην περίπτωση της καλλιέργειας στο έδαφος η χρήση κάποιου μοντέλου είναι επιβεβλημένη αφού δεν υπάρχει άλλος τρόπος μέτρησης των αναγκών.

Κάθε είδος φυτού έχει το δικό του μοντέλο και τις περισσότερες φορές ανταποκρίνεται με μικρή ακρίβεια στην πραγματικότητα.

Είναι προτιμότερο η χρήση ενός γενικού τύπου μοντέλου και η συχνή προσαρμογή



Εικόνα 8: Στο πρώτο κανάλι από δεξιά φαίνεται στο τέλος του καναλιού ένας μετρητής απορροής, σε ανοιχτό σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας στο Silsoe της Αγγλίας.

του στην ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας των φυτών. Η προσαρμογή μπορεί να γίνεται κατ' ευθείαν από τον χρήστη ή με την βοήθεια μετρητών υγρασίας (πχ πλακίδια γύψου, τενσιόμετρα κλπ) ή αυτόματα από ειδικό πρόγραμμα. Το αυτό ισχύει και για την χρήση μετρητών στάθμης στον πετροβάμβακα ή άλλα υποστρώματα.

4. Με μέτρηση της αποστράγγισης

Σε μία υδροπονική καλλιέργεια με υποστρώματα η εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος (άρδευση) πρέπει να δίνει μία ημερήσια αποστράγγιση 10-30% του ποσού άρδευσης, προκειμένου να μην υπάρξει συσσώρευση αλάτων στα υποστρώματα.

Η μέτρηση λοιπόν της αποστράγγισης συμβάλλει στη ρύθμιση της άρδευσης. Η μέτρηση της αποστράγγισης μπορεί να γίνει :

Με μέτρηση της αποστράγγισης κατά σειρά

Στο τέλος κάθε σειράς καλλιέργειας γίνεται η μέτρηση της ποσότητας του διαλύματος που απορρέει από τους σάκους ή τις γλάστρες της σειράς (εικ. 8) .

Με ενδεικτική μέτρηση ορισμένων μόνο σάκων.

Σε αυτήν την περίπτωση επιλέγονται κάποιοι σάκοι με φυτά από τους οποίους μετράται η αποστράγγιση και με βάση αυτή την μέτρηση προσαρμόζεται η άρδευση για όλη την καλλιέργεια. Προϋπόθεση για την επιτυχία αντιπροσωπευτικού δείγματος είναι οι σάκοι-δείγματα να έχουν το ίδιο υπόστρωμα με τους υπόλοιπους σάκους της καλλιέργειας και τα φυτά να είναι του ίδιου σταδίου ανάπτυξης.

Η μέτρηση της αποστράγγισης μπορεί να γίνει είτε με την συγκέντρωση της ημερήσιας αποστράγγισης σε βαρέλια (το κανάλι της αποστράγγισης να καταλήγει σε βαρέλι), είτε πιο σύγχρονα με την βοήθεια του μετρητή (tipping bucket). Το tipping bucket είναι ένας ροομετρητής στο τέλος του καναλιού αποστράγγισης, του οποίου η λειτουργία είναι απλή, όπως του βροχόμετρου. Με το τρόπο αυτό είναι δυνατή η αυτόματη (on line) προσαρμογή της άρδευσης, ενώ με την μέθοδο των βαρελιών θα πρέπει ο καλλιεργητής κάθε φορά να ελέγχει την ποσότητα αποστράγγισης στο βαρέλι και να αλλάζει το πρόγραμμα άρδευσης, όταν χρειάζεται. Είναι βέβαια δυνατόν η μέτρηση αποστράγγισης να γίνεται στο βαρέλι συλλογής ή με την αντλία ανακυκλοφορίας. Στο MACQU έχει αναπτυχθεί ειδικό πρόγραμμα αυτόματης προσαρμογής του μοντέλου άρδευσης από τις ενδείξεις των μετρητών απορροής ή άλλων μετρητών υγρασίας εδάφους ή υποστρωμάτων.

Λόγω της μεγάλης σημασίας που έχει η άνευ ουδεμίας διακοπής λειτουργία της άρδευσης στα σύγχρονα υδροπονικά συστήματα επιβάλλεται η χρήση δευτέρου βαθμού ασφαλείας. Ένα καλό σχήμα σχεδιασμού είναι: 1). Να υπάρχει μετρητής στάθμης στον πετροβάμβακα, ή υγρασίας σε άλλα υποστρώματα, ο οποίος να συνεργάζεται με ένα γενικό μοντέλο διαπνοής για την ακριβή ρύθμιση της συχνότητας άρδευσης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν γίνεται συλλογή στράγγισης, με ανακύκλωση ή όχι, είναι καλύτερα ο μετρητής να μετρά την απορροή σύμφωνα με τα προαναφερθέντα. 2). Ένα ανεξάρτητο σύστημα ασφαλείας, που να λειτουργεί με μπαταρία, το οποίο όταν διαπιστώνει ότι έχει ξεπεραστεί ένα μέγιστο όριο να δίνει alarm με σειρήνα ή τηλεειδοποίηση. Στο NFT για παράδειγμα ένας απλός διακόπτης στην τελική ροή εξόδου από τη γραμμή των φυτών, σε συνεργασία με ένα χρονοδιακόπτη, μπορεί να ειδοποιεί όταν για οποιοδήποτε λόγο διαπιστώσει ότι δεν υπάρχει ροή για διάστημα μεγαλύτερο του συνηθισμένου διαλείμματος κυκλοφορίας.

ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΚΕΦΑΛΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ)

Απαραίτητη προϋπόθεση για τον σωστό έλεγχο και λειτουργία υδροπονικής καλλιέργειας είναι ένα αξιόπιστο και ευέλικτο σύστημα αυτόματου ελέγχου (κεφαλή υδροπονίας).

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΩΓΟ

Ο παραγωγός πρέπει να βρίσκεται σε εγρήγορση σχετικά με θέματα που αφορούν την λειτουργία της υδροπονίας και του κλίματος για το καλλιεργούμενο είδος. Τα οικονομικά περιθώρια στενεύουν και η επιτυχία ολοένα θα εξαρτάται περισσότερο από την σωστή διαχείριση. Κατά το πρότυπο άλλων χωρών που προηγήθηκαν στην υδροπονία ο παραγωγός πρέπει να συνεργάζεται με ειδικό γεωπονικό εργαστήριο το οποίο θα παρέχει τεχνική υποστήριξη, αναλύσεις και συμβουλές. Τέτοια εργαστήρια αναπτύσσονται σήμερα ανά την επικράτεια. Ο παραγωγός πρέπει να έχει όμως ένα ελάχιστο γνώσεων για να παρακολουθεί την καλλιέργειά του καθημερινά. Να μπορεί να χρησιμοποιεί φορητό αγωγιμόμετρο και πεχάμετρο και να ελέγχει τακτικά την αγωγιμότητα και την οξύτητα του διαλύματος στον σταλάκτη, στο υπόστρωμα ή την απορροή. Επίσης να ελέγχει την σωστή λειτουργία της κεφαλής από την ταχύτητα αδειάσματος των πυκνών δεξαμενών.

Οι ελάχιστες προδιαγραφές τις οποίες πρέπει να απαιτεί ο χρήστης από ένα σύγχρονο σύστημα υδροπονίας είναι:

5. Να δέχεται απεριόριστο αριθμό προγραμμάτων άρδευσης ημερησίως.
6. Να επεκτείνεται εύκολα, από τον χρήστη και μόνο, μέχρι τις 6 δεξαμενές πυκνών λιπασμάτων.
7. Να δέχεται οποιεσδήποτε αναλογίες δεξαμενών επιθυμεί ο χρήστης στην σύνθεση του διαλύματος.
8. Να δέχεται τουλάχιστον 10 προγράμματα υδροπονίας τα οποία να μπορεί να αλλάζει ο χρήστης με εύκολο τρόπο.
9. Να διαχειρίζεται την άρδευση και με τους τέσσερις προαναφερθέντες τρόπους, και να διαθέτει όρια ασφαλείας ελάχιστης και μέγιστης συχνότητας άρδευσης.
10. Να διαθέτει πλεόνασμα παροχής για μελλοντικές επεκτάσεις της καλλιέργειας και επεκτασιμότητα σε γραμμές άρδευσης.
11. Να δέχεται το διάλυμα της ανακύκλωσης.
12. Να εκκινεί την άρδευση αφού επιτύχει την τελική σύνθεση με απόκλιση μικρότερη του 10% και να διατηρεί καλή σταθερότητα κατά την διάρκεια της άρδευσης (αποκλίσεις όχι μεγαλύτερες από 5% σε EC και 10% σε pH). Ο μέσος όρος του EC και του pH κατά την διάρκεια της άρδευσης να μη αποκλίνει πλέον του 2% του επιθυμητού.
13. Να διαθέτει εξασφάλιση με διπλά αισθητήρια EC και pH τα οποία να έχουν ακρίβεια της τάξης του 3%.
14. Να καταγράφει συμβάντα, κατά την επιλογή του χρήστη, στην μνήμη του υπολογιστή και να τα επιδεικνύει με εύκολο τρόπο.
15. Να μη χάνει το προγράμματα ακόμη και σε περίπτωση μακράς διακοπής του ρεύματος.
16. Όλα τα εξαρτήματα που έρχονται σε επαφή με τα υγρά να είναι ανοξείδωτα ή ανθεκτικό πλαστικό (PVC). Η άντληση των πυκνών να γίνεται κατά προτίμηση με βεντούρι.
17. Να παρέχεται ευχέρεια απλών ποτισμάτων από διακόπτες και να παρέχονται εχέγγυα άμεσης διόρθωσης (εντός 24ώρου) σε περίπτωση βλάβης.
18. Επί πλέον χρήσιμα χαρακτηριστικά είναι:

19. Να δέχεται αισθητήρες κλίματος και να μπορεί να συναρτά αυτομάτως τις επιθυμητές παραμέτρους (EC, pH) των προγραμμάτων υδροπονίας με το κλίμα.
20. Να διαθέτει ενδείξεις και στην κεφαλή και στον υπολογιστή του γραφείου.
21. Να διαθέτει δυνατότητα απόπλυσης σωληνώσεων με καθαρό νερό μετά το πέρας της υδροπονικής άρδευσης.
22. Όλοι οι μηχανισμοί της κεφαλής και οι βαλβίδες άρδευσης να εκκινούν και από διακόπτη.
23. Να μπορεί ο χρήστης να καθορίζει τα alarm.
24. Να τρέχει σε περιβάλλον windows, να συνδέεται με modem με άλλο υπολογιστή, να δέχεται τεχνική υποστήριξη και νέες εκδόσεις του προγράμματος από μακριά.

MACQU

Στα πλαίσια Ευρωπαϊκού προγράμματος MACQU που προαναφέρθηκε, το εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κατασκεύασε σύστημα αυτόματου ελέγχου του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου (MACQU-Climate) και κεφαλή υδροπονίας (MACQU-Hydroponics) (εικόνα 9). Τα δύο αυτά συστήματα συνεργάζονται κάτω από το ίδιο πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η κεφαλή υδροπονίας MACQU διαθέτει εκτός των προδιαγραφών 1 μέχρι 19 και τα κάτωθι επί πλέον χαρακτηριστικά:

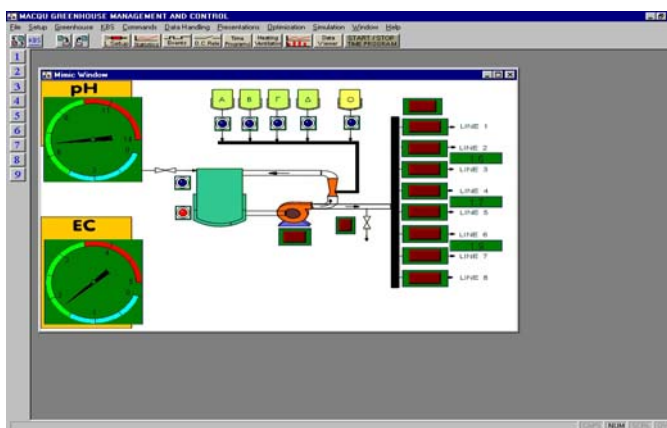
Δύναται να συναρτά αυτομάτως τις επιθυμητές παραμέτρους (EC, pH) των προγραμμάτων υδροπονίας με άλλες μετρήσεις (κλίματος, υποστρώματος, απορροής), ώστε να διατηρείται το ριζικό περιβάλλον σε άριστες συνθήκες.

Μπορεί να συναρτά την «συνταγή» δηλ τις αναλογίες των δεξαμενών από άλλες μετρήσεις (κλίματος, υποστρώματος, απορροής) ώστε να υπάρχει απόλυτος της θρέψης.

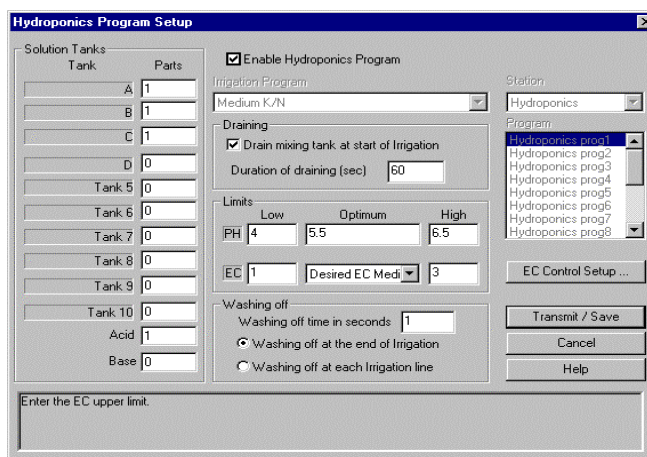
Διαθέτει ειδικό πρόγραμμα προσαρμογής του μοντέλου άρδευσης σε ενδείξεις αισθητήρων. Επιτυγχάνει την επιθυμητή απορροή με ακρίβεια 2% της δόσης άρδευσης σε κάθε άρδευση (πχ για επιθυμητή απορροή 10% η πραγματική μπορεί να κυμαίνεται από 8-12%).

Συνδέεται με το διαδίκτυο Internet και υποστηρίζεται τεχνικά από μακριά από τον προμηθευτή.

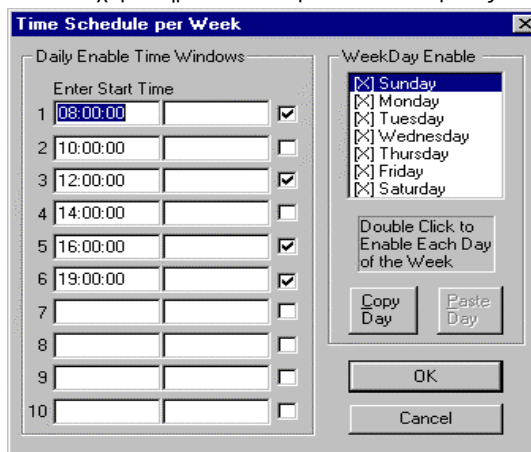
Δέχεται κάμερα ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιβλέπει το εσωτερικό του θερμοκηπίου από το γραφείο ή από το εξωτερικό μέσω του διαδικτύου.



Εικόνα 10: Μικρό απεικόνιση της υδροπονίας στο Macqu



Εικόνα 11: Οθόνη όπου ορίζονται τα όρια και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος



Εικόνα 12: Οθόνη ρύθμισης προγράμματος άρδευσης

Διαθέτει πολλά γραφικά (εικ. 10) τα οποία διαμορφώνονται επί τόπου σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Καταγράφει στατιστικά στοιχεία τα οποία παρουσιάζει στον χρήστη σύμφωνα με τις εντολές του.

Διαθέτει τρία βοηθητικά κομβία επί της κεφαλής με τα οποία ο χρήστης μπορεί να επεμβαίνει εύκολα στις επιθυμητές παραμέτρους.

Οι εικόνες 11 και 12 δείχνουν οθόνες με διάλογους, μέσω των οποίων ο χρήστης επικοινωνεί και θέτει τα όρια σε διάφορες παραμέτρους ή προσδιορίζει τις παραμέτρους άρδευσης.

Στην εικόνα 11 εμφανίζεται το παράθυρο του προγράμματος όπου ο χρήστης ορίζει ποιές θα πρέπει να είναι οι αναλογίες των πυκνών διαλυμάτων, για να σχηματιστεί το επιθυμητό τελικό θρεπτικό διάλυμα που πηγαίνει στα φυτά. Επίσης ορίζει τα όρια (ανώτατο, κατώτατο) της ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC και του pH του τελικού διαλύματος, πέρα από τα οποία το σύστημα θα πρέπει να απορρίπτει το διάλυμα, μέχρι να το διορθώσει.

Στην εικόνα 12 εμφανίζεται το παράθυρο όπου ορίζονται οι ώρες έναρξης της άρδευσης για τις διάφορες ημέρες της εβδομάδας.

Το σύστημα παρέχεται με συσκευή άρδευσης και αναμίξεως λιπασμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες. Η συσκευή αποτελείται από την αναμικτική δεξαμενή, την αντλία, 2 αγωγιμόμετρα, 2 πεχάμετρα και την δοσομετρική αντλία των λιπασμάτων που είναι μία πολλαπλή αντλία τύπου βεντούρι. Τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος της υδροπονίας είναι :

1. Η αγωγιμότητα του διαλύματος μπορεί να μεταβάλλεται συναρτήσει των καιρικών συνθηκών.
2. Η αναλογία των λιπασμάτων της συνταγής μπορεί να μεταβάλλεται με την ακτινοβολία, ώστε η θρέψη να καλύπτει επακριβώς τις ανάγκες για υψηλή ποιότητα.
3. Δυνατότητα χρήσης μέχρι 10 δεξαμενών πυκνών λιπασμάτων. Δυνατότητα για επέκταση σε περισσότερες.
4. Διπλά αισθητήρια αγωγιμότητας και pH για ασφάλεια και αυτοέλεγχο.
5. Δυνατότητα απόπλυσης μετά το τέλος της άρδευσης με καθαρό νερό ή και οξύ.
6. Δέχεται πολύ στενά όρια λειτουργίας.
7. Η δοσομέτρηση εξασφαλίζει ακρίβεια μεγαλύτερη από 3% μεταξύ των λιπασμάτων.
8. Η ακρίβεια στην τελική συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από 2%.
9. Απόλυτα σταθερή αγωγιμότητα καθ' όλη τη διάρκεια της άρδευσης.
10. Δυνατότητα αδειάσματος της αναμικτικής δεξαμενής στην έναρξη της άρδευσης.
11. Λειτουργεί και σε κλειστό σύστημα για ελάχιστους ρύπους στο έδαφος.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.

Όλες οι ρυθμίσεις μπορούν να εφαρμοστούν μέσω των κουμπιών που είναι στη συσκευή, χωρίς τη χρήση του PC το MACQU C συνεργάζεται με το MACQU C για έλεγχο του κλίματος, με σκοπό μια ολοκληρωμένη διαχείριση. Λειτουργεί στα ανοικτά και κλειστά συστήματα άρδευσης.

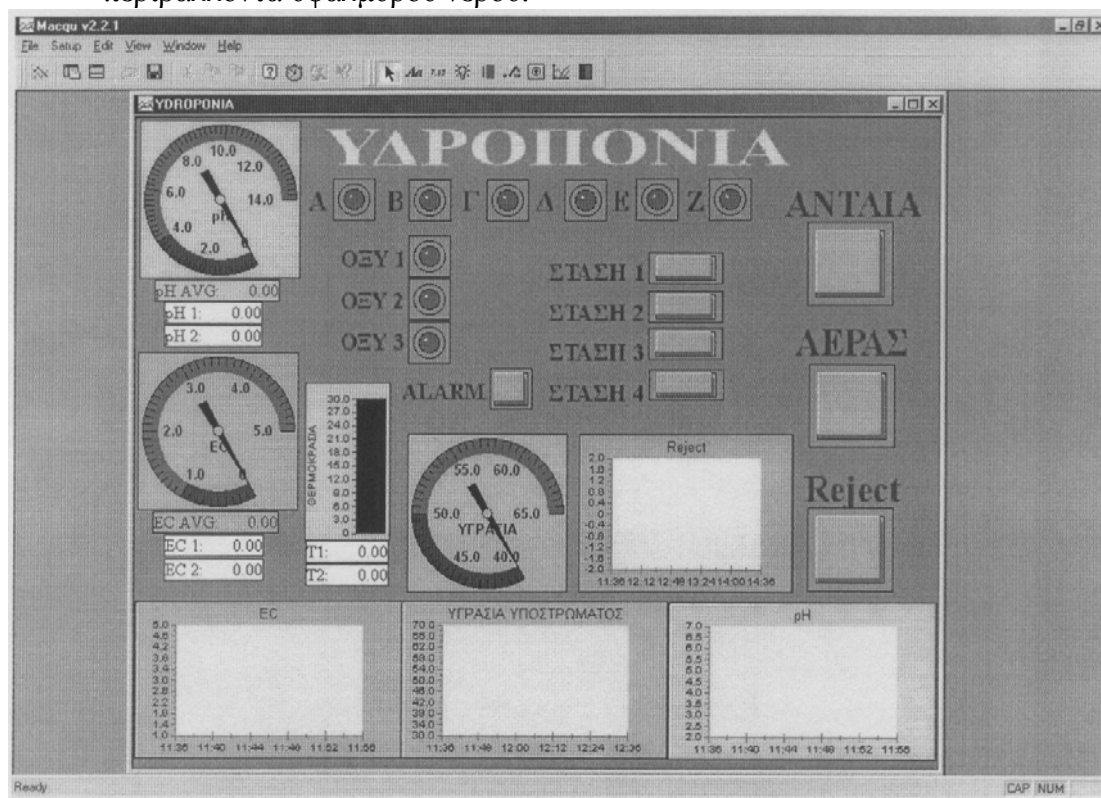
ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΗ ΥΔΑΤΟΣ

Το πρόγραμμα άρδευσης μπορεί να αρχίσει και να λειτουργήσει:

1. σε τακτά χρονικά διαστήματα (εβδομαδιαίο πρόγραμμα με ακρίβεια στα δευτερόλεπτα)
2. περιοδικά, με μια καθορισμένη συχνότητα.
3. όταν η υγρασία χώματος ή υποστρωμάτων πηγαίνει κάτω από ένα ορισμένο όριο (ένας αισθητήρας υγρασίας είναι απαραίτητος).
4. με τη χρησιμοποίηση ενός μαθηματικού προτύπου απώλειας ύδατος.
5. με ένα σταθερό ποσοστό στραγγίγματος (εξειδικευμένος μετρητής) και έναν μόνο-προσαρμοστικό πρότυπο εφίδρωσης.

ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

1. Η EC του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες (π.χ. χαμηλώνοντας την πυκνότητα του λιπάσματος του διαλύματος όταν αυξάνεται η εφίδρωση). Αυτή η ικανότητα είναι αρκετά χρήσιμη στα ανοικτά συστήματα.
2. Το ποσοστό των θρεπτικών ουσιών στη συνταγή μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία, ώστε να καλυφθούν ακριβώς οι ανάγκες σίτισης των φυτών και να επιτευχθεί η υψηλή ποιότητα. Αυτή η ικανότητα είναι χρήσιμη στα κλειστά συστήματα.
3. Ικανότητα να μετρηθεί η αποστραγγιζόμενη EC, ώστε να τεθεί η συχνότητα της άρδευσης και της αποξήρανσης. Αυτή η ικανότητα είναι χρήσιμη στα περιβάλλοντα υφάλμυρου νερού.



ΘΕΤΟΝΤΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑ

1. Η ακρίβεια στην EC του λιπάσματος είναι μικρότερη από 2%, λόγω του multiventuri (κατοχυρωμένος με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας).
2. απολύτως σταθερή EC και pH από την πρώτη ημέρα και κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου άρδευσης, λόγω του εξειδικευμένου προγράμματος ελέγχου της μίξης.
3. όλα τα μέρη που είναι σε επαφή με τα πυκνά λιπάσματα γίνονται από PVC και εξασφαλίζουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής και ακρίβεια.

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ

1. μέχρι 10 διαφορετικά υδροπονικά συστήματα μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα. Κάθε πρόγραμμα μπορεί να εκτελείται μέχρι 10 φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και σε ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα (επιλογή ημέρας). Αυτό σημαίνει ότι η άρδευση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέχρι 100 φορές ανά ημέρα.
2. Δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν μέχρι 10 δεξαμενές των πυκνών λιπασμάτων του οξέος (ή της βάσης). Κάθε υδροπονικό πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιανδήποτε από τις 10 δεξαμενές (και μέχρι και τις 10). Τα ποσοστά μίξης των δεξαμενών δίνονται από το χρήστη για κάθε πρόγραμμα. Έτσι, με τη χρησιμοποίηση ακριβώς τριών δεξαμενών, μπορεί να δημιουργήσει τις διαφορετικά συνταγές, όπως το 40-40-20, 50-50-0, το 70-0-30, κ.λπ.
3. Διπλή EC και pH για τις ασφαλείς μετρήσεις και τον προγραμματισμό. Αυτοματοποιημένη πλύση στο τέλος της άρδευσης με το καθαρό νερό και οξύ.
4. Ρυθμίζει την ποσότητα του ύδατος κατά τη διάρκεια της άρδευσης επιτυγχάνοντας έτσι μικρή κατανάλωση ύδατος και λιπάσματος.
5. Ρυθμίζει τη συχνότητα άρδευσης σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες.
6. Δέχεται τα πολύ στενά όρια λειτουργίας, έτσι ώστε στην περίπτωση που κάτι πηγαίνει στραβά (όπως το άδειασμα της όξινης δεξαμενής ή δεν υπάρχει κανένα λίπασμα, ή ένας σωλήνας είναι κομμένος κ.λπ..) η άρδευση διακόπτεται και ένας συναγερμός ηχεί.
7. Ικανότητα μίξης στην κενή δεξαμενή στην αρχή της άρδευσης.
8. Λειτουργεί στα ανοικτά καθώς επίσης και κλειστά συστήματα άρδευσης, με την ελάχιστη εδαφολογική ρύπανση.
9. Περιέχει 40 λίτρα δεξαμενής ανάμειξης.
10. Ενσωματωμένη αντλία ανοξείδωτου χάλυβα. Υπάρχει μια επιλογή από διάφορα διαφορετικά πρότυπα που εγκαθιστά τις διαφορετικές περιπτώσεις.
11. Μέχρι 56 γραμμές άρδευσης.
12. Χειρωνακτικοί διακόπτες λειτουργίας σε όλες τα μέρη και τις γραμμές άρδευσης.
13. Διάφοροι συναγερμοί.

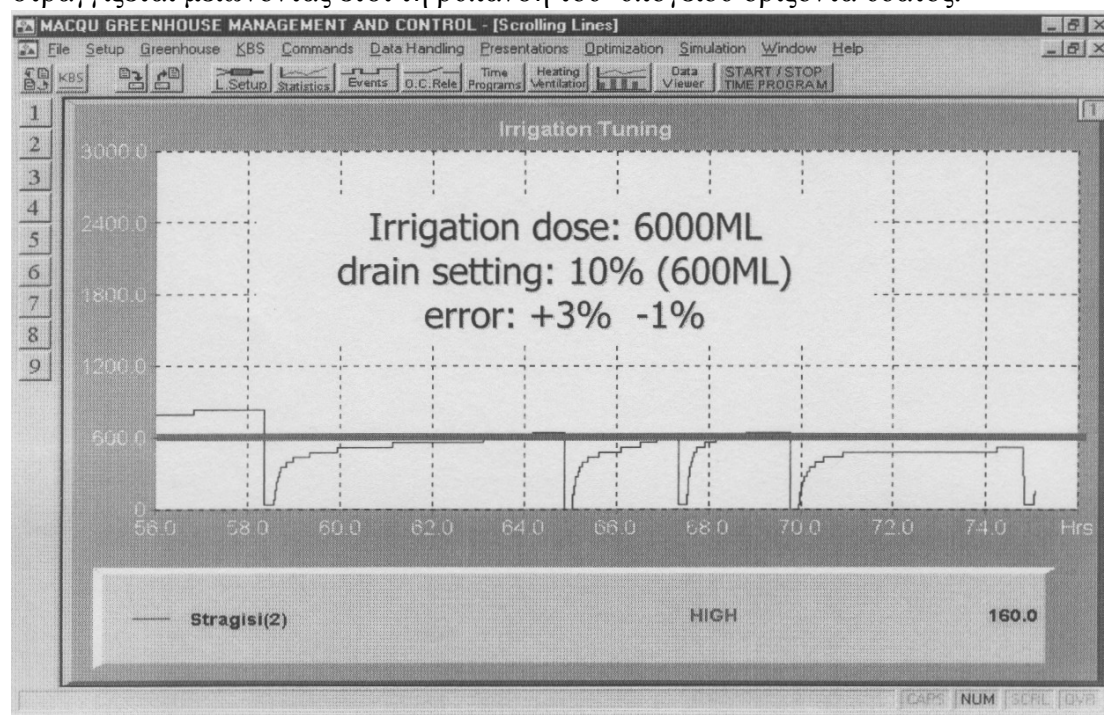
ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΝΑ ΕΧΟΥΜΕ ΤΗ ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ.

Σε αυτήν την περίπτωση κρατάμε σταθερή την δόσης άρδευσης και αλλάζουμε τη συχνότητά της. Η άρδευση αρχίζει όταν μια ορισμένη ποσότητα της προηγούμενης δόσης άρδευσης έχει καταναλωθεί (Evapotranspiration). Για να προβλέψετε πόσο ύδωρ έχει καταναλωθεί χρησιμοποιήστε ένα απλό μαθηματικό evapotranspiration πρότυπο

$$E = a SR + \beta VPD,$$

όπου το SR είναι η μετρημένη ηλιακή ακτινοβολία και VPD είναι το έλλειμμα πίεσης ατμού που μπορεί να υπολογιστεί από την εσωτερικές θερμοκρασία και την υγρασία, το α και το β είναι συντελεστές που καθορίζονται από το χρήστη ανάλογα με το είδος της συγκομιδής καθώς επίσης και της μεθόδου καλλιέργειας. Δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν αυτοί οι συντελεστές ακριβώς, επειδή ποικίλλουν με το χρόνο λόγω των αλλαγών που εμφανίζονται στη συγκομιδή (όπως παραδείγματος χάριν, το μέγεθος της επιφάνειας των φύλλων). Για αυτόν τον λόγο, η εγκατάσταση ενός εξειδικευμένου μετρητή αγωγών είναι επιτακτική για ένα μικρό διάστημα συγκομιδής η χρήση του οποίου μόνο θα ρυθμίσει τους συντελεστές α και β μέσω ενός ειδικού αλγορίθμου MACQU

Το αποτέλεσμα θα είναι ότι σε κάθε άρδευση που θα έχουμε μια σταθερή επιθυμητή αποξήρανση, π.χ. 20%. Κατ' αυτό τον τρόπο, οι εγκαταστάσεις δεν θα ζορίζονται λόγω έλλειψης του ύδατος στις περιόδους με το υψηλό evapotranspiration ούτε θα είναι υπερποτισμένες στις αντίθετες καταστάσεις. Ο παραγωγός επιτυγχάνει μεγάλη αποταμίευση στα λιπάσματα και στο ύδωρ επειδή αποφεύγει την υπερβολική άρδευση. Συγχρόνως, το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο των υψηλών νιτρικών αλάτων στραγγίζεται μειώνοντας έτσι τη ρύπανση του υπόγειου ορίζοντα ύδατος.



Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου στο θερμοκήπιο της εφαρμοσμένης μηχανικής γεωργίας (Πανεπιστήμιο γεωργίας) εργαστήριο. Η κόκκινη γραμμή συμβολίζει το επιθυμητό στράγγισμα ενώ η μαύρη γραμμή το στράγγισμα που εμφανίστηκε με τη χρησιμοποίηση του προτύπου evapotranspiration.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Κατά τη διάρκεια των μεγάλων ηλιακών περιόδων ακτινοβολίας ή στις περιόδους με τη χαμηλή σχετική υγρασία το evapotranspiration των φυτών αυξάνει αρκετά ώστε να οδηγήσει σε μια αύξηση της κατανάλωσης του ύδατος. Το μεγαλύτερο μέρος του ύδατος χρησιμοποιείται από τη συγκομιδή για την ψύξη των εγκαταστάσεων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι εγκαταστάσεις δεν απορροφούν το ίδιο ποσοστό του διαλύματος με αποτέλεσμα στη συσσώρευσή τους στο υπόστρωμα και την αύξηση

της EC στην περιοχή γύρω από τη ρίζα. Η αύξηση της EC οδηγεί στην παύση της απορρόφησης του νερού από τα φυτά με αποτέλεσμα τελικά την έλλειψη του νερού από αυτά. Η λύση σε αυτήν την περίπτωση είναι να πρέπει να ποτιστούν συνεχώς οι εγκαταστάσεις για να πλυθεί έτσι το υπόστρωμα και να κρατηθεί έτσι την EC σε χαμηλά επίπεδα. Αλλά αυτή η λύση οδηγεί στη μεγάλη κατανάλωση ύδατος και την περιττή κατανάλωση λιπάσματος, η πλειοψηφία των οποίων καταλήγει στο περιβάλλον και μολύνει τον ορίζοντα ένυδρων ουσιών. Το σύστημα MACQU έχει μια άμεση ικανότητα στο να ρυθμίσει (σε αυτήν την περίπτωση να μειώσει) την EC του θρεπτικού διαλύματος σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, που κάνουν την υπεράρδευση περιττή για τη ρύθμιση της EC γύρω από τη ρίζα, ενώ συγχρόνως οι εγκαταστάσεις απορροφούν την απαραίτητη διατροφή (λόγω της αυξανόμενης λήψης ύδατος). Συνήθως ο παραγωγός έχει περισσότερες από δύο δεξαμενές για τα πυκνά λιπάσματα (3-5), έτσι το σύστημα μπορεί επιλέγει να κάνει κάτι καλύτερο: μερική ή συνολική (ανάλογα με τον αριθμό των δεξαμενών) ρύθμιση της συνταγής με μια καινούργια συνταγή που να έχει τη χαμηλότερη EC αλλά να περιέχει τα σωστά ποσοστά των θρεπτικών ουσιών.

Για να υλοποιηθεί η ανωτέρω διαδικασία δεν υπάρχει καμία ανάγκη για τον ακριβό εξοπλισμό. Για την πλειοψηφία των περιπτώσεων η μέτρηση τριών βασικών κλιματολογικών όρων (θερμοκρασία, υγρασία και ηλιακή ακτινοβολία) είναι ικανοποιητικές μετρήσεις που ενσωματώνονται ήδη σε μια χαρακτηριστική μέτρηση.

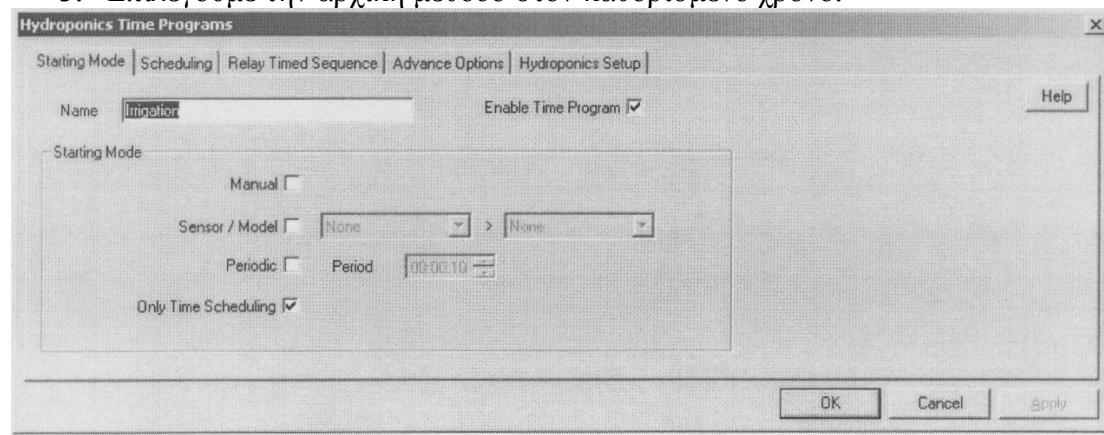
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Επιθυμητά στοιχεία:

Το θερμοκήπιο έχει δύο γραμμές άρδευσης (γραμμή 1 και γραμμή 2). Θέλουμε να ποτίσουμε κάθε ημέρα από στις 08:00, 09:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 19:00, 21:00 και 23:00. Η διάρκεια της άρδευσης είναι 5 λεπτά σε κάθε γραμμή. Έχουμε τρεις δεξαμενές που περιέχουν τα πυκνά λιπάσματα Α, Β, Γ και θέλουμε τις ακόλουθες μερίδες από τις δεξαμενές: Α: 40%, Β: 35%, Γ: 25%. Η επιθυμητή EC καθορίζεται από την αξία μιας εικονικής μεταβλητής "επιθυμητής EC" της οποίας όρια είναι 2 (χαμηλό) και 4 (υψηλό). Το επιθυμητό pH καθορίζεται από την αξία ενός εικονικού μεταβλητού "επιθυμητού pH" του οποίου όρια οξύτητας είναι 4 (χαμηλό) και 6 (υψηλό).

Βήμα 1: Γενικά στοιχεία και αρχική μέθοδος

1. ορίζουμε ένα όνομα στο πρόγραμμα, όπως την άρδευση (στον τομέα "όνομα").
2. ενεργοποιούμε το πρόγραμμα (ενεργοποίηση του προγράμματος).
3. Επιλέγουμε την αρχική μέθοδο στον καθορισμένο χρόνο.



Οι άλλες μέθοδοι έναρξης δίνουν διαφορετικές δυνατότητες, όπως:

Περιοδικότητα: Παρεμβάλλουμε μόνο μια μεταβλητή, η οποία είναι η περίοδος, και η άρδευση (ή οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή) επαναλαμβάνεται περιοδικά και τακτικά χωρίς τη δυνατότητα να διαφοροποιηθεί σύμφωνα με το χρόνο της ημέρας.

Εγχειρίδιο: Κατ' αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να αρχίσει την άρδευση στη θέλησή του. Η χρήση αυτής της επιλογής είναι κυρίως για τη δοκιμή ή για την πρόσθετη άρδευση.

Αισθητήρας/πρότυπο: Αυτή η μέθοδος επιτρέπει τη χρήση των αισθητήρων εδαφολογικής υγρασίας (όπως tensiometers) ή του υποστρώματος (όπως το lysimeter κ.λπ....) ή τα πρότυπα που υπολογίζουν τη διαθέσιμη εδαφολογική υγρασία (ASM) γύρω από τη ρίζα, και ποτίζουν στην κατάλληλη χρονική στιγμή. Αυτές οι μέθοδοι

	SUNDAY			MONDAY			TUESDAY			WEDNESDAY			THURSDAY			FRIDAY			SATURDAY		
	E	From	To	E	From	To	E	From	To	E	From	To	E	From	To	E	From	To	E	From	To
1	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	08:00	00:00
2	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	14:00	00:00
3	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	18:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
4	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
5	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
6	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
7	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
8	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
9	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00
10	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>	00:00	00:00

είναι βασισμένες στη μέτρηση του evapotranspiration ή της προσέγγισής της (όπως τον ηλεκτρονικό αισθητήρα φύλλων MACQU ότι περιγράφεται αργά).

Βήμα 2: Καθορισμός των αρχικών χρόνων

1. τσεκάρουμε κάθε ημέρα της εβδομάδας.
2. εισάγουμε τους επιθυμητούς αρχικούς χρόνους "από" τη στήλη για κάθε ημέρα.
3. τσεκάρουμε το "EN" (ενεργοποίηση) στην στήλη μπροστά από τους αρχικούς χρόνους.

Βήμα 3: Καθορισμός των χρονικών ακολουθιών άρδευσης

1. τσεκάρουμε τις γραμμές άρδευσης (γραμμή 1 & γραμμή 2)
2. παρεμβάλλουμε τη διάρκεια της άρδευσης (5 λεπτά) στη στήλη "T ON"
3. τσεκάρουμε το "EN" (ενεργοποίηση) μπροστά από κάθε γραμμή άρδευσης.

Hydroponics Time Programs

Starting Mode | Scheduling | Relay Timed Sequence | Advance Options | Hydroponics Setup

	En	Relay 1	Relay 2	Relay 3	Relay 4	Relay 5	Relay 6	Relay 7	Relay 8	Relay 9	Relay 10	Io	T On	T Off
Group 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Line 1	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:05:00	00:00:00
Group 2	<input checked="" type="checkbox"/>	Line 2	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:05:00	00:00:00
Group 3	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 4	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 5	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 6	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 7	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 8	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 9	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00
Group 10	<input type="checkbox"/>	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	0.000000	00:00:00	00:00:00

OK Cancel Apply

Βήμα 4: Καθορισμός της συνταγής

1. εισάγουμε τα επιθυμητά ποσοστά των πυκνών λιπασμάτων που έχουμε στις δεξαμενές.
2. παρεμβάλλουμε τα επιθυμητά όρια λειτουργικότητας του pH.
3. παρεμβάλλουμε τα επιθυμητά όρια λειτουργικότητας της EC.

Hydroponics Time Programs

Starting Mode | Scheduling | Relay Timed Sequence | Advance Options | Hydroponics Setup

Solution Tanks

Tank	Percentage %	Tank	Percentage %
Tank A	40	Tank H	0
Tank B	35	Tank G	0
Tank C	25	Tank I	0
Tank D	0	Tank J	0
Tank E	0		

Acid gain 100

Draining

Drain mixing tank at start of irrigation ☐

Duration of draining (sec) 0

Enable Hydroponics Program ☒

Advanced

EC Controller

pH Controller

Desired Values (Limits)

Low Limit	Optimum	High Limit
pH 4	Desired pH	6.000000
EC 2	Desired EC	4

OK Cancel Apply

Σημείωση:

1) Οι μεταβλητές DesiredpH και DesiredEC κατασκευάζονται από έναν πεπειραμένο χρήστη του προγράμματος που ξέρει τη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Μπορούν να πάρουν τις τιμές ανάλογα με τους υπάρχοντες όρους (παραδείγματος χάριν, μια αύξηση στο pH κατά το στράγγισμα θα μειώσει το DesiredpH ή μια αύξηση στην εφίδρωση θα μειώνει το DesiredEC). Διαφορετικά, οι μεταβλητές θα μπορούσαν να είναι σταθερές, παραδείγματος χάριν, 5,5 και 2,4 αντίστοιχα.

2) Ο τομέας "προηγμένος" μπορεί μόνο να καθοριστεί από έναν ειδικό. Αυτό το πρόσωπο έχει δημιουργήσει τον έλεγχο "λογικές" ECPID και pHPID που ρυθμίζουν τις αναλογίες του διαλύματος στην αρχή της άρδευσης και την κρατούν σταθερά. Οι ελεγκτές αναπτύσσονται στα γενικά εργαλεία στο δέντρο οργάνωσης που μπορεί να βρεθεί στο αριστερό κομμάτι του παραθύρου του προγράμματος MACQU (βλ. κατωτέρω).

