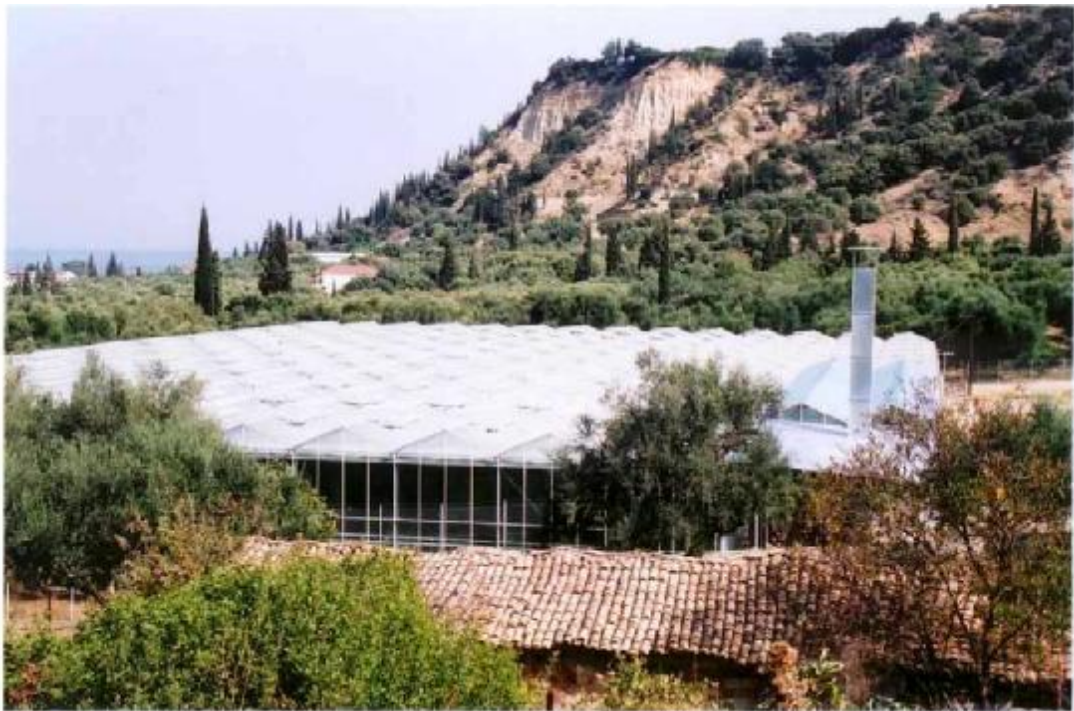


Τ. Ε. Ι. Π Α Τ Ρ Α Σ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΗΤΙΟΥ

Υλικά κατασκευής και συστήματα εξοπλισμού



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΜΑΡΑΤΟΥ ΘΕΩΝΗ Α.Μ. 2750

ΚΟΡΟΜΗΛΑΣ ΑΛΕΞΙΟΣ Α.Μ. 2934

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ

ΚΑΝΕΛΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Πάτρα 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α΄

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	.....10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	.....12
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	.....12
ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	.....15
Τα θερμοκήπια στις χώρες της Ευρώπης.....	.....16
Τα θερμοκήπια στις χώρες της Ασίας.....	.....22
ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	.....23
Ιδιαιτερότητες του τομέα των θερμοκηπίων της Νοτίου Ελλάδος σε σχέση με τα θερμοκήπια της Βορείου Ευρώπης.....	.....26
<i>Ποιότητα</i> <i>κατασκευών.....</i>	.....27
<i>Προέλευση των θερμοκηπίων της χώρας</i> <i>μας.....</i>	.....29
<i>Ο κατασκευαστικός κλάδος των θερμοκηπίων στην</i> <i>Ελλάδα.....</i>	.....30
<i>Προοπτικές ανάπτυξης των θερμοκηπίων στην</i> <i>Ελλάδα.....</i>	.....31
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	.....32
<i>Τεχνικές προδιαγραφές</i> <i>θερμοκηπίων.....</i>	.....33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	35
ΓΕΝΙΚΑ.....	35
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	36
<i>Η θερμοκρασία στο</i>	
<i>θερμοκήπιο.....</i>	38
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	39
Ένταση.....	40
Φυσικός	
φωτισμός.....	41
Τεχνητός φωτισμός.....	41
Σκίαση του θερμοκηπίου.....	43
Διάρκεια φωτισμού-Φωτοπεριοδισμός.....	44
Τρόποι ελέγχου του φωτοπεριοδισμού.....	45
ΥΓΡΑΣΙΑ.....	46
Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας.....	48
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	49
Εφαρμογές διοξειδίου του άνθρακα.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	53
ΥΛΙΚΑ	
ΣΚΕΛΕΤΟΥ.....	53
ΞΥΛΟ.....	53
Γενικές παρατηρήσεις για το ξύλο.....	55
ΧΑΛΥΒΑΣ.....	60
Γαλβάνισμα.....	61
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ.....	66
ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	67
ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	68

ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ.....	72
ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΦΥΛΛΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ.....	75
Πυλυαιθυλένιο.....	77
Πολυβινυλοχλωρίδιο.....	81
Πολυεστερικά φύλλα.....	82
ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΣΚΛΗΡΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ.....	84
Ενισχυμένος πολυεστέρας.....	84
Πολυκαρβονικές επιφάνειες.....	85
Ακρυλικές επιφάνειες.....	86
Σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο.....	87
ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΦΩΣ.....	88
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	90

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....90

Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη γι το σχεδιασμό ή την επιλογή ενός θερμοκηπίου.....	91
ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	91
ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	95
Διάκριση των θερμοκηπίων.....	97
Σε σχέση με το σχήμα της βασικής κατασκευαστικής μονάδας.....	97
» με τις διαστάσεις της βασικής κατασκευαστικής μονάδας.....	98
» με τα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού.....	100
» με τα χρησιμοποιούμενα υλικά κάλυψης.....	101
Απλής γραμμής ή πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια.....	102
Σε σχέση με το διαθέσιμο σύστημα εξαερισμού.....	103
Βασικοί τύποι θερμοκηπίων σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους.....	105
Ελάχιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις κατασκευαστικού στοιχείου.....	105
ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΡΥΝΟΥΝ ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	106
Μόνιμα φορτία θερμοκηπίου.....	107
Κινητά φορτία.....	108
Συγκεντρωμένα φορτία.....	108
Ειδικά φορτία.....	109

Χιόνι.....	109
Άνεμος.....	111
Συνδυασμοί φορτίσεων.....	123
Συντελεστές φόρτισης.....	124
ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	125
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	127
Θέση.....	127
Προσανατολισμός.....	129
Χωροταξικό σχέδιο.....	130
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	131
<i>ΘΕΡΜΑΝΣΗ</i>	
<i>ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....</i>	<i>131</i>
<i>Συστήματα</i>	
<i>θέρμανσης.....</i>	<i>132</i>
<i>Συστήματα θέρμανσης με νερό χαμηλής</i>	
<i>θερμοκρασίας.....</i>	<i>143</i>
<i>Θερμοστατική</i>	
<i>λειτουργία.....</i>	<i>145</i>
<i>Εφεδρική</i>	
<i>γεννήτρια.....</i>	<i>145</i>
<i>Συμβατικά</i>	
<i>καύσιμα.....</i>	<i>146</i>
Θέρμανση θερμοκηπίων με εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας.....	147
Εφαρμογές της βιομάζας στη θέρμανση θερμοκηπίων.....	152
Εφαρμογές της γεωθερμίας στη θέρμανση θερμοκηπίων.....	155
Εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμοκήπια.....	156
Εφαρμογές των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στη θέρμανση των θερμοκηπίων.....	157

Ανάκτηση θερμότητας από βιομηχανίες και χρησιμοποίηση της για θέρμανση θερμοκηπίων.....	160
Χρησιμοποίηση στοιχείων καυσίμου για τη θέρμανση θερμοκηπίων.....	161
Εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης του θερμοκηπίου.....	161
Απαιτούμενη ισχύς του συστήματος θέρμανσης.....	163
Μείωση της θερμοκρασίας.....	165
ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	165
Φυσικός εξαερισμός.....	166
Δυναμικός εξαερισμός.....	169
Δροσισμός.....	172
ΑΡΔΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	177
Αρδευτικά συστήματα.....	177
Κεντρική εγκατάσταση συστήματος άρδευσης σε θερμοκήπιο.....	190
ΛΙΠΑΝΣΗ.....	192
Η λίπανση μαζί με το νερό του ποτίσματος.....	193
Υδρολιπαντήρες.....	197
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	198
Διαθέσιμοι τύποι Η/Υ ελέγχου κλίματος.....	199
Επιλογή αυτόματου ελέγχου κλίματος.....	202
Πλεονεκτήματα συστημάτων ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών.....	204

ΜΕΡΟΣ Β΄

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	207
--------------------------------	------------

ΓΕΝΙΚΗ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	207
-----------------------	------------

Σκελετός.....	208
---------------	-----

Κάλυψη.....	211
-------------	-----

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	212
-----------------------	------------

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ.....	214
ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΤΕΞΕΙ ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	218
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	220
ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	223
ΣΚΙΑΣΗ.....	224
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΗΜΑΤΟΣ.....	224
ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	226
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	227

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Κανελλάκη για την ανάθεση αυτής της εργασίας και για την βοήθεια και υποστήριξη που μας παρείχε κατά την διάρκεια της συνεργασίας μας.

Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους: Πεντασκούφη Μαρία, Λουδάρο Μάρκο και Μοντζολή Ιωάννη που μας βοήθησαν στην εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας.

Τέλος ευχαριστούμε τους γονείς μας, κυρίως για την ηθική αλλά και για την υλική βοήθεια που μας πρόσφεραν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας.

ΜΕΡΟΣ Α'
ΜΕΡΟΣ Α'

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η τάση που παρατηρείται τελευταία σε παγκόσμια κλίμακα στον τομέα της γεωργίας είναι η ανάπτυξη των εκμεταλλεύσεων εντατικής μόρφης και όχι εκτατικής. Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη των θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Η αύξηση αυτή, παράλληλα, συνοδεύτηκε από μια εξέλιξη στην τεχνολογική βελτίωση τόσο του χώρου που περιβάλλει τα φυτά, δηλαδή του θερμοκηπίου, όσο και της καλλιεργητικής τεχνικής με την οποία αναπτύσσονται.

Σήμερα οι αποδόσεις των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στο εξωτερικό έχουν φτάσει σε τέτοια ύψη, που πριν λίγα χρόνια θα ήταν παράτολμο και ίσως και αντιεπιστημονικό να σκεφτεί κανείς. Στην Ελλάδα όμως, οι αποδόσεις είναι μειωμένες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός, ότι ο κλάδος αυτός της γεωργίας δεν έχει ερευνηθεί αρκετά, με συνέπεια να υπάρχουν ελλείψεις στις γνώσεις και ότι οι παραγωγοί καθυστερούν πολλές φορές να εφαρμόσουν τις νέες βελτιώσεις που εισάγονται στα θερμοκήπια.

Αντίθετα με ότι συμβαίνει στους άλλους κλάδους της γεωργίας στα θερμοκήπια της χώρας μας εφαρμόζονται ταυτόχρονα βελτιωμένες και πατροπαράδοτες τεχνικές. Πλάι δηλαδή στις πολύ εξειδικευμένες τεχνικές, όπως είναι τα μοντέρνα συστήματα ποτίσματος, οι βελτιωμένοι σπόροι, τα ειδικά φάρμακα, υπάρχουν οι πρόχειρες κατασκευές θερμοκηπίων, τα πρωτόγονα μέσα κλιματισμού και γενικά η από παράδοση τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών.

Οι διαρθρωτικές αδυναμίες στην ελληνική γεωργία είναι τέτοιες (μικρός κλήρος, έλλειψη εργατικών χεριών κ.λ.π.) που μόνο η στροφή προς τις εντατικής μορφής καλλιέργειες θα δώσει πιστεύουμε, τη λύση στα χρονίζοντα αγροτικά προβλήματα. Παράλληλα, με την στροφή αυτή θα γίνει δυνατή και η εκμετάλλευση του συγκριτικού πλεονεκτήματος του ελληνικού χώρου (άφθονο ηλιακό φως και υψηλές σχετικά θερμοκρασίες το χειμώνα).

Το μέλλον επομένως, της αγροτικής μας οικονομίας είναι στενά συνδεδεμένο με την ανάπτυξη των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στη χώρα μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Ιστορική εξέλιξη των θερμοκηπίων

Από τότε που ο άνθρωπος εγκαταστάθηκε σε μόνιμη κατοικία άρχισε να μαζεύει και να καλλιεργεί φυτά για να εξασφαλίσει ευκολότερα τη διατροφή του. Στην αρχή καλλιεργούσε διάφορα είδη φυτών την εποχή που ευδοκιμούσαν. Οι πρώτες προσπάθειες καλλιέργειας φυτών έξω από το φυσικό τους περιβάλλον άρχισαν από τους Κινέζους, πολλές χιλιετίδες προ Χριστού.

Στην Αίγυπτο και στην Περσία πολλούς αιώνες προ Χριστού καλλιεργούσαν όλο το χρόνο λουλούδια σε δοχεία, τα οποία οι βασιλείς και οι πρίγκιπες χρησιμοποιούσαν για να στολίζουν τις αίθουσες όπου γίνονταν οι γιορτές.

Στην Ελληνική μυθολογία αναφέρεται, ότι οι γυναίκες μια ορισμένη μέρα του χειμώνα θρηνούσαν τον άδικο χαμό του Άδωνη και στόλιζαν στα σπίτια τους ένα κενοτάφιο με σπάνια άνθη και σιτάρι που καλλιεργούσαν όλο το χρόνο σε κλειστούς χώρους. Τον 5^ο αιώνα π.Χ., ο μαθητής του Σωκράτη ο Πλάτων, αναφέρει ότι φυτά αναπτύσσονταν σε μέρη που προστατεύονταν από το κρύο. Ο Θεόφραστος αναφέρεται ως ο πρώτος που μελέτησε την επίδραση που ασκούν η θερμότητα, ο άνεμος και το έδαφος στις καλλιέργειες.

Πιο συστηματικές προσπάθειες πρωίμισης λαχανικών και ανθέων έγιναν στην ρωμαϊκή εποχή. Το 42 μ.Χ. ο αυτοκράτορας Νέρων διέταξε να κατασκευαστεί, με την επίβλεψη ενός γιατρού, θερμαινόμενος χώρος με υλικά τάλκη και μίκα, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί το χειμώνα για ανάπτυξη αγγουριών. Ο Λατίνος συγγραφέας Πλίνιος συνιστούσε ότι για να πρωίμισουν τα άνθη της τριανταφυλλιάς πρέπει μόλις αρχίσουν να εμφανίζονται τα μπουμπούκια να ποτίζονται τα φυτά με ζεστό νερό. Ο Lemon αναφέρει ότι οι Ρωμαίοι κάλυπταν τα φυτά με φύλλα μίκας για να τα προστατέψουν από το κρύο. Ένας άλλος συγγραφέας, ο Columelle, γράφει ότι ο αυτοκράτορας Τιβέριος συνήθιζε να έχει όλο το χρόνο, σε κάθε γεύμα του, σάλτσα αγγουριού που αποτελούσε μέρος της διαίτάς του. Ο ιστορικός Πολλίων γράφει ότι ο αυτοκράτορας Γαλλιγνός (218-268 μ.Χ.) πρόσφερε στους καλεσμένους

του, ακόμα και τον χειμώνα, πεπόνια, σύκα και άλλα νωπά φρούτα. Τα παραδείγματα αυτά μαρτυρούν ότι την εποχή εκείνη παράγονταν εκτός εποχής φρούτα και λαχανικά, είτε σε πολύ θερμές περιοχές (κοντά σε ηφαίστεια ή σε θερμές πηγές της Ιταλίας), είτε σε μεγάλα δοχεία, που την ημέρα τα έβαζαν στον ήλιο και την νύχτα τα προστάτευαν από το κρύο κλείνοντάς τα σε θερμαινόμενους χώρους.

Η πρωίμιση κηπευτικών που άρχισε με τους Ρωμαίους, ξεχάστηκε για πολλούς αιώνες. Ο Ibn el Aouam, συγγραφέας του 12^{ου} αιώνα, σημειώνει στο βιβλίο του για τη γεωργία ότι οι Άραβες στην Ισπανία για να επιταχύνουν την ανάπτυξη των κολοκυνθωδών χρησιμοποιούσαν θερμοσπορεία με αχώνευτη κοπριά. Ο A. Mollet περιγράφει το 1951 στην Στοκχόλμη τη χρήση θερμοσπορείων, που είχαν ως θερμαντική πηγή την αχώνευτη κοπριά αλόγων. Τα θερμοσπορεία αυτά ήταν προσανατολισμένα προς το νότο, καλύπτονταν με γυαλί και τη νύχτα σκεπάζονταν με άχυρα.

Σύμφωνα με το London, το διάσημο συγγραφέα κηπευτικών του 19^{ου} αιώνα το πρώτο συστηματικό, με τη σημερινή μορφή, γυάλινο θερμοκήπιο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε το 1611 από το Solomon de Caus of Heidelberg και προορίζονταν για να προστατεύει από το κρύο δέντρα πορτοκαλιάς. Επίσης αναφέρεται από άλλους συγγραφείς ότι το 1611 κατασκευάστηκαν ωραία θερμοκήπια στο Alkmaar της Ολλανδίας όπου καλλιεργούνταν τουλίπες και το 1625 άλλα παρόμοια στο Altort της Γερμανίας.

Το πρώτο θερμοκήπιο στην Αγγλία φαίνεται ότι κατασκευάστηκε το 1684 στο Apotherry Garden. Λίγο αργότερα, το 1705, ο Δούκας του Rutland κατασκεύασε άλλο θερμοκήπιο στο Belvoir του Leicestershire.

Ο Lemon αναφέρει ότι από το 1385 χρησιμοποιήθηκε στη Γαλλία το γυαλί για την προστασία φυτών από το κρύο. Πιο συστηματικά θερμοκήπια κατασκευάστηκαν γύρω στα τέλη της βασιλείας του Louis XIV, από το M. Fargon στους κήπους των φυτών (jardin des plantes). Μια αξιόλογη προσπάθεια για τη διάδοση των θερμοκηπίων στην Αυστρία έγινε από τον Francis I. γύρω στο 1753. Μετά το 1762 κατασκευάστηκαν ωραία θερμοκήπια στην Ρωσία που καλύτερα τους ήταν μόνο αυτά στο Kew Garden της Αγγλίας.

Μεγάλη διάδοση των γυάλινων θερμοκηπίων στις χώρες της Ευρώπης άρχισε το 19^ο αιώνα. Το πρώτο θερμοκήπιο με διπλές πλάκες γυαλιού κατασκευάστηκε το 1806.

Το 1925 κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό Warp το πρώτο διαφανές πλαστικό φύλλο που προτάθηκε για να αντικαταστήσει το γυαλί. Αυτό ήταν το flex - o - glass. Συστηματικά πειράματα για την αντικατάσταση του γυαλιού από φύλλα πλαστικού άρχισαν το 1944 από τον καθηγητή Emmert στο πανεπιστήμιο του Kentucky των Η.Π.Α.

Η εξέλιξη των μέσων κλιματισμού των θερμοκηπίων ακολούθησε την πορεία των κατασκευών. Τα πρώτα θερμοκήπια δεν είχαν συστήματα θέρμανσης, παρόλο που τότε ήταν ήδη γνωστό ένα κινέζικο σύστημα κεντρικής θέρμανσης κατοικιών.

Ο Volkamer, το 1714, περιγράφει ένα σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίων το οποίο αποτελούσε μια εστία που ήταν έξω από το θερμοκήπιο και της οποίας οι σωλήνες καυσαερίων περνώντας θέρμαιναν το θερμοκήπιο.

Η θέρμανση θερμοκηπίων με κυκλοφορία ζεστού νερού εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Αγγλία το 1675 από τον Evelyn. Μεγάλη διάδοση του συστήματος σημειώθηκε μετά το 1730. Το 1788 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο Northwich της Αγγλίας, ο ατμός για θέρμανση θερμοκηπίων και μέχρι το 1820 στην ίδια χώρα πολλά θερμοκήπια θερμαίνονταν με ατμό.

Το 1801 δόθηκε στον Anderson η πρώτη πατέντα για χειροκίνητο μηχανισμό ανοίγματος παραθύρων σε γυάλινο θερμοκήπιο.

Τον 20^ο αιώνα εφαρμόστηκαν πολλές τεχνικές βελτιώσεις στις κατασκευές και στους κλιματισμούς των θερμοκηπίων. Μερικές από τις πιο χαρακτηριστικές είναι τα αερόθερμα, το σύστημα μείωσης της θερμοκρασίας με εξάτμιση νερού, τα αεροστήρικτα θερμοκήπια, τα φυτοτρόνια, οι θάλαμοι ανάπτυξης φυτών, ο εμπλουτισμός του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα, η χρησιμοποίηση του τεχνητού φωτισμού στη κηποκομία, τα σπορεία που θερμαίνονται με ηλεκτρισμό, οι θάλαμοι υδρονέφωσης, η εκμηχάνιση εργασιών στα θερμοκήπια, η θέρμανση των θερμοκηπίων με ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια κ.λ.π.

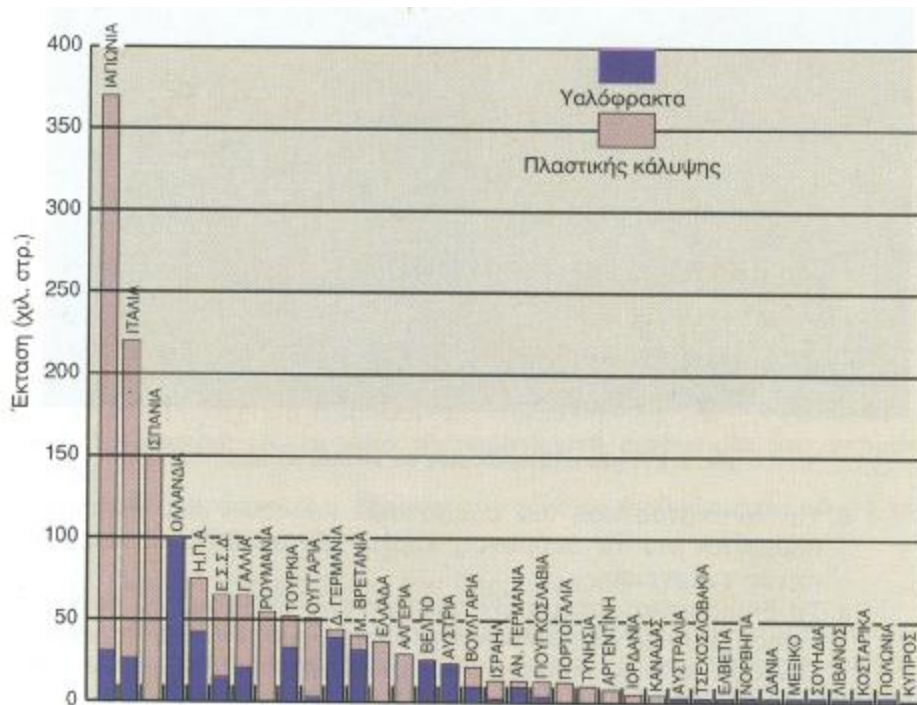
Διάδοση των θερμοκηπίων

Από τα μέσα του περασμένου αιώνα άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα γυάλινα θερμοκήπια στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Η αλματώδης όμως επέκτασή τους σημειώθηκε μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο στην Ολλανδία, Αγγλία, Βέλγιο, Η.Π.Α., Δ. Γερμανία και Δανία.

Τα θερμοκήπια από πλαστικό άρχισαν να επεκτείνονται μετά το 1960 και σε άλλες χώρες όπως στην Τουρκία, Ιταλία, Ισπανία, Σοβιετική Ένωση, Ελλάδα κ.α., όπου δεν υπήρχε παράδοση στα γυάλινα θερμοκήπια.

Οι παραγωγοί κηπευτικών των πιο προηγμένων χωρών της Δυτικής Ευρώπης και των Η.Π.Α. στην αρχή φάνηκαν απρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν τα θερμοκήπια από πλαστικό. Μετά από έρευνες πολλών ετών επιβεβαιώθηκε ότι συμφέρει οικονομικά η χρησιμοποίησή τους και σε χώρες με καλά εξοπλισμένα γυάλινα θερμοκήπια.

Με την επέκταση των θερμοκηπίων από πλαστικό, η χρήση των γυάλινων θερμοκηπίων άρχισε να περιορίζεται στην ανθοκομία και στον πολλαπλασιασμό φυτών. Σε παγκόσμιο επίπεδο λειτουργούν σήμερα περίπου 1.670.000 στρ. με θερμοκήπια και από αυτά τα 410.000 στρ. είναι υαλόφρακτα, ενώ τα 1.260.000 στρ. είναι με κάλυψη πλαστικού. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την έκταση που καταλαμβάνουν τα θερμοκήπια στις διάφορες χώρες του κόσμου, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 1992.



Σχ. 1.1. Εκτάσεις θερμοκηπίων στον κόσμο

Τα θερμοκήπια στις χώρες της Ευρώπης

Μ. Βρετανία. Έχει παράδοση στα γυάλινα θερμοκήπια. Αυτός ήταν ένας σοβαρός λόγος που οι παραγωγοί της άργησαν να υιοθετήσουν τα θερμοκήπια από πλαστικό. Από τα στατιστικά στοιχεία του έτους 1976 φαίνεται ότι τα θερμοκήπια στη Μεγάλη Βρετανία καταλάμβαναν τις παρακάτω εκτάσεις οι οποίες ως σήμερα ελάχιστα διαφοροποιήθηκαν:

- ⇒ Αγγλία και Ουαλία 20390 στρ.
- ⇒ Σκωτία 960 "
- ⇒ Β. Ιρλανδία 210 "
- ⇒ Νησιά Gernsey 3900 "
- ⇒ " Jersey 530 "

Από τα θερμοκήπια της Αγγλίας και της Ουαλίας, τα 18420 στρ. ήταν γυάλινα, τα 1770 στρ. καλύφθηκαν με πλαστικό και καλλιεργήθηκαν τα 14330 στρ. με λαχανικά και τα υπόλοιπα με άνθη. Η έρευνα στα θερμοκήπια γίνεται από το Ινστιτούτο Γεωργικής Μηχανολογίας, στο Silsoe και στο Glasshouse Crops Research Institute, στο Sussex.

Γαλλία. Παρόλο που είχε παράδοση στα γυάλινα θερμοκήπια, υιοθέτησε από την αρχή τα θερμοκήπια από πλαστικό. Το 1959 που άρχισαν να διαδίδονται τα θερμοκήπια από πλαστικό, υπήρχαν 4500 στρ. γυάλινα θερμοκήπια. Η επέκταση των θερμοκηπίων από πλαστικό υπήρξε γενικά αργή σε σχέση με άλλες χώρες, επειδή στη χώρα αυτή τα γυάλινα θερμοκήπια από άποψη κόστους συναγωνίζονται αυτά που καλύπτονται από πλαστικό. Στη νότια και νοτιοδυτική Γαλλία, διαδόθηκαν τα θερμοκήπια από πλαστικό ενώ στα βόρεια διαμερίσματα επικράτησαν τα γυάλινα θερμοκήπια.

Στη Γαλλία επίσης αναπτύχθηκαν διάφοροι προκατασκευασμένοι τύποι θερμοκηπίων από μεταλλικό σκελετό, με κάλυψη από φύλλα πλαστικού, που κατασκευάζονται από εξειδικευμένες βιομηχανίες. Τα θερμοκήπια με ξύλινο σκελετό έχουν πολύ μικρή διάδοση. Το πολυαιθυλένιο είναι το πιο δημοφιλές πλαστικό στην κάλυψη των θερμοκηπίων. Σε πολλά από τα θερμοκήπια πλαστικού εφαρμόζεται θέρμανση με αερόθερμα και δυναμικός εξαερισμός.

Το μεγάλο ενδιαφέρον της Γαλλίας για τα θερμοκήπια από πλαστικό φαίνεται από το μεγάλο αριθμό διεθνών συνεδρίων, συμποσίων και εκθέσεων που οργανώθηκαν στη χώρα αυτή. Εξάλλου η διεθνής οργάνωση για τα πλαστικά, Comite des Plastiques en Agriculture, που εδρεύει στο Παρίσι βοήθησε όχι μόνο τη Γαλλία, αλλά και πολλές άλλες χώρες στη βελτίωση των θερμοκηπίων, ιδιαίτερα αυτών που καλύπτονται με πλαστικό.

Ολλανδία. Έχει παράδοση στην παραγωγή κηπευτικών σε γυάλινα θερμοκήπια. Όταν το 1959 σε άλλες χώρες υπήρχαν ελάχιστα γυάλινα θερμοκήπια, στην Ολλανδία ξεπερνούσαν τα 50000 στρ. και ήταν τότε δύομιση φορές περισσότερα από όσα υπήρχαν στις Η.Π.Α. Στην Ολλανδία αναπτύχθηκαν ορισμένοι τύποι γυάλινων θερμοκηπίων που διαδόθηκαν και σε άλλες χώρες, όπως ο τύπος venlo στην Αγγλία και ο τύπος sintebo στη Δ. Γερμανία.

Με την έρευνα στα θερμοκήπια ασχολούνται διάφορα ινστιτούτα και σταθμοί έρευνας από τα οποία ξεχωρίζει το Institute of Horticultural Engineering στο Wageningen. Ακόμα πολλές εταιρίες ερευνούν διάφορα θέματα σχετικά με τα αντικείμενα απασχόλησης τους (βελτίωση σπόρων, εξοπλισμός θερμοκηπίων κ.α.). Η εκπαίδευση παραγωγών στα θερμοκήπια γίνεται σε καλά οργανωμένα γεωργικά σχολεία.

Στη Χάγη της Ολλανδίας βρίσκεται η έδρα της Διεθνούς Οργάνωσης Οπωροκηπευτικών (ISHS). Στη χώρα αυτή έχουν συγκληθεί σε εθνικό και διεθνές επίπεδο πολλά συνέδρια και συμπόσια.

Ιταλία. Κατέχει τη δεύτερη μετά την Ιαπωνία θέση σε έκταση θερμοκηπίων. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 1984 η έκταση που κάλυπταν τα θερμοκήπια ξεπέρασε τα 195500 στρέμματα. Τα περισσότερα θερμοκήπια καλύπτονται με φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου, ενώ ένα μικρό μέρος καλύπτεται με σκληρό PVC και με πλάκες GRP. Τα τελευταία χρόνια έχει πέσει ο ρυθμός επέκτασης των θερμοκηπίων. Την έρευνα στα θερμοκήπια την έχουν αναλάβει Γεωπονικές σχολές, ινστιτούτα γεωργικής έρευνας και εταιρίες πλαστικών. Τα τελευταία χρόνια στην Ιταλία οργανώθηκαν πολλά συνέδρια και εκθέσεις ειδών κατασκευής και εξοπλισμού θερμοκηπίων, που βοήθησαν σημαντικά στη διάδοση πολλών βελτιώσεων στα θερμοκήπια.

Ισπανία. Ιδιαίτερα μεγάλη επέκταση στα θερμοκήπια της Ισπανίας σημειώθηκε την τελευταία δεκαετία. Από 3500 στρέμματα που κάλυπταν το 1966, το 1971 ξεπέρασαν τα 10000 στρέμματα και το 1985 τα 150000 στρέμματα. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 1985 από τα 150000 στρέμματα, τα 100000 έχουν συγκεντρωθεί στην περιοχή Almeria.

Μια περιοχή πολύ ενδιαφέρουσα για την παραγωγή εκτός εποχής κηπευτικών είναι τα Κανάρια νησιά. Εκεί το 1985 υπήρχαν 1000 στρέμματα γυάλινα θερμοκήπια και 12000 στρέμματα θερμοκήπια που καλύπτονταν με πλαστικό. Τα περισσότερα είναι συγκεντρωμένα στην ανατολική και νοτιοανατολική πλευρά των μεγάλων Καναρίων, όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και η ελάχιστη θερμοκρασία σπάνια πέφτει κάτω από τους 12 °C. Οι καλλιέργειες που συνηθίζονται στα θερμοκήπια είναι από τα λαχανικά η τομάτα και το αγγούρι και από τα άνθη το γαρίφαλο και το τριαντάφυλλο.

Στην Ισπανία χρησιμοποιούνται πολλοί τύποι θερμοκηπίων, αλλά ο πιο διαδεδομένος είναι ο τύπος Parral στον οποίο το φύλλο του πλαστικού συγκρατείται με συρματόσχοινα και πλέγματα. Τελευταία άρχισαν να επεκτείνονται και τύποι θερμοκηπίων με μεταλλικό σκελετό και να εισάγονται μέσα κλιματισμού και συστήματα ποτίσματος με σταγόνες. Από τα θερμοκήπια

με πλαστικό τα 95,5% καλύπτονται με πολυαιθυλένιο και μόνο τα 4,5% με άλλα είδη πλαστικών.

Οι έρευνες σχετικά με τις κατασκευές, τους κλιματισμούς και τις καλλιέργειες στα θερμοκήπια γίνονται στο Mediterranean Agronomic Institute στη Saragosa, στη Γεωπονική σχολή του πανεπιστημίου της Βαρκελώνης και στο Κέντρο Έρευνας της Cajas Rurales. Με τα προβλήματα στα θερμοκήπια ασχολείται και η Εταιρεία Θερμοκηπίων <<Comite Espanol de Plasticos en Agriculture>> (CEPLA).

Δυτική Γερμανία. Είναι μια από τις λίγες ευρωπαϊκές χώρες που έχει υιοθετήσει εδώ και χρόνια τη χρήση των πλαστικών θερμοκηπίων, παρόλο που έχει πολύ ανεπτυγμένα και τα γυάλινα. Παρουσιάζει μάλιστα πολύ αναπτυγμένη τη βιομηχανία πλαστικών.

Από τα 30050 στρέμματα θερμοκηπίων που υπήρχαν το 1982 τα 2390 στρ. σκεπάζονταν με πλαστικά και τα υπόλοιπα με γυαλί. Στο τέλος του 1983 υπήρχαν 750 στρ. με διπλό τζάμι και 550 με πολυκαρμπονάτ και κυψελωτά ακρυλικά.

Το 1982 κατασκευάστηκαν στη Δ. Γερμανία 700 στρέμματα νέα θερμοκήπια, από τα οποία τα 382 ήταν γυάλινα και τα υπόλοιπα από πλαστικό. Τα 2/3 των γυάλινων θερμοκηπίων κατασκευάστηκαν από γυαλί που διαχέει το φως, ενώ τα υπόλοιπα από κοινό γυαλί. Από τα 718 στρ. που σκεπαστήκανε με πλαστικά, τα 201 στρ. ήταν με πολυαιθυλένιο, τα 44 στρ. με πολυκαρμπονάτ, τα 35 στρ. με ακρυλικά, τα 25 στρ. με πλάκες PVC και τα 13 στρ. με πλάκες πολυεστέρα.

Η έρευνα στα θερμοκήπια από πλαστικό γίνεται στο Institut fur Technik in Gartenbau und Landwirtschaft στο Ανόβερο και στις εγκαταστάσεις διαφόρων εταιρειών.

Βέλγιο. Τα θερμοκήπια του Βελγίου βρίσκονται στο ίδιο περίπου επίπεδο ανάπτυξης με εκείνο της Ολλανδίας. Το Βέλγιο όμως, αντίθετα με την Ολλανδία έχει υιοθετήσει τη χρήση των πλαστικών κυρίως για κάλυψη χαμηλών σκέπαστρων και εδάφους καλλιέργειας φράουλας. Τα θερμοκήπια από

πλαστικό εξελίσσονται πολύ γρήγορα και από 460 στρ. που ήταν το 1974, σήμερα έφτασαν τα 2500 στρ.

Το 1985 το μεγαλύτερο μέρος των θερμοκηπίων καλλιεργούνταν με κηπευτικά και με άνθη ενώ παλαιότερα στα θερμοκήπια του Βελγίου καλλιεργούνταν σταφύλια. Οι λόγοι που επέβαλαν την αλλαγή ήταν ο συναγωνισμός από ομοειδή προϊόντα χωρών της νότιας Ευρώπης και κυρίως προβλήματα στην καλλιέργεια από μεγάλη συγκέντρωση αλάτων. Το υπεύθυνο ίδρυμα για την έρευνα στα θερμοκήπια είναι το *Institute Agronomique de l'Etat Gembloux*, διάφορες πανεπιστημιακές σχολές και ο Σταθμός Γεωργικής Έρευνας Κηπευτικών.

Πολωνία. Είναι μια ευρωπαϊκή χώρα όπου έχουν αναπτυχθεί και διαδοθεί σε μεγάλη σχετικά έκταση, τόσο τα γυάλινα θερμοκήπια, όσο και αυτά που σκεπάζονται με φύλλα πλαστικού.

Από τα θερμοκήπια τα 60% έχουν εγκατασταθεί στο νότιο τμήμα της χώρας όπου οι κλιματικές συνθήκες είναι πιο ευνοϊκές, καλύπτονται στην πλειοψηφία τους με φύλλα πλαστικού και βρίσκονται σε χέρια μικρών ιδιοκτητών. Αντίθετα στα βόρεια διαμερίσματα βρίσκονται τα περισσότερα γυάλινα θερμοκήπια, σε μεγάλα κτήματα. Από τα γυάλινα θερμοκήπια που το 1977 ξεπέρασαν τα 9929 στρ. τα 2/3 καλλιεργήθηκαν με λαχανοκηπευτικά και τα υπόλοιπα με ανθοκομικά είδη. Το 1977 τα θερμοκήπια που καλύπτονταν με φύλλο πλαστικού έφτασαν τα 5429 στρ. και καλλιεργήθηκαν τα 2600 στρ. με τομάτα, τα 1650 στρ. με αγγούρι και τα υπόλοιπα με άλλα κηπευτικά.

Ουγγαρία. Είναι μια από τις χώρες της Ευρώπης που έχουν αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό τα θερμοκήπια από πλαστικό. Οι σκελετοί των θερμοκηπίων κατασκευάζονται από αλουμίνιο, σίδηρο και πλαστικούς σωλήνες. Τα θερμοκήπια στην πλειοψηφία τους έχουν σχήμα ημικυκλικό και καλύπτονται με πλαστικό πολυαιθυλένιο. Γίνονται προσπάθειες για την αντικατάσταση των σιδηροσωλήνων του σκελετού με πλαστικούς σωλήνες από PVC διαμέτρου 5 cm. Εντατικό πρόγραμμα βελτίωσης των κατασκευών των θερμοκηπίων έχει αρχίσει στο Σταθμό Γεωργικής Έρευνας του Πανεπιστημίου της Βουδαπέστης.

Στην Ουγγαρία ήδη το 1985 υπήρχαν 3500 στρ. γυάλινα θερμοκήπια, από τα οποία τα μισά θερμαίνονταν με θερμά νερά και τα υπόλοιπα με πετρέλαιο. Από τα 40000 στρ. των θερμοκηπίων από πλαστικό, μόνο τα 10% θερμαίνονταν από τα οποία περί τα 400 στρ. έφεραν σύστημα ψεκασμού νερού ανάμεσα στα διπλά φύλλα του πλαστικού.

Βουλγαρία. Έχει πολύ αναπτυγμένο τον κλάδο των θερμοκηπίων. Στη χώρα αυτή τα περισσότερα θερμοκήπια είναι εγκαταστημένα στην περιοχή της Φιλιππούπολης. Από τα θερμοκήπια, τα 7-8000 στρ. καλύπτονται με γυαλί και τα 3-4000 στρ. με φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου. Τα τελευταία χρόνια επεκτείνονται πολύ γρήγορα τα θερμοκήπια από πλαστικό. Οι σκελετοί αυτών των θερμοκηπίων αποτελούνται από σιδηροσωλήνες διαμέτρου 2,5-5 cm, οι οποίες διαμορφώνονται σε ημικυκλικό σχήμα. Το 1976 υπήρχαν 2360 στρ. θερμοκηπίων από πλαστικό. Από τα θερμοκήπια που σκεπάζονται με φύλλα πλαστικού τα 10-15% θερμαίνονται με αερόθερμα και με κυκλοφορία ζεστού νερού, ενώ τα υπόλοιπα καλλιεργούνται την άνοιξη με πρόγραμμα κηπευτικά.

Τα γυάλινα θερμοκήπια είναι μια παραλλαγή του ολλανδικού τύπου venlo, κατασκευάζονται από ειδικό οργανισμό και τοποθετούνται σε μεγάλες μονάδες των 50-750 στρ. με άριστο μέγεθος τα 250 στρ. Τα θερμοκήπια θερμαίνονται με κεντρικό σύστημα κυκλοφορίας ζεστού νερού και καταναλώνουν 30-40 τόνους μαζούτ ανά χρόνο και στρέμμα.

Υπεύθυνο ίδρυμα για την έρευνα σχετικά με τις κατασκευές, τους κλιματισμούς και τις καλλιέργειες στα θερμοκήπια είναι το Ινστιτούτο Κηπευτικών Μαρίτσα στη Φιλιππούπολη.

Σοβιετική Ένωση. Παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία κλιμάτων, από τα οποία μερικά είναι κατάλληλα για ανάπτυξη θερμοκηπίων. Αν και δεν υπάρχουν επίσημα στατιστικά στοιχεία δημοσιευμένα σε διεθνή περιοδικά για εξέλιξη των θερμοκηπίων στη μεγάλη αυτή χώρα, όμως ορισμένα στοιχεία δημοσιεύτηκαν από επισκέπτες επιστήμονες ευρωπαϊκών χωρών. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, το 1968 στην ΕΣΣΔ υπήρχαν 4750 στρ. γυάλινα θερμοκήπια και 13000 στρ. θερμοκήπια που σκεπάζονται με φύλλα πλαστικού. Το 1977 τα θερμοκήπια από πλαστικό ξεπέρασαν τα 40000 στρ. Στα θερμοκήπια που σκεπάζονται με

πλαστικό άρχισαν να χρησιμοποιούνται στη θέση του πολυαιθυλενίου οι ενισχυμένες με γυάλινες ίνες πλάκες και το πλαστικό PVC.

Τα θερμοκήπια στις χώρες της Ασίας

Από τις χώρες της Ασίας, εκτός από την Ιαπωνία, οι υπόλοιπες δεν έχουν αναπτύξει σε αξιόλογο επίπεδο τον κλάδο των θερμοκηπίων.

Ιαπωνία. Είναι η χώρα που έχει το μεγαλύτερο αριθμό στρεμμάτων θερμοκηπίων στον κόσμο (366374 στρ.). Η Ιαπωνία είναι φτωχή σε εδάφη, γ'αυτό τα θερμοκήπια καθιερώθηκαν ως μέσο εντατικής παραγωγής κηπευτικών και επίτευξης υψηλού εισοδήματος. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 1978, τα θερμοκήπια που καλύπτονται με φύλλα πλαστικού φτάνουν τα 348300 στρ. και τα γυάλινα τα 18074 στρ. Αν στις εκτάσεις αυτές προστεθούν και οι διπλές καλλιέργειες, τότε οι εκτάσεις που καλλιεργήθηκαν φτάνουν τα 400000 στρ. Από άλλα στοιχεία γνωρίζουμε ότι το μέσο μέγεθος των θερμοκηπίων είναι 370 m² και σε κάθε οικογένεια αναλογούν τρία θερμοκήπια. Μετά την ενεργειακή κρίση μειώθηκε ο ρυθμός επέκτασης των θερμοκηπίων που σκεπάζονται με φύλλα πλαστικού και άρχισαν να επεκτείνονται τα γυάλινα θερμοκήπια.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εισαχθεί στα θερμοκήπια ορισμένες πολύ ενδιαφέρουσες βελτιώσεις, όπως νέοι τύποι πλαστικού PVC, που δεν συγκεντρώνουν σκόνη και σταγονίδια, φωτοελαστικά πλαστικά διαφόρων χρωματισμών, προκατασκευασμένοι τύποι θερμοκηπίων από μεταλλικό σκελετό που φέρουν επικάλυψη σκλήρου PVC, εκμηχάνιση και αυτοματοποίηση εργασιών στα θερμοκήπια, παράθυρα στη στέγη του θερμοκηπίου, εμπλουτισμός του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα, αυτόματο πότισμα κ.α.

Το κράτος επιδοτεί τη δημιουργία ζωνών θερμοκηπίων σε προνομιούχες από άποψη κλίματος περιοχές. Το υπουργείο Γεωργίας έχει καθορίσει στάνταρ αντοχής για θερμοκήπια και έχει συστήσει συμβούλιο για τη μελέτη του θέματος της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα μεταχειρισμένα πλαστικά.

Τις έρευνες που αφορούν στις κατασκευές, στα υλικά κάλυψης, στους κλιματισμούς και στις καλλιέργειες τις έχουν αναλάβει πανεπιστημιακές σχολές

και διάφορες εταιρείες. Μεταξύ των θεμάτων που ερευνούνται, μεγάλη έμφαση έχει δοθεί στη θέρμανση των θερμοκηπίων με ηλιακή ενέργεια, με ζεστά νερά από πηγές και με την ενέργεια που εκλύεται από τη ζύμωση των απορριμμάτων των πόλεων. Τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι καλλιεργητές των θερμοκηπίων είναι:

- Η συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος, ιδίως στα μόνιμα θερμοκήπια
- Οι ασθένειες εδάφους
- Η αντιμετώπιση των χαμηλών θερμοκρασιών

Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα

Στη χώρα μας οι πρώτες συστηματικές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια για παραγωγή καλλωπιστικών φυτών. Η σημαντική όμως εξάπλωσή τους αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων. Η ευκολία προσαρμογής του υλικού αυτού σε οποιοδήποτε σχήμα σκελετού και η χαμηλή του τιμή, επέτρεψαν στους προοδευτικούς καλλιεργητές (σε περιοχές με πρώιμες καλλιέργειες) να κατασκευάσουν μόνοι τους θερμοκήπια για παραγωγή πρώιμων κηπευτικών, χωρίς να χρειάζονται μεγάλα κεφάλαια. Αργότερα δημιουργήθηκαν και αρκετές βιοτεχνίες κατασκευής θερμοκηπίων, οι οποίες βελτίωσαν σημαντικά τις κατασκευές. Έτσι παρατηρήθηκε μια εντυπωσιακή ανάπτυξη των θερμοκηπίων, τα οποία έφτασαν στα 44345 στρέμματα το 1992. Η εξέλιξη των θερμοκηπίων στην χώρα μας φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1

*Εξέλιξη των θερμοκηπίων στην χώρα μας.
Στοιχεία της Δ/σης Πληροφόρησης του Υπουργείου Γεωργίας.*

Καλλιεργητική περίοδος	Θερμοκήπια σε στρ.	Καλλιεργητική περίοδος	Θερμοκήπια σε στρ.
1955-56	2	1975-76	19100
1956-57	40	1976-77	20600
1957-58	75	1977-78	23300
1958-59	100	1978-79	26200
1959-60	120	1979-80	27600
1960-61	150	1980-81	29400
1966-67	2690	1981-82	3200
1967-68	4551	1982-83	31457
1968-69	8300	1983-84	31606
1969-70	12400	1984-85	34797
1970-71	12300	1985-86	35689
1971-72	15400	1986-87	37404
1972-73	17300	1987-88	39504
1973-74	18000	1991-92	44345
1974-75	17900	1998-99	50031

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συνετέλεσαν στην αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα είναι:

- Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας. Το ήπιο κλίμα που επικρατεί σε πολλές περιοχές είναι ευνοϊκό και παρέχει τη δυνατότητα καλλιέργειας σε πολύ απλές κατασκευές χωρίς ακριβό εξοπλισμό.
- Η ανάγκη εξασφάλισης υψηλότερου εισοδήματος από μικρής έκτασης γεωργικό έδαφος (εντατικοποίηση των καλλιεργειών).
- Η αύξηση της ζήτησης των θερμοκηπιακών προϊόντων στην εσωτερική αγορά.
- Η γεωργική πολιτική του κράτους, που ενθάρρυνε την προώθηση των καλλιεργειών αυτών με τη θέσπιση οικονομικών κινήτρων και την εκτέλεση αρδευτικών και άλλων έργων.

Η γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων και καλλιεργειών στη χώρα μας μέχρι το έτος 1992 παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2

*Γεωγραφική κατανομή των εγκατεστημένων στη χώρα μας θερμοκηπίων και καλλιιεργειών.
Στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας για το έτος 1992.*

Περιοχές χώρας	Έκταση θερμοκηπίων (στρ.)				Είδος καλλιιεργειών		
	Πλαστ.	Υαλόφρ.	Σύνολο	%	Λαχαν.	Ανθ.	Λοιπά
Κρήτη	20111	174	20285	45,7	16200	860	3225
Πελοπόννησος	9922	390	10312	23,3	8750	443	1119
Κεντρική Μακεδονία	6358	170	6528	14,7	6200	258	70
Λοιπές περιοχές	6148	1072	7220	16,3	5605	1530	85
Σύνολο χώρας	42535	1810	44345	100	38500	3000	4500
Ποσοστό %	95,9	4,1	100		82,9	7,0	10,1

Σύμφωνα με νεότερα στατιστικά στοιχεία η κατανομή των θερμοκηπίων σε σχέση με τις καλλιέργειες στα διάφορα διαμερίσματα της χώρας μας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3

Έκταση σε στρέμματα που καταλαμβάνουν τα θερμοκήπια στα διάφορα διαμερίσματα της χώρας μας. Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος. Έτος 1999.

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Θερμοκήπια	
	Λαχαν.	Ανθ.
Σύνολο Ελλάδος	45798	4233
Στερεά Ελλάδα και Εύβοια	1099	1002
Πελοπόννησος	10225	343
Ιόνιοι Νήσοι	270	20
Ήπειρος	1842	37
Θεσσαλία	1020	285
Μακεδονία	9740	475
Θράκη	193	19
Νήσοι Αιγαίου	1930	110
Κρήτη	19479	1942

Ιδιαιτερότητες του τομέα των θερμοκηπίων της Νοτίου Ελλάδος σε σχέση με τα θερμοκήπια της Βορείου Ευρώπης

Κλιματικοί παράγοντες: Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα συγκεντρώνονται σε περιοχές χωρίς υπερβολικά ψυχρό χειμώνα και με άφθονη ηλιακή ενέργεια. Η Κρήτη, η Πελοπόννησος και τα νησιά του Νοτίου Αιγαίου είναι οι περιοχές όπου συγκεντρώνεται το 70% των θερμοκηπίων της χώρας. Οι μέσες θερμοκρασίες Ιανουαρίου στις περιοχές αυτές κυμαίνονται από 10-13°C και οι μέσες ελάχιστες από 6,4-9,5°C. Η ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται από 1750 Wh/m² και ημέρα -2300 Wh/m² και ημέρα. Η μέση θερμοκρασία αυξάνεται στους 16°C τον Απρίλιο και η ηλιακή ακτινοβολία πάνω από 4700 Wh/m² και ημέρα. Το κλίμα επομένως της Νοτίου Ελλάδας συνήθως επιτρέπει την παραγωγή γεωργικών προϊόντων και σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια, κάτι που είναι αδύνατον στην Β. Ευρώπη. Λόγω της σχετικά υψηλής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο το δυναμικό παραγωγής την περίοδο αυτή είναι υψηλό και συχνά ευνοϊκό για τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Η παραγωγική περίοδος λαχανοκομικών προϊόντων στη Νότιο Ελλάδα αρχίζει από το Νοέμβριο και συνήθως τελειώνει τον Ιούνιο. Η παραγωγική περίοδος μπορεί να επεκταθεί και κατά τους θερινούς μήνες, αρκεί να εξασφαλισθεί καλός εξαερισμός του θερμοκηπίου ή και δροσισμός.

Στη Βόρειο Ευρώπη η παραγωγική περίοδος στα ίδια προϊόντα περιλαμβάνει την άνοιξη, το θέρος και το φθινόπωρο.

Οικονομικοί παράγοντες: Η ελληνική οικονομία για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα χαρακτηριζόταν από υψηλό σχετικά πληθωρισμό και επομένως υψηλό κόστος χρήματος που καθιστούσε τις κατασκευές πολύ καλών προδιαγραφών ασύμφορες, γι' αυτό η πλειοψηφία των κατασκευών στη χώρα μας είναι μικρού κόστους θερμοκήπια με ξύλινο σκελετό και ελάχιστο εξοπλισμό. Στη Β. Ευρώπη η πλειοψηφία των θερμοκηπίων είναι μεταλλικού σκελετού θερμοκήπια που φέρουν πλήρη εξοπλισμό σύγχρονης τεχνολογίας.

Η τιμή του καύσιμου πετρελαίου ενώ στη Β. Ευρώπη μειώνεται τα τελευταία χρόνια, στη χώρα μας αυξάνει, επειδή η τιμή του περιλαμβάνει κατά

ένα μεγάλο ποσοστό φόρο. Έτσι, η θέρμανση των θερμοκηπίων με συμβατικό καύσιμο είναι μία πολύ ακριβή διαδικασία και έχει αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό του κόστους του παραγομένου προϊόντος να προέρχεται από τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης.

Αγορά: Στην ελληνική αγορά γενικά, για τα περισσότερα λαχανικά θερμοκηπίου δεν υπάρχει διαφοροποίηση τιμών στις ποιότητες Extra και A κι έτσι το πλεονέκτημα της παραγωγής καλύτερης ποιότητας προϊόντων όταν θερμαίνεται το θερμοκήπιο δεν οδηγεί πάντα σε οικονομικό όφελος για τον παραγωγό. Στη Β. Ευρώπη υπάρχει υποχρεωτικά διαχωρισμός ποιοτήτων και διαφοροποίηση τιμών στις διάφορες ποιότητες.

Στην Ελλάδα η μεγάλη απόσταση από τα κέντρα κατανάλωσης της Β. Ευρώπης επιβαρύνει τα εξαγόμενα προϊόντα με υψηλό κόστος μεταφοράς.

Ποιότητα κατασκευών

Από πλευράς υλικών κατασκευής, τα πρώτα θερμοκήπια που εμφανίστηκαν στην Ελλάδα (1955-1960) και προορίζονταν, για την παραγωγή ανθοκομικών προϊόντων, ήταν κατασκευασμένα από μεταλλικό σκελετό και είχαν κάλυψη από γυαλί. Με δεδομένα όμως το υψηλό κόστος κατασκευής τους, την έλλειψη επαρκών γνώσεων εκ μέρους των παραγωγών για το απαιτούμενο περιβάλλον του θερμοκηπίου και την καλλιεργητική τεχνική και την έλλειψη μηχανισμών τεχνικής υποστήριξης εκ μέρους των διαφόρων υπηρεσιών, τα θερμοκήπια αυτά δεν είχαν πάντα θετικό οικονομικό αποτέλεσμα.

Από το 1961, με την εισαγωγή στην ελληνική αγορά του πλαστικού πολυαιθυλενίου και τη μεταφορά γνώσεων από το εξωτερικό σχετικά με τη κατασκευή ξύλινων θερμοκηπίων, οι παραγωγή ορισμένων περιοχών (Σύρος, Ιεράπετρα) στράφηκαν προς κατασκευές φθηνότερες και απλούστερες.

Τελικά, ακόμα και σήμερα λόγω των οικονομικών συνθηκών που επικρατούν στη χώρα μας (υψηλό κόστος κεφαλαίου), το χαμηλό κόστος επένδυσης υπερισχύει συχνά στην απόφαση αγοράς θερμοκηπίου των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα εξελιγμένα θερμοκήπια. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμη και τα ξύλινα θερμοκήπια με πλαστική κάλυψη που

κατασκευάζονταν μέχρι το 1987 δεν εξαντλούσαν τις δυνατότητές τους για τη δημιουργία ευνοϊκότερου περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των φυτών. Όμως από το 1987 και μετά, με τις προδιαγραφές που τέθηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας, η κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά.

Το μέγιστο μέρος των θερμοκηπίων καλύπτεται από πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου. Το 1982 στο σύνολο των υαλόφρακτων θερμοκηπίων που καλλιεργούνταν με κηπευτικά (θερμαινόμενα ή μη ήταν 119 στρέμματα) αποτελούσαν ποσοστό 0,4%. Το 1992 το αντίστοιχο ποσοστό έγινε 1%.

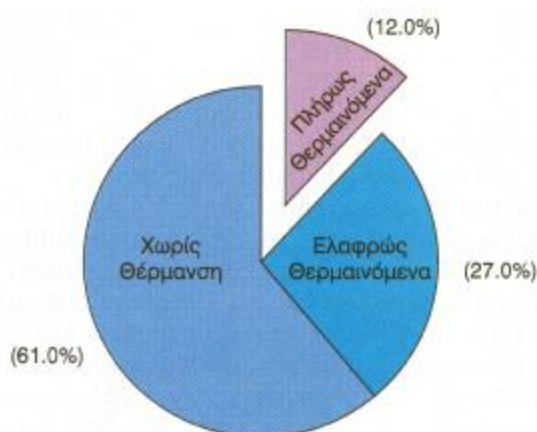
Σχετικά με τη θέρμανση, το 1982 το 15 % των θερμοκηπίων (υαλόφρακτων και πλαστικών) είχαν τη δυνατότητα, έστω και υποτυπώδους θέρμανσης. Το 1992, αντίστοιχα, το ποσοστό ανεβαίνει στο 39 %. Απ' αυτά όμως μόνο το 12 % έχει τη δυνατότητα ρύθμισης του περιβάλλοντος στα επιθυμητά επίπεδα, ενώ τα υπόλοιπα χρησιμοποιούν τη θέρμανση για αντιπαγετική προστασία ή για τη μείωση της σχετικής υγρασίας (βλ. σχ. 1.2.).

Υπολογίζεται ότι 15000 στρέμματα ή το 90% του συνόλου των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας θερμαίνονται με μαζούτ ή πετρέλαιο, 1200 στρέμματα ή το 7% θερμαίνεται με βιομάζα (κυρίως με πυρήνα ελιάς), 340 στρέμματα ή το 2% με ηλιακή ενέργεια, 170 στρέμματα ή το 1% με γεωθερμική ενέργεια και 10 στρέμματα με αντλίες θερμότητας. Στο 88% των θερμοκηπίων που θερμαίνονται με μαζούτ ή πετρέλαιο για την κατανομή της θερμότητας μέσα στο χώρο των θερμοκηπίων χρησιμοποιείται το αερόθερμο, στο 10% χρησιμοποιείται κεντρικό σύστημα θέρμανσης με νερό 85°C που κυκλοφορεί σε μεταλλικούς σωλήνες και στο 2% χρησιμοποιείται κεντρικό σύστημα θέρμανσης με ζεστό νερό 45°C που κυκλοφορεί σε πλαστικούς σωλήνες.

Τα τυποποιημένα θερμοκήπια (δηλαδή αυτά που προέρχονται από βιοτεχνίες και βιομηχανίες) το 1982 αποτελούσαν το 14,5% του συνόλου, ενώ το 1992 αποτελούν το 38% του συνόλου. Τα τελευταία χρόνια προτιμούνται περισσότερο τα τυποποιημένα μεταλλικά θερμοκήπια, διότι είναι μακροβιότερα και παρέχουν καλύτερες δυνατότητες σωστού εξαερισμού, ο οποίος μπορεί να λειτουργεί αυτόματα.

Ας σημειωθεί ότι τα τελευταία επίσης χρόνια, ο καλλιεργητής έχει συνειδητοποιήσει την ευνοϊκή επίδραση που έχει στην αύξηση της παραγωγής

του το σωστό περιβάλλον στο χώρο του θερμοκηπίου. Γι' αυτό το λόγο όλο και περισσότερα θερμοκήπια εξοπλίζονται με θέρμανση.



Σχ. 1.2. Ποσοστιαία σχηματική παράσταση της έκτασης των θερμοκηπίων σε σχέση με τον τρόπο θέρμανσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4

Καλυπτόμενη έκταση σε στρέμματα από διάφορου τύπου θερμοκηπίων (1992). Πηγή: ΑΤΕ

Τύποι Θερμοκηπίων	Χωρίς θέρμανση	Αντιπαγετική προστασία	Συστηματική θέρμανση	Συνολική έκταση στρ.
Υαλόφρακτα	78	38	1695	1811
Πλαστικά:				
α) Τυποποιημένα:				
Εύλ. Σκελετός	6014	2355	3038	11407
Μετ. Σκελετός	3716	530	180	4426
β) Χωρικού Τύπου				
Εύλ. Σκελετός	8337	3035	198	11570
Μετ. Σκελετός	9005	5839	287	15131
Συνολική Έκτ.	27150	11797	5398	4434

Προέλευση των θερμοκηπίων της χώρας μας

Από τα τυποποιημένα θερμοκήπια που εγκαθίστανται στη χώρα μας ένα μέρος εισάγεται από το εξωτερικό και το υπόλοιπο καλύπτεται από εγχώριες βιοτεχνίες κατασκευής μεταλλικών και ξύλινων θερμοκηπίων.

Τα θερμοκήπια που έχουν εισαχθεί μέχρι τώρα στη χώρα μας ήταν προελεύσεως κυρίως Ολλανδίας, Ιταλίας και Γαλλίας και δευτερευόντως Μ. Βρετανίας και Ισραήλ.

Δυστυχώς δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για την ποσότητα σε αριθμό στρεμμάτων που έχουν εισαχθεί, λόγω αδυναμίας της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας να παρακολουθεί και να καταγράφει τις εισαγωγές αυτές. Εκείνο που μπορεί να λεχθεί με αρκετή προσέγγιση, είναι ότι τα υαλόφρακτα θερμοκήπια είναι εξ ολοκλήρου εισαγόμενα και ότι τα μεταλλικά με κάλυψη πλαστικού είναι εισαγόμενα σε ποσοστό περίπου 10%.

Τα θερμοκήπια τα οποία έχουν μέχρι τώρα εισαχθεί στη χώρα μας, ποιοτικά παρουσιάζουν μεγάλο εύρος διακύμανσης, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την αντοχή των υλικών κατασκευής τους και σε ό,τι αφορά τις προδιαγραφές που πληρούν για να ανταποκρίνονται στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας. Τα προβλήματα που έχουν εμφανιστεί στις θερμοκηπιακές εκμεταλλεύσεις που χρησιμοποιούν θερμοκήπια προέλευσης εξωτερικού, εστιάζονται κυρίως στην αντοχή στον άνεμο, αντοχή στο χιόνι και κυρίως στην έλλειψη επαρκούς εξαερισμού κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως είναι φυσικό, τα θερμοκήπια που εισάγονταν μέχρι τώρα στη χώρα μας, ήταν κατασκευασμένα έτσι ώστε να πληρούν τις ποιοτικές προδιαγραφές για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρα κατασκευής τους.

Για πολλούς λόγους λοιπόν, που αφορούν τον σχεδιασμό, την κατασκευή και συχνά τη θεμελίωση, πολλά από τα θερμοκήπια προέλευσης εξωτερικού εμφανίζουν σημαντικά ποιοτικά προβλήματα.

Ο κατασκευαστικός κλάδος των θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Όλες οι ελληνικές μονάδες κατασκευής θερμοκηπίων είναι βιοτεχνίες, αφού ουσιαστικά δεν υπάρχουν ακόμα οργανωμένες μεγάλες μονάδες που να μπορούν να χαρακτηρισθούν βιομηχανίες κατασκευής θερμοκηπίων. Το μόνιμο προσωπικό που απασχολούν, σε καμιά βιοτεχνία δεν ξεπερνά τα 30 άτομα και το έκτακτο τα 70 άτομα.

Οι σημαντικότερες ελληνικές βιοτεχνίες κατασκευής θερμοκηπίων είναι περίπου 20 και έχουν την έδρα τους: το ένα τρίτο περίπου στην Κρήτη και οι υπόλοιπες στη Στερεά Ελλάδα, στην Πελοπόννησο, στη Θεσσαλία, στη Θεσσαλονίκη και στην Ήπειρο.

Από αυτές 6 μόνο διαθέτουν εκτεταμένο δίκτυο πωλήσεων σε όλη την Ελλάδα, ενώ οι υπόλοιπες περιορισμένο, ή ενδιαφέρονται μόνο για την τοπική αγορά.

Ο εξοπλισμός των βιοτεχνιών αυτών είναι περιορισμένος, αφού καμία δεν έχει δικό της γαλβανιστήριο και μόνο 3 έχουν δικές τους ραουλιέρες.

Ο τύπος θερμοκηπίων που κατασκευάζουν είναι κυρίως το ξύλινο αμφικλινές θερμοκήπιο Ιεράπετρας, το μεταλλικό τοξωτό και το μεταλλικό αμφικλινές θερμοκήπιο. Το υλικό κάλυψης που χρησιμοποιείται σχεδόν στο σύνολο τους είναι το πλαστικό φύλλο ή οι επιφάνειες σκληρού πλαστικού. Οι κατασκευές τους είναι οπωσδήποτε πολύ καλύτερης ποιότητας από τις χωρικού τύπου κατασκευές που δημιουργούν οι ίδιοι οι παραγωγοί, υπάρχουν όμως πολύ μεγάλα περιθώρια βελτίωσης των κατασκευών τους.

Η ετήσια δυναμικότητα παραγωγής θερμοκηπίων από τις ελληνικές βιοτεχνίες συνολικά μπορεί να φτάσει περίπου τα 6000 στρέμματα.

Για την αντιμετώπιση των αδυναμιών των ελληνικών βιοτεχνιών κατασκευής θερμοκηπίων και τη βελτίωση των μελλοντικών προοπτικών τους ίσως θα πρέπει να επιμορφωθούν τα στελέχη τους και να συγχωνευθούν μεταξύ τους οι ικανότερες από τις μικρότερες βιοτεχνίες.

Προοπτικές ανάπτυξης των θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Ο κλάδος των θερμοκηπίων στην Ελλάδα αποτελεί έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της γεωργίας, παρ' όλο ότι ο μεγάλος όγκος των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων τεχνολογικά δεν βρίσκεται ακόμα σε υψηλό επίπεδο.

Γενικά η περαιτέρω ανάπτυξη των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων:

- Παρέχει τη δυνατότητα συγκράτησης πληθυσμού που έχει στην κατοχή του μικρής έκτασης έδαφος, στη γεωργία.
- Αυξάνει την απασχόληση, γιατί ασχολείται με εντατικές καλλιέργειες που αξιοποιούν πολλά εργατικά χέρια.
- Μπορεί να συντελέσει στην αύξηση των ελληνικών εξαγωγών γεωργικών προϊόντων σε χώρες της Β. Ευρώπης.
- Δίνει διέξοδο στον εκσυγχρονισμό της ελληνικής γεωργίας.

Για να γίνει όμως δυνατή η βελτίωση αυτής της παραγωγικής δραστηριότητας, υπάρχει μεγάλη ανάγκη τεχνικής υποστήριξης των θερμοκηπιακών μονάδων, διότι:

- Η παραγωγή τους βασίζεται σε ανεπτυγμένες τεχνολογικά μεθόδους.
- Η ανάπτυξη και παραγωγή φυτών έξω από το φυσικό τους περιβάλλον δημιουργεί περισσότερα προβλήματα, απ' ό,τι στις συνήθεις καλλιέργειες του ανοιχτού αγρού, που πρέπει να επιλυθούν από κατάλληλα εξοπλισμένα εργαστήρια.
- Ο εντατικός ρυθμός καλλιέργειας απαιτεί άμεσες λύσεις που δεν επιδέχονται καθυστερήσεις.

Προδιαγραφές κατασκευής θερμοκηπίων

Τα θερμοκήπια είναι κατασκευές που παρουσιάζουν αρκετές διαφορές, όσον αφορά τις παραδοχές φόρτισης σε σχέση με τις κατοικίες ή τις άλλες συναφείς κατασκευές. Οι διαφορές αυτές προκύπτουν από τη μικρότερη ένταση των φορτίων με τα οποία γίνεται ο υπολογισμός της αντοχής τους, αλλά και από το γεγονός ότι τα φορτία που τα καταπονούν πιο πολύ είναι επί το πλείστον διαφορετικά. Έτσι, ενώ σε μια κατοικία ο σεισμός δημιουργεί συνήθως σοβαρές καταπονήσεις, στα θερμοκήπια τα σεισμικά φορτία προκαλούν πολύ μικρές καταπονήσεις, ενώ αντίθετα τα φορτία που τα καταπονούν πιο πολύ είναι αυτά που προέρχονται από την πνοή του ανέμου.

Για τους παραπάνω λόγους, στις διάφορες χώρες, για την κατασκευή θερμοκηπίων έχουν συνταχθεί προδιαγραφές οι οποίες διαφέρουν λίγο ή πολύ αυτών των συνήθων κατασκευών. Στην Ελλάδα, στο τέλος του 1985, συντάχθηκε από επιτροπή εκπροσώπων του Υπουργείου Γεωργίας, της Α.Γ.Σ.Α. και της Α.Τ.Ε. σχέδιο προδιαγραφών για την κατασκευή θερμοκηπίων.

Τα φορτία που επιβαρύνουν πιο πολύ τα θερμοκήπια, είναι πρώτα ο άνεμος και μετά το χιόνι. Σε όλες τις προδιαγραφές ορίζεται σαφώς ο τρόπος υπολογισμού των φορτίων αυτών, ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στις συνθήκες κάθε χώρας.

Στην Ελλάδα τα υπάρχοντα θερμοκήπια είναι εγχώριου κατασκευής ή εισαγόμενα. Τα τελευταία έχουν κατασκευασθεί με προδιαγραφές των χωρών από τις οποίες εισάγονται.

Μεταξύ των προδιαγραφών κατασκευής θερμοκηπίων, υπάρχουν αρκετές διαφορές, όσον αφορά τον υπολογισμό των ανεμοπιέσεων. Οι διαφορές οφείλονται στο διαφορετικό τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού σε κάθε χώρα.

Τεχνικές προδιαγραφές θερμοκηπίων

Βασικός στόχος, τόσο των προγραμμάτων του υπουργείου γεωργίας, όσο και της Α.Τ.Ε. είναι η προώθηση της κατασκευής βελτιωμένου τύπου θερμοκηπίων και η εφαρμογή σε αυτά τεχνητής θέρμανσης για να επιτευχθούν κατά το δυνατό υψηλότερες ποσοτικά και ποιοτικά αποδόσεις.

Οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα θερμοκήπια για να χαρακτηριστούν βελτιωμένου τύπου είναι οι παρακάτω:

Διαστάσεις θερμοκηπίου

Είναι γνωστό, ότι τα μεγάλα όγκου θερμοκήπια εξασφαλίζουν καλύτερη λειτουργικότητα, ομαλή εξέλιξη των καλλιεργειών που διενεργούνται σε αυτά και καλύτερες συνθήκες εργασίας.

Έχει αποδειχθεί στην πράξη, ότι τα ανεκτά όρια κυβισμού βρίσκονται στην σχέση:

$$\text{Επιφάνεια} / \text{όγκος} = 1 / 2,5 - 3$$

Σε συνάρτηση με αυτό, καθώς και με τα σημερινά δεδομένα στη χώρα μας, το ελάχιστο ύψος της κορυφαίας οριζόντιας δοκού (περίπτωση θερμοκηπίων με κατακόρυφες πλευρές) δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2,5 m για τα ξύλινα θερμοκήπια που κατασκευάζονται από τους ίδιους παραγωγούς.

Το ελάχιστο ύψος της χαμηλής πλευράς στα μονά θερμοκήπια και της υδρορροής στα πολύρρικτα δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2 m για τα ξύλινα που κατασκευάζονται από τους ίδιους τους παραγωγούς και από 2,30 m, για όλους τους λοιπούς τύπους.

Στην περίπτωση θερμοκηπίου ημικυκλικής διατομής τύπου τούνελ το ελάχιστο πλάτος στο έδαφος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 7m και το ελάχιστο ύψος στην κορυφή μικρότερο από 2,75 m.

Είναι ευνόητο ότι όλη η κατασκευή του θερμοκηπίου θα πρέπει να αντέχει τόσο στο βάρος του φορτίου της παραγωγής των καλλιεργειών που διενεργούνται μέσα σε αυτό με φυτά αναρτημένα από τον σκελετό, όσο και στις ανεμοπιέσεις της περιοχής.

Αερισμός θερμοκηπίων

- Φυσικός αερισμός

Όλες οι κατασκευές πρέπει να έχουν ανοίγματα πλευρικά και οροφής, συνολικά όχι λιγότερο από 15 % της Καλυπτόμενης επιφάνειας του θερμοκηπίου. Τα πλευρικά ανοίγματα πρέπει να αρχίζουν σε ύψος από το έδαφος το ελάχιστο ένα μέτρο και τα παράθυρα οροφής να τοποθετούνται στο υψηλότερο μέρος αυτής της κατασκευής κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται ομοιόμορφος εξαερισμός στο θερμοκήπιο και να διευκολύνεται η εκμηχάνιση και αυτοματοποίηση της λειτουργίας τους.

- Βεβιασμένος αερισμός

Στην περίπτωση αυτή οι εξαεριστήρες πρέπει να έχουν τέτοια δυναμικότητα, ώστε να εξασφαλίζονται τουλάχιστον 25 εναλλαγές την ώρα στο στρέμμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Γενικά

Ο άνθρωπος κατόρθωσε να αλλάξει έστω και λίγο το γονότυπο μερικών από τα φυτά που καλλιεργεί και έτσι πέτυχε τη διάδοση τους σε διάφορες κλιματολογικές συνθήκες. Όμως η αλλαγή στο γονότυπο είναι δύσκολη και απαιτεί πολύ χρόνο.

Επομένως μας ενδιαφέρουν οι παράγοντες του περιβάλλοντος οι οποίοι καθορίζουν την ανάπτυξη των φυτών. Η ρύθμιση όμως των παραγόντων του περιβάλλοντος στα θερμοκήπια είναι πολύ δύσκολη, όχι μόνο επειδή υπεισέρχονται πολλοί συγχρόνως παράγοντες, αλλά και επειδή ο κάθε παράγοντας μεταβάλλεται απεριόριστα και ακόμα υπάρχει μια διαρκής αλληλεπίδραση μεταξύ όλων των παραγόντων.

Οι λόγοι για τους οποίους ρυθμίζουμε στα θερμοκήπια τους παράγοντες ανάπτυξης των κηπευτικών είναι οι παρακάτω:

- Να βελτιωθούν οι συνθήκες ανάπτυξης των καλλιεργειών, ώστε να επιτευχθεί το μεγαλύτερο δυνατό οικονομικό αποτέλεσμα.
- Να επεκταθεί η εποχή παραγωγής όταν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς.
- Να αντιμετωπιστούν οι ασθένειες των κηπευτικών με τη δημιουργία συνθηκών περιβάλλοντος που να είναι ευνοϊκές για τις καλλιέργειες και δυσμενείς για την εξάπλωση των ασθενειών.
- Να εξασφαλιστεί υψηλή παραγωγή και ποιότητα κηπευτικών για πολλά χρόνια ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
- Να μελετηθεί η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Η μέγιστη απόδοση στις καλλιέργειες πετυχαίνεται μόνο όταν όλοι οι παράγοντες του περιβάλλοντος βρεθούν σ' ένα άριστο επίπεδο.

Αυτό είναι πολύ δύσκολο γιατί στο θερμοκήπιο παρατηρείται μια συνεχή και πολυσύνθετη μεταβολή και αλληλεπίδραση όλων των παραγόντων του περιβάλλοντος. Άλλη δυσκολία στη ρύθμιση των συνθηκών του περιβάλλοντος

είναι ότι πρέπει να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή τις απαιτήσεις των διαφόρων καλλιεργειών σε θερμοκρασία, διοξείδιο του άνθρακα, φωτισμό, σχετική υγρασία κ.α.

Πριν ρυθμίσουμε ένα παράγοντα του περιβάλλοντος, πρέπει να μελετήσουμε κατά πόσο η αλλαγή αυτή συμφέρει οικονομικά.

Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικά στον καθένα από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών, μέσα στο θερμοκήπιο.

Θερμοκρασία

Όλη η θερμότητα πάνω στη γη προέρχεται από τον ήλιο δηλαδή έχουμε μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική.

Η ακτινοβολούμενη από τον ήλιο ενέργεια φθάνει στο έδαφος και τη βλάστηση, όπου ένα μικρό μέρος ανακλάται και το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα. Από τη θερμή επιφάνεια της γης μεταφέρεται θερμότητα με συναγωγή στον αέρα. Επίσης μεταφέρεται θερμότητα με αγωγιμότητα στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Δηλαδή ο ατμοσφαιρικός αέρας δε θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία (παρά σε ασήμαντο ποσοστό, που εξαρτάται από την περιεκτικότητα του σε σκόνη, υγρασία κ.ά.) αλλά έμμεσα από την επιφάνεια της γης.

Το μέγιστο της θερμοκρασίας συμβαίνει όταν υπάρχει η μέγιστη θερμότητα στο σημείο της μέτρησης. Στην επιφάνεια του εδάφους αυτό συμβαίνει τη στιγμή που δέχεται το μέγιστο ποσοστό της προσπίπτουσας σ' αυτό ακτινοβολίας. Ο χρόνος που εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στον αέρα σε κάποια απόσταση από το έδαφος είναι καθυστερημένος, λόγω των αντιστάσεων μεταφοράς της θερμότητας και της θερμοχωρητικότητας του αέρα.. Σε βάθος στο έδαφος, το μέγιστο της θερμοκρασίας εμφανίζεται πολύ πιο καθυστερημένα, γιατί το έδαφος έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από αυτή του αέρα. Επίσης, όσο απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια, μειώνεται η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας, επειδή τα πλησιέστερα στρώματα αποθηκεύουν μια ποσότητα θερμότητας και επομένως μικρότερη ποσότητα περνά στα επόμενα. Σε φυσικό έδαφος βάθους 50 cm, η ημερήσια διακύμανση της

θερμοκρασίας εξασθενεί πάρα πολύ. Σε βάθος 2,20 m, η ετήσια μεταβολή είναι περίπου $\pm 3,5$ °C και η μέση θερμοκρασία σ' αυτό το βάθος είναι περίπου ίση με τη μέση ετήσια θερμοκρασία της επιφάνειας. Σε βάθος 9 – 18 m, η θερμοκρασία θεωρείται σταθερή όλο το χρόνο.

Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφά ένα σώμα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο πιο σκούρο χρωματισμό έχει, όσο πιο μεγαλύτερη επιφάνεια εκτίθεται στην ακτινοβολία, όσο κάθετα πέφτει η ακτινοβολία στην επιφάνεια, όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ακτινοβολείτε και όσο μεγαλύτερης έντασης είναι η ακτινοβολία.

Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα έδαφος μιας περιοχής εξαρτάται από:

- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.
- Τον προσανατολισμό και την κλίση του εδάφους.
- Την εποχή του έτους.
- Τη διάρκεια της ηλιοφάνειας.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους εξαρτάται από:

- Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφά.
- Τις θερμικές ιδιότητες του εδάφους οι οποίες εξαρτώνται από τα φυσικά συστατικά τους, όπως άμμος, άργιλος, λίθοι κ.α.
- Τη θερμοχωρητικότητα του η οποία καθορίζεται από την υγρασία και τον αέρα που περιέχει.
- Την απαιτούμενη ενέργεια για μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτό, όπως εξάτμιση κ.α.

Η επιφάνεια της γης δεν δέχεται μόνο την ηλιακή ακτινοβολία αλλά ακτινοβολεί κι αυτή προς το διάστημα υπέρυθη ακτινοβολία.

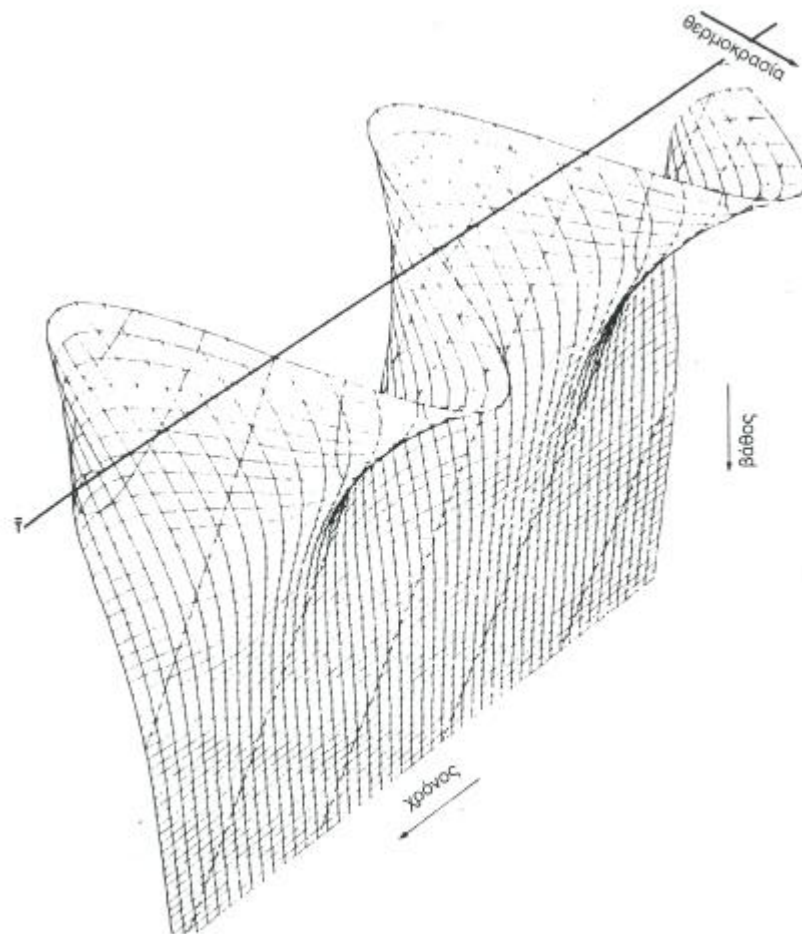
Ο ατμοσφαιρικός αέρας απορροφά ελάχιστη από την υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπει η γη. Απορρόφηση γίνεται κυρίως από τους υδρατμούς και το διοξείδιο του άνθρακα.

Τέλος αναφέρουμε ότι η πτώση της θερμοκρασίας ενός σώματος πάνω στη γη εξαρτάται:

- Από τη θερμοκρασία του.
- Από τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου.
- Από το ισοζύγιο ακτινοβολίας.

Το ισοζύγιο ακτινοβολίας σ' ένα συγκεκριμένο τόπο και χρόνο επηρεάζεται από:

- Το ποσοστό νέφωσης και υγρασίας της ατμόσφαιρας.
- Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του σώματος.
- Το ανάγλυφο της περιοχής που βρίσκεται.



Σχ. 2.1. Τρισδιάστατη απεικόνιση της θερμοκρασίας του εδάφους

Η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο

Το ευνοϊκό περιβάλλον θερμοκρασιών για την ανάπτυξη των διαφόρων φυτών δεν είναι πάντα δυνατόν να δημιουργηθεί με μόνη την παθητική λειτουργία του θερμοκηπίου. Συνήθως είναι απαραίτητη η προσθήκη ενέργειας, που σήμερα γίνεται με κατανάλωση συμβατικών καυσίμων.

Πρέπει να γνωρίζουμε ότι το θερμοκήπιο παρουσιάζει μερικά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με άλλες κατασκευές, δηλαδή:

- Το θερμοκήπιο δέχεται στο εσωτερικό του την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια.
- Οι απώλειες του θερμοκηπίου σε θερμότητα είναι πολύ μεγάλες 6 – 12 φορές μεγαλύτερες από εκείνες ενός συνήθους κτίσματος, ίσου όγκου.

Τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά του θερμοκηπίου έχουν τις παρακάτω επιπτώσεις στο περιβάλλον του.

- Τις ηλιόλουστες μέρες, η θερμοκρασία του ανέρχεται σε πολύ υψηλά επίπεδα.
- Τις ψυχρές νύχτες η θερμοκρασία πέφτει σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Στην πράξη, οι χαμηλές θερμοκρασίες αποφεύγονται με τη θέρμανση και οι πολύ ψηλές θερμοκρασίες αποφεύγονται με τον εξαερισμό και τη σκίαση.

Ακτινοβολία

Με την ακτινοβολία μεταφέρεται ενέργεια μέσω των φωτονίων, που είναι διακεκριμένες δέσμες ενέργειας. Τα φωτόνια ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός ($C = 3 \times 10^8$ m/s) και έχουν ιδιότητες όμοιες με αυτές των σωματιδίων και των μικροκυμάτων. Εκπέμπονται ή απορροφώνται από την ύλη λόγω της μετακίνησης των ηλεκτρονίων από το ένα επίπεδο ενέργειας σε άλλο ή αλλαγών στη ενέργεια δόνησης και περιστροφής των μοιρών.

Γενικά κάθε φυσική επιφάνεια, λόγω της θερμοκρασίας της, εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σ' ένα μήκος κύματος που κυμαίνεται μεταξύ 0,2 – 100 μ. ($1 \mu = 10^{-3} \text{mm} = 10^4 \text{\AA}$).

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση των φυτών, καθώς και τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου.

Ένταση

Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια πάνω στη γη, εξαρτάται από την ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος, από το ύψος του ήλιου (εποχή, ώρα, γεωγραφικό πλάτος), από την κατάσταση της ατμόσφαιρας, από την κλίση της επιφάνειας και από το ύψος της επιφάνειας πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Η ετήσια διακύμανση της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα στις τροπικές περιοχές οπωσδήποτε είναι μικρότερη από τις άλλες, λόγω της μικρότερης διακύμανσης της συνολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια της γης στις περιοχές αυτές.

Για να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες σε φωτεινή ενέργεια για τη φωτοσύνθεση των περισσότερων λαχανοκομικών φυτών και των δρεπτών ανθέων, θα πρέπει να υπάρχει ένταση περίπου 210 Watt/m² στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία μέσα στο θερμοκήπιο.

Ως προς την πυκνότητα του φωτισμού, η πυκνότητα στην επιφάνεια των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο κυμαίνεται από 120000 Lux τις καθαρές ημέρες του καλοκαιριού, μέχρι 30000 Lux τις συννεφιασμένες ημέρες του χειμώνα. Στη χώρα μας παρόλο που το καλοκαίρι, αργά την άνοιξη και νωρίς το φθινόπωρο υπάρχει αρκετός φυσικός φωτισμός ο οποίος ικανοποιεί τις ανάγκες των φυτών, το χειμώνα ο φυσικός φωτισμός του θερμοκηπίου δεν καλύπτει πλήρως τις ανάγκες τους. Γι' αυτό η περατότητα του θερμοκηπίου στο φωτισμό του χειμώνα θα πρέπει να είναι η μέγιστη δυνατή.

Για την αύξηση του φωτισμού κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο χώρο του θερμοκηπίου μπορεί κανείς να επέμβει με δύο τρόπους:

- Μειώνοντας, όσο είναι δυνατόν, τα εμπόδια στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο του θερμοκηπίου
- Με τη χρησιμοποίηση τεχνητού φωτισμού

Φυσικός φωτισμός

Οι παράγοντες που ευνοούν το φυσικό φωτισμό στο θερμοκήπιο είναι:

- Ο απλός σκελετός. Όσο απλούστερος είναι, τόσο περισσότερο φως περνάει στο χώρο του θερμοκηπίου. Σκελετοί με χονδρές διατομές ή με πολλά στοιχεία, μειώνουν σημαντικά το φυσικό φωτισμό. Για το λόγο αυτό τα σκελετικά στοιχεία επιδιώκεται να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερη

διατομή, χωρίς όμως αυτό να αποβαίνει σε βάρος της στατικής επάρκειας του θερμοκηπίου.

- Το καθάρισμα του καλύμματος του θερμοκηπίου. Ο καθαρός υαλοπίνακας μειώνει κατά 10 % το φωτισμό που περνάει στο θερμοκήπιο, ενώ ο ακάθαρτος μέχρι και 70 %.
- Οι διάφορες εναέριες εγκαταστάσεις μειώνουν σημαντικά το φωτισμό στο χώρο του θερμοκηπίου, γι' αυτό όπου είναι δυνατόν θα πρέπει να αποφεύγονται.
- Το απλής γραμμής θερμοκήπιο είναι πιο φωτεινό από το πολλαπλής γραμμής, γιατί δέχεται περισσότερο διάχυτο φωτισμό από τα πλευρικά του τοιχώματα. Στις περιπτώσεις που η αύξηση του φωτισμού ενδιαφέρει ιδιαίτερα, κατασκευάζονται απλά θερμοκήπια. Τα θερμοκήπια αυτά όμως επιβαρύνονται με μεγαλύτερες δαπάνες θέρμανσης και παρουσιάζουν μικρότερη εκμετάλλευση του εδάφους.
- Η πυκνότητα των φυτών στο χώρο του θερμοκηπίου, η οποία θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το φως που φθάνει στα φυτά να καλύπτει τις απαιτήσεις τους για λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Για μια συγκεκριμένη πυκνότητα φυτών σημαντικό ρόλο παίζει και η διεύθετη των φυτών μεταξύ τους, π.χ. πλατύτεροι διάδρομοι με πυκνότερη φύτευση στις γραμμές, συχνά βελτιώνουν το φωτισμό.

Τεχνητός φωτισμός

Σε ορισμένα καλλωπιστικά φυτά, καθώς και σε σπορεία λαχανικών, όταν δεν επαρκεί ο φυσικός φωτισμός, όπως π.χ. το χειμώνα που η διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερη, χρησιμοποιείται συχνά συμπληρωματικός φωτισμός με λαμπτήρες. Ο τεχνητός φωτισμός κοστίζει πολύ (όχι μόνο η εγκατάσταση, αλλά και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται), γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις που οικονομικά αποδίδει π.χ. σε ανθοκομικές καλλιέργειες που απολαμβάνουν υψηλές τιμές το χειμώνα.

Οι διάφορες πηγές τεχνητού φωτισμού είναι:

1. **Λαμπτήρες πυρακτώσεως.** Χρησιμοποιούνται μόνο για αύξηση του μήκους της ημέρας σε καλλιέργειες μεγάλης φωτοπεριόδου, γιατί αποδίδουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας στην περιοχή του κόκκινου και υπέρυθρου

φάσματος, που ενεργοποιεί το φυτόχρωμα. Δεν χρησιμοποιούνται για την αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών γιατί είναι ενεργοβόροι και μόνο το 7 – 12 % της καταναλισκόμενης ενέργειας αποδίδεται σε ορατό φως (το 20 % είναι υπέρυθρο).

2. Λαμπτήρες φθορισμού. Διακρίνονται σε:

→Κοινούς λαμπτήρες φθορισμού, με αποδοτικότητα 20 % περίπου στο ορατό και μικρή ακτινοβολία στο υπέρυθρο. Χρησιμοποιούνται κυρίως για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας σε νεαρά φυτά. Έχουν το μειονέκτημα ότι είναι μικρής ισχύος, με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγάλος αριθμός λαμπτήρων.

→Gro Luc, ευρύτερου φάσματος από τους προηγούμενους. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε κλειστούς θαλάμους ανάπτυξης φυτών, για φωτοσύνθεση και επιμήκυνση της φωτοπεριόδου.

→Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης (HID) με εσωτερικό ανακλαστήρα. Πολύ μεγαλύτερης ισχύος από τους προηγούμενους, χρησιμοποιούνται ευρέως για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στα θερμοκήπια (απόδοση σε φως 15 % περίπου).

→Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης με πρόσθετα μέταλλο-αλογόνου (απόδοση σε φως 23 %).

→Λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου (HPS). Μεγάλης ισχύος, χρησιμοποιούνται ευρέως στα θερμοκήπια για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Το φάσμα τους (εκτείνεται από 0,400 – 0,850 μ) έχει ένα μέγιστο στο κίτρινο (απόδοση σε φως 25 – 32 %).

→Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης νατρίου (LPS), σε διάφορα μεγέθη (μέχρι 180 Watt). Οι πιο αποδοτικοί λαμπτήρες (το 27 – 36 % της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε ορατή ακτινοβολία). Μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στα φυτά, χωρίς τον κίνδυνο υπερθέρμανσης.

Για μείωση του κόστους εγκατάστασης, ο συμπληρωματικός φωτισμός μπορεί να είναι κυκλικός, με μετακινούμενες σειρές λαμπτήρων (των 4, 6, 8 ή 10), οι οποίες κρέμονται από τους σωλήνες θέρμανσης και κινούνται συνήθως με ταχύτητα 1 m/min. Έτσι το κόστος μειώνεται κατά 40 % σε σύγκριση με την εγκατάσταση συνεχούς φωτισμού.

Σκίαση του θερμοκηπίου

Τα συστήματα σκίασης εκτός από τη μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας συμβάλλουν σημαντικά και στη μείωση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο.

Συνήθως χρησιμοποιούνται κουρτίνες αραϊής ύφανσης, που κλείνουν ή ανοίγουν ανάλογα με την ένταση του φωτισμού. Τα συστήματα αυτά τον χειμώνα μπορούν να παίζουν και το ρόλο της θερμοκουρτίνας, συγκρατώντας θερμική ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι όμως η ηλιακή ενέργεια μπαίνει στο θερμοκήπιο γι' αυτό η θερμοκρασία δε μειώνεται σημαντικά όπως η ένταση του φωτισμού. Ωστόσο η θερμοκρασία των σκιασμένων φυτών είναι αρκετά μικρότερη (περίπου 5 °C) από εκείνη των μη σκιασμένων.

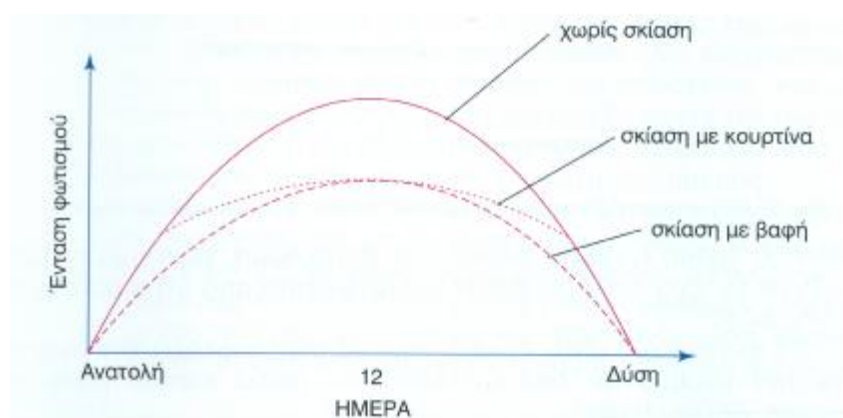
Τα χαρακτηριστικά ενός καλού υλικού σκίασης είναι:

- 1) Επιλέγει και συγκρατεί την υπέρυθη (θερμική) ακτινοβολία και όχι την ορατή που είναι απαραίτητη για την φωτοσύνθεση. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο περισσότερο επιβλαβές είναι για τα φυτά η μείωση του φωτός, ακόμα και σε περιοχές μεγάλης γενικά ηλιοφάνειας.
- 2) Δεν είναι χρωματισμένο γιατί τότε περιορίζει ένα μέρος του ορατού φάσματος, που αντιστοιχεί στο συμπληρωματικό χρώμα του χρώματος του υλικού (π.χ. ένα πορτοκαλί ή κόκκινο υλικό απορροφά περισσότερο το μπλε). Έτσι όμως όχι μόνο περιορίζεται η λειτουργία της φωτοσύνθεσης, αλλά αυξάνεται και η θερμοκρασία στην καλυμμένη περιοχή, επηρεάζοντας αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών.
- 3) Απορροφά όσο το δυνατόν λιγότερο το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που περιορίζει. Πραγματικά, αν αντανακλά αντί να απορροφά την ακτινοβολία, δε ζεσταίνεται και κατά συνέπεια αυξάνει λιγότερο τη θερμοκρασία της σκιασμένης ζώνης από ένα υλικό που απορροφά την ακτινοβολία, χωρίς να προκαλεί το «φαινόμενο του θερμοκηπίου».
- 4) Ρυθμίζεται αυτόματα, όχι μόνο ανάλογα με την ένταση της ακτινοβολίας, αλλά και τη σπουδαιότητά της.

- 5) Είναι μετακινούμενο, ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία για την φωτοσύνθεση ηλιακή ακτινοβολία και να περιορίζεται μόνο η υπερβολική θερμική ακτινοβολία ορισμένες ώρες της ημέρας.
- 6) Επιτρέπει τον αερισμό του θερμοκηπίου, ακόμα και όταν είναι ξεδιπλωμένο.
- 7) Έχει προσιτή τιμή, χωρίς αυτό να αποβαίνει σε βάρος της ποιότητας.

Τα υλικά σκίασης συνήθως κατασκευάζονται από PE, EVA, πολυεστέρες, ακρυλικά ή μείγματα αυτών κ.λ.π., είναι χρωματισμένα ή όχι και έχουν μορφή υφασμένου ή μη υφασμένου υλικού.

Ένας άλλος τρόπος για τη μείωση της έντασης του φωτισμού στο θερμοκήπιο είναι η βαφή του καλύμματος του θερμοκηπίου με ειδικές άσπρες βαφές που απομακρύνονται εύκολα με το νερό της βροχής. Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη βαφή αποτελείται από στόκο με νερό και πολύ λίγο λινέλαιο. Χρησιμοποιούνται επίσης πολύ και πλαστικά χρώματα, αραιωμένα με νερό ή με νερό και στόκο. Τα παραπάνω ψεκάζονται στο κάλυμμα του θερμοκηπίου. Το χειμώνα, όταν δεν χρειάζεται σκίαση, θα πρέπει να πλένεται το κάλυμμα για να απομακρυνθούν οι βαφές. Η χρήση του ασβέστη δεν συνιστάται, γιατί φθείρει το αλουμίνιο και τα λάστιχα που συγκρατούν τα τζάμια.



Σχ. 2.2. Ένταση φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου.

Διάρκεια φωτισμού – Φωτοπεριοδισμός

Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια του φωτισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση. Η παραγωγή αυξάνει όσο αυξάνεται η διάρκεια του φωτισμού, μέχρι 16 ώρες το εικοσιτετράωρο. Εκτός όμως αυτού, η διάρκεια επιδρά καθοριστικά και στο φωτοπεριοδισμό των φυτών.

Φωτοπεριοδισμός είναι η αντίδραση του φυτού στον κύκλο ημέρα – νύχτα. Η αντίδραση του φυτού εξαρτάται από το είδος του και μπορεί να είναι

βλαστικής ή αναπαραγωγικής φύσης όπως: διακοπή λήθαργου, φυλλόπτωση στα φυλλοβόλα δέντρα, διακοπή της δραστηριότητας του καμβίου, διαδικασία βλάστησης σε μερικούς σπόρους, καλύτερη βολβοποίηση ή κονδυλοποίηση, κ.λ.π. Ο παράγοντας που είναι υπεύθυνος δέκτης του φυτού στη σχετική διάρκεια ημέρας – νύχτας είναι το φυτόχρωμα. Όταν το φυτό δεχθεί φωτεινή ενέργεια, το φυτόχρωμα παίρνει γρήγορα μια μορφή P_{fr} , που είναι ευαίσθητη στο μήκος κύματος 0,735 μ. στο σκοτάδι το φυτόχρωμα αλλάζει σιγά – σιγά και παίρνει άλλη μορφή P_f . Η μορφή αυτή είναι ευαίσθητη στο μήκος κύματος 0,660 μ.

Τρόποι ελέγχου του φωτοπεριοδισμού

Το χειμώνα που η διάρκεια της νύχτας είναι μεγάλη, όταν θέλουμε να την περιορίσουμε για να αλλάξουμε το φωτοπεριοδισμό το κάνουμε με τεχνητό φωτισμό. Οι λαμπτήρες ανάβουν μετά τη δύση του ηλίου και είναι αποδοτικότερο να ανάβουν αργά τη νύχτα.

Η απαιτούμενη διάρκεια φωτισμού τους διάφορους μήνες του έτους για Β.Γ.Π. 40°, είναι (Nelson P.Y., 1981):

Ιούνιος, Ιούλιος	0 ΩΡΕΣ
Μάιος, Αύγουστος	2 ΩΡΕΣ
Μάρτιος, Απρίλιος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος	3 ΩΡΕΣ
Νοέμβριος, Φεβρουάριος	4 ΩΡΕΣ

Για την επιμήκυνση της φωτοπεριόδου χρησιμοποιούνται λάμπες πυρακτώσεως, γιατί δίνουν περισσότερη ενέργεια στην περιοχή του κόκκινου. Η απαιτούμενη ένταση φωτισμού είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που απαιτείται για τη φωτοσύνθεση. Η ελάχιστη πυκνότητα που πρέπει να υπάρχει στο φυτό είναι 100 Lux.

Για να αποκτηθεί η απαιτούμενη ένταση στην πράξη, κρεμίζεται μια σειρά από λάμπες πυρακτώσεως των 60 Watt (με ανακλαστήρες από επάνω) μια κάθε 1,20 m, στο μέσον κάθε λεκάνης καλλιέργειας πλάτους 1,20 m. Το ύψος από το έδαφος δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 1,50 m. Άλλος τρόπος είναι ταυτόχρονος φωτισμός δύο λεκανών από μια σειρά λαμπτήρων των 100 Watt.

Οι λαμπτήρες τοποθετούνται σε μεταξύ τους απόσταση 1,80 m και όχι ψηλότερα από 1,80 m από το έδαφος. Όταν ο φωτοπεριοδισμός ρυθμίζεται σ' όλη την έκταση του θερμοκηπίου τότε χρησιμοποιούνται λαμπτήρες 150 Watt, σε αποστάσεις 3m × 3m και τοποθετούνται στο ύψος περίπου της υδρορροής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οποιαδήποτε άλλη διάταξη, αρκεί να εξασφαλίζονται κατ' ελάχιστον 15 Watt/m².

Υγρασία

Η υγρασία είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου του φυτού. Η υγρασία της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου εξαρτάται από την υγρασία του εξωτερικού αέρα, από την υγρασία του εδάφους του θερμοκηπίου και από τη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου.

Όταν αυξάνεται η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνεται ταχύτατα η θερμοκρασία του αέρα, με συνέπεια τη μείωση της υγρασίας. Αντίστροφα, απότομες πτώσεις της θερμοκρασίας μπορούν να προκαλέσουν συμπυκνώσεις του ατμού με πολυάριθμες επιζήμιες καταστάσεις.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας στη φυσική του κατάσταση είναι μίγμα αερίων (οξυγόνου, αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, αργού κ.α. αερίων σε ελάχιστες ποσότητες) και υδρατμών. Η σύνθεση αυτή μεταβάλλεται λόγω των φαινομένων εξάτμισης, διαπνοής, αναπνοής φωτοσύνθεσης και λόγω της αιώρησης οργανικών και ανόργανων ουσιών (φυτοφάρμακα, σκόνη) στο χώρο του θερμοκηπίου.

Κορεσμένος με υγρασία είναι ο αέρας όταν σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση περιέχει τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών, χωρίς όμως αυτοί να είναι υγροποιημένοι.

Επιφανειακή συμπύκνωση καλείται το φαινόμενο της υγροποίησης των υδρατμών σε μια επιφάνεια όταν η επιφάνεια αυτή έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από την αντίστοιχη του χώρου. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε χώρους με αυξημένη σχετική υγρασία και ιδίως όταν επικρατεί ψυχρός καιρός.

Το κάλυμμα του θερμοκηπίου είναι η επιφάνεια που πρωτοεμφανίζεται η συμπύκνωση των υδρατμών και ακολουθεί η επιφάνεια των φυτών. Το κάλυμμα αποκτά τη χαμηλότερη θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου λόγω της άμεσης επαφής του με τον εξωτερικό ψυχρότερο αέρα. Η επιφάνεια των φυτών επίσης ψύχεται γρήγορα τη νύχτα λόγω ακτινοβολίας. Η επιφανειακή συμπύκνωση έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση ή τη σήψη των υλικών του σκελετού, τη μείωση της περατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και τη δημιουργία ανθυγιεινού περιβάλλοντος.

Η συμπύκνωση των υδρατμών είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας που περιέχει ο αέρας, μπορεί επομένως να αποφευχθεί με την κατάλληλη ρύθμιση των δύο αυτών παραγόντων.

Συγκεκριμένα για να αποφευχθεί η επιφανειακή συμπύκνωση προσπαθούμε να μειώσουμε την ποσότητα των υδρατμών και να αυξήσουμε την υγρασία του χώρου. Σημαντικός είναι και ο ρόλος των χαρακτηριστικών θερμοπερατότητας των υλικών κατασκευής στη συμπύκνωση.

Όταν ελαττωθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υλικού κάλυψης, αυξάνει η θερμομονωτικότητα και η θερμοκρασία της εσωτερικής πλευράς του υλικού κάλυψης, με αποτέλεσμα λιγότερες φορές η θερμοκρασία στην εσωτερική πλευρά κάλυψης και η σύσταση του ίδιου του υλικού να καθορίζονται κατά κάποιο τρόπο με την εμφάνιση ή όχι των υδροποιημένων ατμών, υπό μορφή σταγόνων. Ορισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για κάλυψη δεν έχουν υδρόφοβη επιφάνεια και έτσι η συμπύκνωση δεν γίνεται υπό μορφή σταγόνων, αλλά υπό μορφή μεμβράνης. Άλλα υλικά επίσης είναι περατά κατά ένα ποσοστό στην υγρασία.

Πολλά σημεία της κατασκευής (π.χ. ο μεταλλικός σκελετός στον οποίο στηρίζονται οι υαλοπίνακες) λόγω μεγαλύτερης θερμικής αγωγιμότητας παρουσιάζουν μικρότερη θερμοκρασία από την επικρατούσα στο υπόλοιπο μεγαλύτερο τμήμα της, που είναι οι υαλοπίνακες, με συνέπεια στο σημείο αυτό να παρατηρείται συχνότερα ή σε μεγαλύτερο βαθμό, υδροποίηση υδρατμών. Τα σημεία αυτά ονομάζονται «θερμικές γέφυρες». Θερμικές γέφυρες δημιουργούν και οι γωνίες των δύο πλευρών, λόγω μεγαλύτερων απωλειών θερμότητας.

Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας

Σχετική υγρασία λέμε το λόγο της πυκνότητας των υδρατμών του αέρα προς αυτήν του κορεσμένου αέρα, στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Η σχετική υγρασία είναι 0 για τον ξηρό αέρα και 100 για τον κορεσμένο.

Στο χώρο γύρω από τα φυτά, επιδιώκουμε η σχετική υγρασία να μην είναι ούτε πολύ υψηλή γιατί έτσι ευνοείται η ανάπτυξη πολλών μυκητολογικών και βακτηριολογικών ασθενειών των φυτών, αλλά ούτε πολύ χαμηλή γιατί έτσι αυξάνεται υπερβολικά η διαπνοή από τα φύλλα των φυτών.

Ο ξηρός αέρας, η υψηλή θερμοκρασία και η κίνηση του αέρα που ευνοούν τη διαπνοή, ενεργούν ταυτόχρονα την ίδια στιγμή. Το μεσημέρι όταν κάνει ζέστη και ο αέρας έχει χαμηλότερη σχετική υγρασία, τα παράθυρα είναι ανοικτά και λειτουργούν οι ανεμιστήρες για να μειωθεί η θερμοκρασία και έτσι η κίνηση του αέρα είναι αυξημένη.

Επομένως κατά τη διάρκεια των θερμών ωρών είναι σχετικά αναγκαίο να αυξηθεί η υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου.

Τρόποι με τους οποίους αυξάνεται η υγρασία του χώρου είναι:

- Βρέξιμο των διαδρόμων και των πλευρικών τοιχωμάτων του θερμοκηπίου.
- Ψεκασμός νερού πάνω από τα φυτά με πολύ μικρές σταγόνες που κατορθώνεται με σύστημα υδρονέφωσης υψηλής πίεσης.
- Κλείσιμο των παραθύρων ή παύση της λειτουργίας του ανεμιστήρα, ώστε η υγρασία που διαπνέουν τα φυτά ή που εξατμίζεται από το έδαφος, να παραμένει μέσα στο θερμοκήπιο.

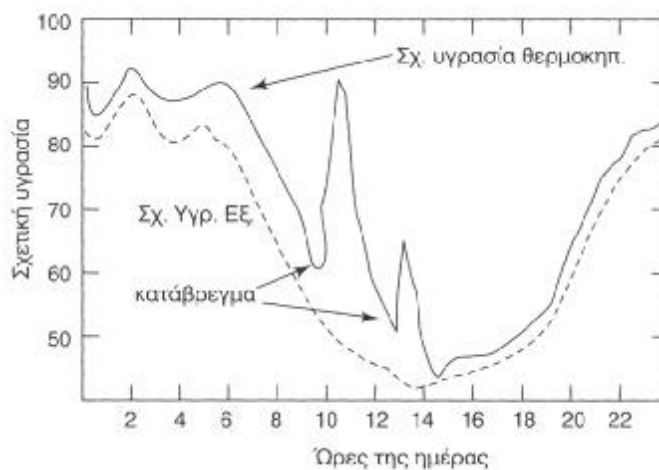
Οι συνθήκες που ευνοούν την υπερβολική υγρασία, ενεργούν επίσης ταυτόχρονα μέσα στο θερμοκήπιο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, οπότε ψύχεται ο αέρας, η σχετική υγρασία αυξάνει και επειδή δεν υπάρχει σημαντική κίνηση του αέρα (τα παράθυρα τη νύχτα είναι κλειστά) η υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου αυξάνει συνεχώς.

Τρόποι για τη μείωση της υγρασίας είναι:

- Το χειμώνα θα πρέπει το νερό να χρησιμοποιείται με φειδώ ώστε να μην υπάρχει υπερβολική υγρασία στο έδαφος ή στην επιφάνεια των φυτών.
- Να μην γίνεται ψεκασμός του εδάφους ή των φυτών τις ώρες που η θερμοκρασία είναι χαμηλή. Γενικά, καλό είναι να μην γίνονται το χειμώνα

ψεκασμοί κατά το απόγευμα ή αργά το βράδυ, γιατί τη νύχτα η σχετική υγρασία θα αυξηθεί υπερβολικά.

- Να ανοίγουν τα παράθυρα ή να λειτουργούν οι ανεμιστήρες. Ακόμα και με κρύο νερό, όταν η σχετική υγρασία είναι υπερβολικά υψηλή μέσα στο θερμοκήπιο, είναι αναγκαίο να ανοιχτούν τα παράθυρα για μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι θα μειωθεί η σχετική υγρασία, έστω κι αν χαθεί ένα ποσό θερμότητας, που όμως θα συμπληρώσει το σύστημα θέρμανσης. Τα τελευταία χρόνια, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, χρησιμοποιούνται ειδικοί μεταλλάκτες, όπου ο εσωτερικός αέρας βγαίνοντας προς τα έξω, αφήνει τη θερμότητα του στον αέρα που εισέρχεται για να τον αντικαταστήσει. Έτσι η θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα είναι μόνο 1-2 °C χαμηλότερη απ' αυτή του εξερχόμενου.



Σχ. 2.3. Επίδραση της διαβροχής των διαδρόμων του θερμοκηπίου στη σχετική υγρασία. Η επίδραση περιορίζεται σε χρονική διάρκεια περίπου 1 ώρα

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) αποτελεί την πρώτη ύλη της φωτοσύνθεσης, γι' αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε καλά τις μεταβολές της συγκέντρωσής του στο θερμοκήπιο. Η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα είναι περίπου 0,03 % ή 300 ppm και μεταβάλλεται από 0,02 – 0,04 %. Η συγκέντρωση αυτού του αερίου μεταβάλλεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ενώ πρακτικά δεν μεταβάλλεται στον ελεύθερο αέρα.

Παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια των πρώτων ωρών του πρωινού μιας ημέρας, η συγκέντρωση του CO_2 , στο θερμοκήπιο είναι μεγαλύτερη από αυτή της ατμόσφαιρας. Με την αύξηση της φωτεινής ακτινοβολίας και όταν η

διαδικασία της φωτοσύνθεσης απαιτεί μεγάλες ποσότητες CO₂, η συγκέντρωση του αερίου κατεβαίνει σε πολύ χαμηλή στάθμη (περίπου 200 ppm). Για μερικές ώρες αυτή η στάθμη παραμένει περίπου σταθερή και μόλις η ακτινοβολία αρχίσει να μειώνεται η συγκέντρωση του CO₂ αρχίζει να αυξάνεται και πέφτει στο αρχικό επίπεδο.

Πρέπει να τονισθεί ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε ημέρες με συννεφιασμένο καιρό η συγκέντρωση του CO₂ γίνεται πολύ χαμηλότερη από ότι κατά τη διάρκεια φωτεινών ημερών, επειδή τα θερμοκήπια πρέπει να παραμείνουν κλειστά για όλη την ημέρα και επομένως το CO₂ που υπάρχει στο εσωτερικό χρησιμοποιείται από τα φυτά και δεν αποκαθίσταται από το εξωτερικό.

Έτσι στους χειμερινούς μήνες περιοριστικός παράγοντας εκτός από το φως είναι και η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο εσωτερικό ενός θερμοκηπίου, η οποία σχετίζεται με την ηλιακή ενέργεια και την εξωτερική θερμοκρασία.

Εφαρμογές CO₂

Εμπλουτισμός του χώρου του θερμοκηπίου με CO₂ και μάλιστα με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες απ' αυτές που υπάρχουν στη φύση, έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση της παραγωγής ποσοτικά και ποιοτικά (μειώνεται ο ρυθμός φωτοαναπνοής).

Οι συνηθέστερες συγκεντρώσεις σε θερμοκήπια είναι μεταξύ 0,08 – 0,15 %. Για να είναι αποδοτική η ενέργεια του εμπλουτισμού με CO₂ θα πρέπει και οι άλλοι παράγοντες που συμμετέχουν στην αύξηση των φυτών να βρίσκονται στο άριστο επίπεδο. Δηλαδή θα πρέπει το φως να πλημμυρίζει το θερμοκήπιο, η ημερήσια θερμοκρασία στο χώρο θα πρέπει να είναι η άριστη δυνατή και μάλιστα μερικούς βαθμούς ανώτερη απ' όταν δεν χρησιμοποιούμε CO₂, η εδαφική υγρασία να βρίσκεται σε κανονικά επίπεδα και το λιπαντικό πρόγραμμα να έχει προσαρμοστεί κατάλληλα, γιατί με τον εμπλουτισμό αυξάνει ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών.

Η διαδικασία του εμπλουτισμού είναι αρκετά δαπανηρή και πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή ώστε η αύξηση της παραγωγής και η βελτίωση της ποιότητας να υπερκαλύπτουν το κόστος εμπλουτισμού.

Ο εμπλουτισμός δεν πρέπει να γίνεται όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά γιατί έχουμε σπατάλη και γίνεται ασύμφορη η χρησιμοποίησή του. Για το λόγο αυτό δεν αποδίδει τις θερμές εποχές γιατί τότε είναι αναγκαίος ο εξαερισμός όλη τη μέρα για να κρατηθεί η θερμοκρασία του θερμοκηπίου σε επιθυμητά επίπεδα.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε για τον εξαερισμό: Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, γιατί τότε λειτουργεί η φωτοσύνθεση και όταν τα παράθυρα είναι κλειστά και δεν λειτουργούν οι εξαεριστήρες.

Στις ελληνικές συνθήκες μπορεί να γίνεται από Νοέμβριο έως Απρίλιο γιατί τότε τα παράθυρα μένουν ανοικτά για μεγάλο διάστημα.

Οι μέθοδοι εμπλουτισμού είναι οι εξής:

- **Καύση προπανίου σε ειδικούς καυστήρες τέλειας καύσης ή φυσικού αερίου ή κηροζίνης**

Οι καυστήρες κρέμονται από το κέντρο της οροφής του θερμοκηπίου και λειτουργούν με φωτοκύτταρο ή χρονοδιακόπτη. Όταν ανοίγουν τα παράθυρα, τότε αυτόματα μπορεί να σταματήσουν. Το καύσιμο πρέπει να είναι υψηλής καθαρότητας ιδίως ως προς το θείο γιατί το θείο όταν καεί παράγει διοξείδιο του θείου το οποίο διαλύεται στην υγρασία και μετατρέπεται σε θειώδες και θειικό οξύ που προκαλούν εγκαύματα στα φυτά. Αν επίσης η καύση είναι ατελής παράγεται αιθυλένιο και μονοξείδιο του άνθρακα τα οποία είναι επιβλαβή για τα όντα.

- **Εξάτμιση υγρού διοξειδίου του άνθρακα**

Το υγρό διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται σε δεξαμενή και διοχετεύεται υπό υψηλή πίεση σε σωλήνες στο χώρο του θερμοκηπίου με μια σειρά βαλβίδων.

- **Εξάχνωση διοξειδίου του άνθρακα (ξηρός πάγος)**

Μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου τοποθετούνται κατά διαστήματα τεμάχια πάγου, ώστε με την εξαέρωσή τους να δίνουν οξυγόνο σε όλο το χώρο. Δεν είναι τότε δυνατή η ρύθμιση της εξαέρωσης γιατί από την πηγή που θα αφεθεί ο ξηρός πάγος εξαερώνεται χωρίς έλεγχο.

Σ' ένα θερμοκήπιο απαιτούνται $5,6 \text{ gr/m}^2$ καθαρό διοξείδιο του άνθρακα ή $2,2 \text{ gr/m}^2$ καιγόμενο αέριο προπάνιο. Το υγρό ή στερεό διοξείδιο του άνθρακα είναι το πιο δαπανηρό γιατί απαιτήθηκε ενέργεια για την υγροποίηση ή στερεοποίησή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τα υλικά κατασκευής θερμοκηπίων διακρίνονται σε αυτά με τα οποία μπορούμε να κατασκευάσουμε τον σκελετό του θερμοκηπίου και σε αυτά με τα οποία γίνεται η κάλυψη του θερμοκηπίου.

Υλικά σκελετού

Ο σκελετός του θερμοκηπίου μπορεί να κατασκευαστεί από διάφορα υλικά, τα συνηθέστερα είναι το ξύλο, ο χάλυβας και το αλουμίνιο. Η προτίμηση του ενός ή του άλλου υλικού εξαρτάται από το επιθυμητό ελεύθερο πλάτος της κατασκευής, το κόστος των υλικών (που διαφέρει σε κάθε περιοχή) και από το μηχανολογικό εξοπλισμό που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Ξύλο

Το ξύλο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή θερμοκηπίων με μικρό ελεύθερο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας (κάτω από 6m), λόγω της μικρότερης μηχανικής αντοχής του έναντι των άλλων δύο υλικών.

Το χαμηλότερο κόστος του ξύλου και οι κλιματικές συνθήκες που συνήθως επιτρέπουν την ανάπτυξη κατασκευών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις, επέδρασαν ώστε η μεγαλύτερη έκταση των θερμοκηπίων στη χώρα μας να είναι κατασκευασμένα με ξύλινο σκελετό ή με σκελετό από συνδυασμό ξύλου και μετάλλου.

Το ξύλο ως υλικό κατασκευής παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- α) Έχει σχετικά μικρό κόστος.
- β) Δεν δημιουργεί σημαντικές φθορές στο πλαστικό, γιατί δεν υπερθερμαίνεται όπως το μέταλλο.

γ) Αρκεί ένας απλός εξοπλισμός για την επεξεργασία του κι έτσι μπορεί και ο ίδιος ο καλλιεργητής να κατασκευάσει ένα φθινό θερμοκήπιο.

Έχει όμως και σημαντικά μειονεκτήματα όπως:

- α) Η μικρότερη μηχανική αντοχή του σε σχέση με το μέταλλο.
- β) Η μεταβολή του σχήματος του από την εναλλασσόμενη υγραση και ξήρανση (στρέβλωση).
- γ) Εύκολη προσβολή από βιολογικούς εχθρούς, όπως έντομα, μύκητες και βακτήρια.
- δ) Απαιτεί μεγαλύτερες διατομές ξύλου ή περισσότερα στοιχεία για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται θερμοκήπια με περισσότερη σκίαση στο χώρο τους.

Οι επιτρεπόμενες τάσεις στους υπολογισμούς αντοχής του ξύλινου θερμοκηπίου στις αμερικανικές προδιαγραφές είναι συνήθως σε τιμή 50% ανώτερες από αυτές που επιτρέπεται για άλλες κατασκευές.

Τα περισσότερα είδη ξύλου μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή θερμοκηπίων. Στη χώρα μας χρησιμοποιείται πολύ η καστανιά για την κατασκευή των στύλων, λόγω της ιδιότητάς της να ανθίσταται στη σήψη. Χρησιμοποιείται επίσης πολύ και το ξύλο κυπαρισσιού, πεύκου και λιγότερο ελάτου για την κατασκευή του υπόλοιπου σκελετού. Επειδή οι ελληνικοί τύποι θερμοκηπίων πλαστικής κάλυψης επιβάλλουν το κάρφωμα του πλαστικού και την ανά διετία ή τριετία αντικατάστασή του, το ξύλο ελάτου προσφέρεται λιγότερο γ'αυτή την εργασία.

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής ενός σκελετού από κυπαρίσσι ή πεύκο, που δεν έχει εμποτιστεί με συντηρητικές ουσίες, είναι 4-5 χρόνια, ενώ της καστανιάς πάνω από 6 χρόνια.

Διεθνώς χρησιμοποιούνται και τα παρακάτω είδη ξυλείας, μερικά από τα οποία παράγονται στη χώρα μας, ενώ άλλα εισάγονται και κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Ø **Μαύρη Πεύκη** (*Pinus sylvestris*)

Πρόκειται για ξύλο που χρησιμοποιείται πολύ στη κατασκευή θερμοκηπίων. Είναι ανθεκτικό στις μικροβιακές προσβολές, ανθεκτικό στα φορτία και

ελαστικό. Επί πλέον το ξύλο αυτό είναι εύκολης κατεργασίας και καρφώνεται εύκολα. Χρησιμοποιείται για όλα τα μέρη του σκελετού.

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι 5-10 χρόνια, αλλά μετά από κατεργασία με ειδικά συντηρητικά η διάρκεια αυτή μπορεί να επεκταθεί.

Ø Ψευδοτσούγια (*Pseudotsuga taxifolia*)

Παρουσιάζει τις ίδιες καλές ιδιότητες όπως και η πεύκη. Έχει το πλεονέκτημα ότι δεν φέρει ρόζους ακόμα και σε μεγάλα μήκη και πλάτη, μειονεκτεί όμως στο ότι σχίζεται εύκολα κατά το κάρφωμα και είναι δύσκολος ο εμποτισμός του με συντηρητικά. Δεν φύεται σε αξιόλογες ποσότητες στην Ελλάδα, συχνά όμως εισάγεται τέτοια ξυλεία.

Ø Τούγια (*Thuja plicata*)

Πρόκειται για ελαφρύ και μαλακό ξύλο. Έχει μικρότερη μηχανική αντοχή από τα δύο προηγούμενα, αλλά είναι πολύ ανθεκτικό στις σήψεις. Είναι μεγαλύτερου κόστους από τα προηγούμενα, γεγονός που αν συνδυαστεί με την ανάγκη υιοθέτησης μεγαλύτερης διατομής (λόγω μικρής αντοχής), δημιουργεί σημαντική οικονομική επιβάρυνση. Το μειονέκτημα αυτό μετριάζεται από το γεγονός ότι δεν απαιτεί προστασία με βαφή ή εμποτισμό.

Το ξύλο της τούγιας σχίζεται εύκολα και απαιτεί καρφιά από ανοξείδωτο χάλυβα ή μπρούντζο, γιατί αλλιώς οξειδώνεται.

Δεν συναντάται σαν δασικό δέντρο στην Ελλάδα.

Ø Ερυθρελάτη (*Picea excelsa*)

Πρόκειται για ξύλο εύκολης κατεργασίας, αλλά μικρής αντοχής. Δεν συνιστάται για θερμοκήπια, αν και συχνά χρησιμοποιείται επειδή έχει μικρό κόστος.

Γενικές παρατηρήσεις για το ξύλο:

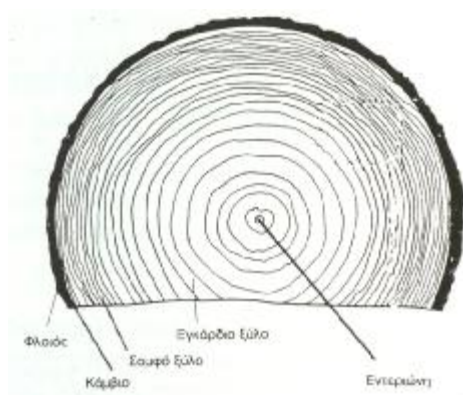
Το ξύλο αποτελείται από διάφορους κυτταρικούς ιστούς. Η διάταξη των κυττάρων των διαφόρων ξύλων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το

είδος του δέντρου. Τα διάφορα κωνοφόρα δέντρα έχουν απλή δομή, ενώ τα πλατύφυλλα περίπλοκη δομή.

Τα κυριότερα τμήματα ενός κορμού δέντρου (βλ. εικ. 3.1) από έξω προς το κέντρο είναι:

Το σομφό ξύλο είναι το εξωτερικό τμήμα του ξύλου, είναι ανοιχτόχρωμο και αποτελείται από ζωντανά και ενεργά κύτταρα. Περιέχει περισσότερη υγρασία και είναι περισσότερο πορώδες.

Το εγκάρδιο ξύλο έχει πιο σκοτεινή απόχρωση, λόγω της απόθεσης διαφόρων χρωστικών που είναι προϊόντα οξείδωσης των τανινών. Είναι λιγότερο πορώδες από το σομφό και γενικά είναι ανθεκτικότερο. Η απόθεση των χρωστικών στο ξύλο δημιουργεί ένα είδος «ταρίχευσης» και το καθιστά ανθεκτικό στις προσβολές από βακτήρια ή μύκητες.



Εικ. 3.1. Τα κυριότερα τμήματα του κορμού ενός δέντρου

Οι παράγοντες που προκαλούν καταστροφή στο ξύλο, διακρίνονται σε:

1.Βιολογικοί

- α) Βακτήρια
- β) Μύκητες
- γ) Έντομα
- δ) Ακάρεα

2.Φυσικοχημικοί

- α)Υγρασία
- β) Ακτινοβολία
- γ) Μηχανικές καταπονήσεις
- δ) Χημικές επιδράσεις

Τα διάφορα είδη ξύλου παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή στους παραπάνω παράγοντες που προκαλούν αλλοιώσεις στο ξύλο. Γενικά η αντοχή του ξύλου εκτιμάται με τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το ξύλο διατηρεί τις ιδιότητες του χωρίς καμιά προστασία.

Το σομφό ξύλο έχει σχεδόν σ' όλες τις περιπτώσεις πολύ μικρή διάρκεια χρήσης που σπάνια υπερβαίνει τα 5 χρόνια. Σχετικά με το εγκάρδιο ξύλο, τα διάφορα είδη ξύλου δίνουν την παρακάτω κλίμακα διάρκειας ξύλου (Κανάς Α.1988).

A. Πλατύφυλλα

Λεύκη μαύρη	< 5 χρόνια
Απόδισκος Δρυς (Q. Sessiliflora)	15 - 20 "
Ευθύφυλλος Δρυς (Q. Cerris)	10 - 15 "
Καστανιά	15 - 25 "
Οξύ	< 5 "
Iroko	> 25 "
Teak	> 25 "

B. Κωνοφόρα

Ελάτη	5 - 10 χρόνια
Πεύκη radiata	5 - 10 "
" Μαύρη	5 - 10 "
" Δασική	5 - 10 "
" Maritima	10 - 15 "
Ερυθρελάτη	5 - 10 "

Εκτός των περιπτώσεων των ξύλων με πολύ καλή φυσική αντοχή, όπως η καστανιά, η τούγια κλπ., στα υπόλοιπα ξύλα θα πρέπει να γίνεται επεξεργασία με προστατευτικά μέσα, για να μειωθούν στο ελάχιστο οι περιπτώσεις παραμόρφωσης του ξύλου, ιδίως όταν απαιτείται άριστη προσαρμογή.

Συνήθως τα βακτήρια δεν προκαλούν σημαντικές αλλοιώσεις στο ξύλο, σε μερικά ξύλα όμως κατά την τεχνητή ξήρανση τους δημιουργούνται κυψελιδώσεις, με αποτέλεσμα την κατάρρευσή τους. Αρκετοί είναι οι μύκητες που προσβάλλουν το ξύλο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Το ξύλο προσβάλλεται από μύκητες όταν η υγρασία του είναι πάνω από 20%, με άριστο επίπεδο 27 - 33%. Το εντελώς ξηρό ή το ξύλο που βρίσκεται εξ ολοκλήρου μέσα στο νερό δεν προσβάλλεται, επειδή για την ανάπτυξη των μυκήτων, εκτός από υγρασία απαιτείται και η παρουσία οξυγόνου. Για την ανάπτυξη των μυκήτων επίσης απαιτείται η κατάλληλη θερμοκρασία (συνήθως μεταξύ 10 και 35°C) και η παρουσία τροφής, την οποία στην περίπτωση του ξύλου αποτελούν η λιγνίνη, η κυτταρίνη και άλλα συστατικά του.

Για την προστασία του ξύλου από τους μύκητες, αρκεί η ρύθμιση ενός από τους παραπάνω παράγοντες σε αρνητικά επίπεδα. Στην πράξη στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται με τη μείωση της υγρασίας του ξύλου. Στο θερμοκήπιο

όμως με το υγρό περιβάλλον του, είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί αυτός ο τρόπος και γ'αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές μυκητοκτόνες ουσίες που εμποτίζουν το ξύλο και το καθιστούν ακατάλληλη τροφή για μύκητες.

Σε αντίθεση με τους μύκητες, η δράση των ξυλοφάγων εντόμων ευνοείται από τις υψηλές θερμοκρασίες και τις χαμηλές υγρασίες. Στην Ελλάδα έχουν αναγνωρισθεί περισσότερα από 100 είδη ξυλοφάγων εντόμων και ακάρεων. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

1. *Anobium punctatum* , κοινώς σαράκι ή ξυλοφάγο έντομο επίπλων.
2. *Lyc tus brunneus* , κοινώς σαράκι παρκέτων.
3. *Hylotrypes bajulus* , κοινώς ξυλοφάγος των παλαιών σπιτιών.
4. Τερμίτες.

Στην Ελλάδα έχουν βρεθεί δυο είδη τερμιτών, που προκαλούν όμως σημαντικές ζημιές και προσβάλλουν κάθε είδους ξυλοκατασκευή ή υλικό που έχει κυτταρίνη, όπως π.χ. βιβλία, υφάσματα κλπ.

Η προστασία του ξύλου από τα έντομα και ακάρεα γίνεται με:

1. συλλογή των εντόμων,
2. απομάκρυνση και καταστροφή προσβεβλημένων τμημάτων,
3. υψηλή θερμότητα,
4. εμβάπτιση,
5. βιολογική καταπολέμηση,
6. με ραδιοκύματα ή ακτίνες X ή ακτίνες Γ,
7. επεμβάσεις στο γενετικό κύκλο, με ακτινοβολίες στειρώσης, χημειοστερωτικά, φερομόνες για σεξουαλική σύγχυση,
8. χημική καταπολέμηση.

Οι εναλλασσόμενες καιρικές συνθήκες δημιουργούν ρωγμές στο ξύλο και διάσπαση των συστατικών του στην επιφάνεια, που ξεπλένονται με τη βροχή. Οι κυριότεροι μηχανικοί παράγοντες που επηρεάζουν το ξύλο, είναι οι δυνάμεις τριβής και η φόρτισή του. Η αντοχή του ξύλου στις χημικές ουσίες όπως λιπάσματα κλπ., εξαρτάται από το είδος του ξύλου και από την πυκνότητα του χημικού διαλύματος. Η επίδραση των χημικών ουσιών έχει αποτέλεσμα τη μείωση της χημικής αντοχής του. Η προστασία γίνεται με κάλυψη της επιφάνειάς του με ανθεκτικές ουσίες, όπως ρητίνες, άσφαλτο, κ.ά.

Για την προστασία του ξύλου χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα:

1. Επικαλυπτικές ουσίες, όπως χρώματα, βερνίκια και λάκες
2. Εμποτιστικές ουσίες, όπως βερνίκια εμποτισμού, υδροπροωθητικές ουσίες, συντηρητικά.

Οι επικαλυπτικές ουσίες χρησιμοποιούνται για να σφραγισθούν οι πόροι στην επιφάνεια του ξύλου και να αποτραπεί η απορρόφηση υγρασίας και η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας ή άλλων φυσικοχημικών παραγόντων. Οι εμποτιστικές ουσίες εμποτίζουν σε βάθος το ξύλο. Οι ουσίες αυτές που συντηρούν το ξύλο είναι τοξικές ουσίες ή μίγματα τοξικών ουσιών, που κάνουν το ξύλο ακατάλληλη τροφή για τους μύκητες και τα έντομα. Με τη συντήρηση του ξύλου επιμηκύνεται η διάρκεια χρήσης του κατά 2 ως 15 φορές, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τη μέθοδο εμποτισμού. Τα διάφορα συντηρητικά διακρίνονται σε πισσέλαια, συντηρητικά οργανικού διαλύτη, υδατοδιαλυτά συντηρητικά, ατμούς χημικών ουσιών.

Η μέθοδος εφαρμογής του συντηρητικού έχει σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα της συντήρησης. Οι διάφορες μέθοδοι χωρίζονται σε εφαρμογές χωρίς πίεση, όπως επάλειψη, ψεκάσμος, εμβάπτιση κλπ., και σε εφαρμογές με χρήση πίεσης, όπως αυτή της θετικής πίεσης ή της αρνητικής πίεσης.

Παλαιότερα, η συντήρηση στα ξύλα του θερμοκηπίου γινόταν με πισσέλαιο ή πενταχλωροφαινόλη. Σήμερα, ο αποτελεσματικότερος τρόπος προστασίας του ξύλου του θερμοκηπίου είναι με τη μέθοδο του εμποτισμού, σε κενό και πίεση υδατοδιαλυτών συντηρητικών τύπου CCA (χαλκού, χρωμίου, αρσενικού). Με αυτήν τη μέθοδο, τα ξύλα μπαίνουν σε κυλίνδρους που σφραγίζονται και δημιουργείται ένα κενό αέρος μέσα στους κυλίνδρους αυτούς, 0,84 Atm για ένα διάστημα που κυμαίνεται από 15 λεπτά μέχρι μερικές ώρες. Κατά τη διάρκεια αυτή, αποβάλλεται το μεγαλύτερο μέρος του αέρα από τα κύτταρα του ξύλου κι έτσι ελαττώνεται ή αντίσταση του ξύλου στη διείσδυση του συντηρητικού. Ενώ υπάρχει το κενό, εισάγεται στους κυλίνδρους το συντηρητικό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Συνήθως είναι αραιωμένο (2,0 - 2,5%) σε νερό. Μόλις γεμίσει ο κύλινδρος, σταματάει το κενό και εφαρμόζεται πίεση 7 -17 atm για 1 ως 6 ώρες, ώστε το συντηρητικό να μετακινηθεί στους κενούς πόρους του ξύλου. Μετά αδειάζει ο κύλινδρος από το συντηρητικό, επαναφέρεται το ξύλο στην ατμοσφαιρική πίεση και ξαναδημιουργείται το κενό

για μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να στραγγίσει γρήγορα το πλεονάζον διάλυμα του συντηρητικού.

Θεωρείται ότι ο εμποτισμός είναι ικανοποιητικός, αν έχει συγκρατηθεί 8 - 10kg/m³ διαλύματος.

Γενικά, για τη συντήρηση του ξύλου πρέπει να αποφεύγονται τα χρώματα που περιέχουν υδράργυρο, γιατί αντιδρούν τοξικά πάνω στα φυτά. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται οι συντηρητικές ουσίες Pentachlorophenol και Creosote, διότι οι ατμοί που παράγονται από αυτές στο θερμοκήπιο είναι τοξικοί για τα φυτά. Πολύ καλό συντηρητικό ξύλου είναι το copper naphthenate, που μπορεί να ψεκαστεί, να εμβαπτιστεί ή να βαφεί.

Η επιλογή του ξύλου θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά, ώστε να μη φέρουν σχισμές, μεγάλους ρόζους, κενά κλπ. Η επιλογή αυτού επιβάλλεται να γίνεται πριν από οποιαδήποτε βαφή του ξύλου, επειδή μετά δεν είναι φανερές οι ατέλειες των ξύλων. Σήμερα η αύξηση του κόστους του ξύλου, η ανάγκη συντήρησής του, η δυσκολία στην κατασκευή εξαερισμού οροφής, καθώς και η περιορισμένη διάρκεια ζωής του, έχουν στρέψει την προσοχή των κατασκευαστών περισσότερο στη μεταλλική προκατασκευή.

Χάλυβας

Ο χάλυβας σε σωλήνα ή σε διατομές διαφόρων σχημάτων C, E, Γ, T, H κλπ., χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα στην κατασκευή των θερμοκηπίων. Έχουμε θερμοκήπια που είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένα από χάλυβα και θερμοκήπια που μόνο τα κύρια στοιχεία του σκελετού τους είναι από χάλυβα, ενώ τα υπόλοιπα προέρχονται από συνδυασμό με το αλουμίνιο ή το ξύλο.

Η τιμή της τάσης παραμόρφωσης για το χάλυβα που χρησιμοποιείται στα θερμοκήπια είναι συνήθως 200 N/mm.

Ο χάλυβας λόγω της υψηλής αντοχής του, απαιτεί σχετικά μικρές διατομές για δεδομένο φορτίο.

Στα υαλόφρακτα θερμοκήπια οι διαμορφωμένες με κάμψη (στραντζαρισμένες) ανοικτές διατομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή

του σκελετού, πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 2mm ώστε να παρέχεται ικανοποιητική ακαμψία.

Για τον υπολογισμό των διαμορφωμένων διατομών λαμβάνονται υπόψη χαρακτηριστικές ιδιότητες του σχήματος της κάθε διατομής σύμφωνα με DIN 4414 B 2 ή τον Ευροκώδικα 3. Η σωληνωτή διατομή που εφαρμόζεται γενικά στο σκελετό πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 1,5mm.

Το βασικότερο πρόβλημα με το χάλυβα, είναι η προστασία από την επιφανειακή οξείδωση, που οι συνθήκες του θερμοκηπίου ευνοούν ιδιαίτερα. Ο συνηθέστερη προστασία του χάλυβα είναι το γαλβάνισμα.

Γαλβάνισμα

Γαλβάνισμα είναι η επιψευδαργύρωση χαλύβδινων ή χυτοσιδηρών επιφανειών, με σκοπό κυρίως την προστασία τους από την οξείδωση. Ο ρυθμός οξείδωσης του ψευδαργύρου είναι το 1/10 έως το 1/15 του ρυθμού οξείδωσης του κοινού χάλυβα.

Διάφοροι τρόποι γαλβανίσματος είναι:

1. Το θερμό γαλβάνισμα.
2. Το Sherardizing (θέρμανση των αντικειμένων και ανακάτεμα με σκόνη ψευδαργύρου και οξειδίου του ψευδαργύρου).
3. Το ηλεκτρολυτικό γαλβάνισμα (ανοδίωση, όπου άνοδος είναι ο ψευδάργυρος).
4. Το ψυχρό γαλβάνισμα (με κατάλληλο πιστόλι εκτοξεύεται σκόνη Zn στο κατάλληλα προετοιμασμένο αντικείμενο και μετά ψεκάζεται με συνδετικό υλικό. Συχνά λέγεται ψυχρό γαλβάνισμα και ο χρωματισμός με χρώματα που έχουν βάση τον ψευδάργυρο).

Ενώ οι τρεις τελευταίες μέθοδοι αφορούν απλή επικάλυψη της χαλύβδινης επιφάνειας, στο θερμό γαλβάνισμα εμβαπτίζεται το αντικείμενο σε ρευστοποιημένο ψευδάργυρο όπου γίνεται λόγω υψηλής θερμοκρασίας κραματοποίησης σιδήρου - ψευδαργύρου, με αποτέλεσμα να υπάρχει κατά κανόνα πολύ ισχυρή συνάφεια της χαλύβδινης επιφάνειας και του ψευδαργύρου.

Τα πλεονεκτήματα του θερμού γαλβανίσματος σε σχέση με άλλες μεθόδους προστασίας (π.χ. βάψιμο), είναι τα ακόλουθα:

- Μεγάλος χρόνος ζωής.
- Συγκριτικά χαμηλό κόστος σε σχέση με το χρόνο ζωής του.
- Υψηλή αξιοπιστία προστασίας.
- Πολύ καλή πρόσφυση χωρίς σημαντικές ζημιές στις μεταφορές.
- Ταχύτητα εργασίας.
- Δεν απαιτείται συχνή συντήρηση.

Ο χρόνος ζωής ενός γαλβανισμένου αντικειμένου εξαρτάται από το πάχος γαλβανίσματος και από το περιβάλλον που θα εκτεθεί. Στο θερμοκήπιο γαλβάνισμα πάχους 55 μικρών παρέχει χρόνο ζωής που κυμαίνεται μεταξύ 10 - 25 χρόνων, ανάλογα αν είναι κοντά στη θάλασσα ή όχι.

Η διαδικασία θερμού γαλβανίσματος στις χαλύβδινες επιφάνειες είναι:

1. Καθαρισμός των επιφανειών από χρώματα, πίσσες και άλλα υλικά, ανθεκτικά στα καυστικά και όξινα διαλύματα. Το καθάρισμα αυτό γίνεται συνήθως με αμμοβολή ή και τρόχισμα.
2. Πολύ καλός καθαρισμός των συγκολλήσεων από τις πάστες της ηλεκτροσυγκολλήσεως.
3. Άνοιγμα οπών, για είσοδο του ψευδαργύρου και έξοδο του αέρα, στην περίπτωση που υπάρχουν κοίλα μέρη, ώστε να βουλιάξει ο χάλυβας στον ρευστό-θερμό ψευδάργυρο και να γαλβανιστεί εσωτερικά.
4. Απολίπανση με καυστικά υγρά (NaOH ή άλλα λιγότερο ανθυγιεινά), ώστε να καθαριστεί από λάδια, γράσσα κλπ.
5. Ξέπλυμα με νερό, για να απομακρυνθεί εντελώς το καυστικό υγρό, ώστε να μην εξουδετερωθεί το επόμενο διάλυμα.
6. Αποξείδωση με εμβάπτιση σε διάλυμα υδροχλωρικού (15 - 20%) ή θεικού οξέως ή για τα χυτοσιδηρά αντικείμενα υδροφθορικού οξέως, με σκοπό την απομάκρυνση όλων των οξειδίων από την επιφάνεια του αντικειμένου.
7. Ξέπλυμα με νερό για την απομάκρυνση του οξέως και του τρισθενούς σιδήρου (Fe^{+++}) που δημιουργήσε το οξύ.
8. Εμβάπτιση σε διάλυμα εναμμωνίου χλωριούχου ψευδαργύρου ($ZnCl_2 \cdot 2NH_4Cl$), (pH 4 - 4,5). Το υλικό αυτό δρα ως καταλύτης στην

αντίδραση Fe - Zn, καθαρίζοντας την επιφάνεια του σιδήρου και την επιφάνεια του ρευστού ψευδαργύρου από μεταλλικές προσμίξεις (κυρίως οξείδια). Παράλληλα προστατεύει την επιφάνεια του σιδήρου από οξείδωση που γίνεται ταχύτατα στην υψηλή θερμοκρασία, που αποκτά κατά την εμβάπτιση του στον ψευδάργυρο.

9. Στέγνωμα της βρεγμένης επιφάνειας του αντικειμένου, γιατί η εμβάπτιση του βρεγμένου αντικειμένου δημιουργεί εκρήξεις.
10. Εμβάπτιση στο μπάνιο με το λιωμένο Zn, καθαρότητας τουλάχιστον 98,5%. Το σημείο τήξεως του Zn είναι 420°C και το ειδικό του βάρος = 7g/cm³. Η θερμοκρασία που γίνεται το γαλβάνισμα είναι πάνω από 450°C και συνήθως μέχρι 460°C.
11. Φυγοκέντριση των μικρών αντικειμένων (βίδες κλπ.,) για να φύγει η επιπλέον ποσότητα ψευδαργύρου.
12. Ψύξη του αντικειμένου στον αέρα ή το νερό. Ο τρόπος ψύξης επηρεάζει την εξωτερική εμφάνιση. Απότομη ψύξη δίνει στιλπνότητα στην επιφάνεια.

Τα τυπικά στρώματα που συναντώνται σε μια τομή μιας γαλβανισμένης επιφάνειας, είναι τα ακόλουθα:

1. Στρώμα χάλυβα που δεν έχει υποστεί επίδραση.
2. Στρώμα που αποτελείται από κράματα FeZn₃ με περιεκτικότητα ψευδαργύρου 70 - 80%.
3. Στρώμα που αποτελείται από κράματα FeZn₇ και FeZn₁₀.
4. Στρώμα που αποτελείται από κράμα FeZn₁₃ με περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο 88 ως 93%.
5. Στρώμα καθαρού ψευδαργύρου που δεν προλαβαίνει να ρεύσει κατά την έξοδο.

Η ποιότητα του γαλβανίσματος δεν κρίνεται από την απόχρωση της επιφάνειάς τους, διότι αυτό εξαρτάται κυρίως από τις συνθήκες ψύξης του και όχι τις συνθήκες καλής κραματοποίησης. Στοιχεία που καθορίζουν την ποιότητα του γαλβανίσματος είναι (Φίλιππας Κ. 1988):

1. Το μέσο πάχος του γαλβανίσματος που εξαρτάται κυρίως: α) από το πάχος του ελάσματος του γαλβανισμένου αντικειμένου, β) τη σύσταση του χάλυβα

(όταν περιέχει Si φθάνει σε μεγάλα πάχη), δεν είναι όμως πάντα ευνοϊκό το πολύ μεγάλο πάχος, διότι σε $>200\mu$ ελαττώνεται η συνάφεια με το χάλυβα και απολεπίζεται, γ) τη μορφή της επιφάνειας, όσο πιο λεία τόσο πιο λεπτό πάχος, δ) την περιεκτικότητα του Zn σε Al (με περιεκτικότητα πάνω από 0,01% μειώνεται το πάχος και αυξάνει η στιλπνότητα).

2. Η ομοιομορφία του στρώματος που εξαρτάται από την ομοιομορφία της επιφάνειας, πάχος, άλλο υλικό κλπ., καθώς και από την ομοιομορφία της προετοιμασίας.
3. Η παρουσία αγαλβάνιστων τμημάτων, που προέρχεται από την παρουσία στην επιφάνεια χρωμάτων, πάστας συγκόλλησης και γενικά κακή προετοιμασία του αντικειμένου για το γαλβάνισμα.
4. Το στρώμα του γαλβανίσματος που πρέπει να έχει ικανοποιητική πρόσφυση και να μην απολεπίζεται με την κάμψη του μετάλλου.
5. Την κατάσταση της επιφάνειας του αντικειμένου που πρέπει να είναι λεία, ομοιόμορφη και χωρίς συσσωματώσεις που απολεπίζονται. Περιπτώσεις που υπάρχουν συσσωματώματα γεμάτα με οξείδια μετάλλου (χάρτζι) είναι απαράδεκτα.
6. Τυχόν παραμορφώσεις του αντικειμένου που παρουσιάζονται λόγω συστολών - διαστολών που υφίσταται και λόγω της στήριξης του αμέσως μετά την εμβάπτισή του στον ψευδάργυρο που έχει πολύ υψηλή θερμοκρασία.

Ο έλεγχος της ποιότητας του γαλβανίσματος γίνεται: α) οπτικά, ελέγχοντας την ύπαρξη αγαλβάνιστων τμημάτων, ανώμαλων επιφανειών και παραμορφώσεων, β) με έλεγχο της πρόσφυσης που γίνεται με χτύπημα με ειδικό σφυρί ή με το ξύσιμο με μαχαίρι που πιέζεται ισχυρά πάνω στην γαλβανισμένη επιφάνεια και δεν πρέπει να ξεφλουδίζει το γαλβάνισμα, και γ) με μετρήσεις του πάχους του γαλβανίσματος.

Η μέτρηση του πάχους του γαλβανίσματος γίνεται: 1) με χημικές μεθόδους που στηρίζονται στον καθαρισμό ενός τμήματος του αντικειμένου από το γαλβάνισμα, με εμβάπτισή του σε διάλυμα χλωριούχου αντιμονίου και υδροχλωρικού οξέως, όπου από τη διαφορά βάρους βρίσκεται το πάχος γαλβανίσματος, 2) με μαγνητικές μεθόδους, που στηρίζονται στο ότι το γαλβάνισμα δεν είναι μαγνητικό υλικό, σε αντίθεση με τον χάλυβα.

Γενικά όταν το πάχος της διατομής του χάλυβα είναι μικρότερο ή ίσο με 3mm, όπως συμβαίνει συνήθως, βάση των προδιαγραφών θα πρέπει να γαλβανίζεται θερμικά ή να τυγχάνει ισοδύναμης προστασίας. Μετά το γαλβάνισμα το βάρος του ψευδαργύρου που πρέπει να φέρει υπολογίζεται από τον τύπο:

$$w = t \times c$$

όπου: $w \rightarrow$ το βάρος ψευδαργύρου σε g/m

$t \rightarrow$ ο προβλεπόμενος χρόνος ζωής σε χρόνια

$c \rightarrow$ ο ρυθμός ετήσιας διάβρωσης σε g/m και έτος

Στην πρόταση του σχεδίου των ευρωπαϊκών προδιαγραφών για τα θερμοκήπια, προτείνεται ως ελάχιστη προστασία στη διάβρωση κατά κατηγορία θερμοκηπίων ως εξής:

Για θερμοκήπια κατηγορίας A (διάρκεια οικονομικής ζωής 25 χρόνια), θερμό γαλβάνισμα των μεταλλικών στοιχείων με πάχος γαλβανίσματος 60μm σε κάθε πλευρά του στοιχείου.

Για θερμοκήπια κατηγορίας B (χρόνος οικονομικής ζωής 10 χρόνια), τα κύρια σκελετικά τους στοιχεία έχουν την ίδια προστασία όπως τα στοιχεία της A κατηγορίας. Από τα άλλα σκελετικά στοιχεία αυτά που βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά και δέχονται τα νερά της βροχής ή αυτά που έρχονται σ'επαφή με το έδαφος, μπορεί να έχουν γαλβάνισμα 350 - 450gr/m² και στις δύο πλευρές. Τα υπόλοιπα μπορεί να έχουν γαλβάνισμα τύπου Sherardizing, με πάχος γαλβανίσματος βάρους 275gr/m² και στις δύο πλευρές.

Για θερμοκήπια Γ κατηγορίας (διάρκεια οικονομικής ζωής 5 χρόνια) τα σκελετικά στοιχεία μπορεί να έχουν και ψυχρό γαλβάνισμα, τα στοιχεία που βρέχονται ή αυτά που έρχονται σ'επαφή με το έδαφος μπορεί να έχουν γαλβάνισμα τύπου Sherardizing με πάχος γαλβανίσματος βάρους 278g/m² και από τις δύο πλευρές.

Οι σωληνωτές διατομές και γενικά οι στραντζαριστές κλειστές διατομές θα πρέπει ή να γαλβανίζονται και από μέσα ή να κλείνονται καλά στα άκρα, ώστε η εσωτερική τους επιφάνεια να μην επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική διάβρωση.

Δεν είναι σωστό βέβαια μετά το γαλβάνισμα να γίνει εργασία άλλη εκτός από την απλή συναρμολόγηση μέσω των προανοιχθεισών οπών κλπ.

Η χρησιμοποίηση του χάλυβα για κατασκευές από τον ίδιο τον καλλιεργητή έχει πολλές δυσκολίες. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, η καλύτερη προστασία να γίνει είναι η βαφή με ψευδάργυρο που βρίσκεται εντός συνθετικής ρητίνη (ψυχρό γαλβάνισμα).

Αλουμίνιο

Η χρήση του αλουμινίου σήμερα στα θερμοκήπια έχει γενικευθεί. Ιδιαίτερα χρησιμοποιείται στην κατασκευή των λεπτών σκελετικών στοιχείων τα οποία φέρουν τα τζάκια, καθώς και των υδρορροών.

Η χρήση του αλουμινίου παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μετάλλων και του ξύλου:

- Είναι ανθεκτικό στην επιφανειακή διάβρωση και δεν έχει ανάγκη σχεδόν καθόλου συντήρησης.
- Οι διατομές των διαφόρων στοιχείων είναι μικρότερες, γεγονός που αν συνδυασθεί με το μικρό ειδικό βάρος, δίνει πολύ μικρού βάρους κατασκευή. Επομένως η κατασκευή αυτή απαιτεί επίσης μικρότερης διατομής φέροντα στοιχεία ή παρέχει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης λιγότερων τέτοιων στοιχείων. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια τη μειωμένη σκίαση του θερμοκηπίου και την επίτευξη μεγαλύτερων ανοιγμάτων από στύλο σε στύλο.
- Τα διάφορα, επειδή διαμορφώνονται με εξώθηση, μπορούν να κατασκευασθούν σε πολύπλοκες διατομές, ικανές να δώσουν καλή στεγανότητα και αποκομιδή του νερού της συμπύκνωσης.
- Προσφέρεται πολύ για την κατασκευή των ανοιγμάτων εξαερισμού, γιατί δίνει ελαφρότερα πλαίσια που δεν δημιουργούν προβλήματα λειτουργίας.

Στις συνήθεις περιπτώσεις υαλόφρακτων θερμοκηπίων για οικονομικούς λόγους το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το χάλυβα. Από χάλυβα κατασκευάζονται τα λεπτά στοιχεία του σκελετού, πάνω στα οποία τοποθετούνται οι υαλοπίνακες, ενώ από χάλυβα κατασκευάζονται τα στοιχεία που σχηματίζουν το βασικό σκελετό του.

Το αλουμίνιο δεν διαβρώνεται από την ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου και δεν απαιτεί βαφή. Στα σημεία όμως που ευρίσκεται σ' επαφή με τον σίδηρο, θα πρέπει να γίνει ειδική προστασία, ώστε ν' αποφευχθεί η ηλεκτρολυτική διάβρωση. Στα σημεία ενώσεως επομένως με όλα τα χαλύβδινα στοιχεία, παρεμβάλλεται συνήθως πισσόχαρτο. Επίσης μέσα στο σκυρόδεμα διαβρώνεται, γι' αυτό πρέπει να προστατεύεται με βαφή πίσσας.

Στην κατασκευή των λεπτών στοιχείων του σκελετού του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται ειδικές διατομές αλουμινίου. Λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 223 \text{ Watt/m}\cdot\text{C}$), το αλουμίνιο δημιουργεί θερμικές γέφυρες όπου συμπυκνώνεται η υγρασία, γι' αυτό πρέπει να προβλεφθεί ειδική διατομή στα διάφορα τεμάχια, ώστε να οδηγείται η υγρασία που συμπυκνώνεται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου.

Οι μηχανικές ιδιότητες των διατομών αλουμινίου (extruded), καθορίζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ, ή από τα DIN 50 145 και DIN 50 351 ή τον Ευροκώδικα 9.

Σύμφωνα με τις Ολλανδικές προδιαγραφές, η διασταλτικότητα μετά από σπάσιμο πρέπει να είναι τουλάχιστον 8%. Η τιμή υπολογισμού της τάσης παραμόρφωσης είναι 0,2% του ορίου διασταλτικότητας του υλικού, αλλά το πολύ 70% της ελάχιστης δύναμης έλξης. Η τιμή υπολογισμού της τάσης παραμόρφωσης είναι το πολύ 100 N/mm^2 , συνήθως δίδεται από τους κατασκευαστές του αλουμινίου (N.E.N. 3859, 1978). Τα στοιχεία για την κατασκευή διατομών αλουμινίου υπολογίζονται σύμφωνα με τη θεωρία της ελαστικότητας και για τον υπολογισμό εφαρμόζεται το DIN 4113. Δεν εφαρμόζεται όμως αυτό το DIN ως προς το λύγισμα των τραβέρσων αλουμινίου (N.E.N. 3859, 1978).

Άλλα υλικά κατασκευών

Εκτός από τα μέταλλα και το ξύλο, στις κατασκευές των θερμοκηπίων χρησιμοποιούνται σε μικρή έκταση και πλαστικά. Τα υλικά αυτά δεν προσβάλλονται από σκουριά, δεν σαπίζουν, αλλά υποβαθμίζονται με το χρόνο.

Στην Ουγγαρία έχουν κατασκευαστεί δοκιμαστικοί σκελετοί θερμοκηπίων από σωλήνα PVC, διαμέτρου 2,5mm, οι οποίοι δεν αποδείχτηκαν αποτελεσματικοί, γιατί παραμορφώνονταν με το χρόνο. Στην Ιταλία η βιομηχανία κατασκευής θερμοκηπίων (Colorplast της Santa Maria Maddalena) κατασκεύασε σκελετό θερμοκηπίου από σκληρό P.V.C. Στην Ιαπωνία τέσσερις τουλάχιστον εταιρείες το 1971, κατασκεύαζαν στύλους για υποστύλωση φυτών από πολυπροπυλένιο και σύρμα καλυμμένο με πλαστικό P.V.C. Στις κατασκευές των θερμοκηπίων χρησιμοποιούνται ακόμη σε μερικές περιπτώσεις και πλαστικά πλέγματα.

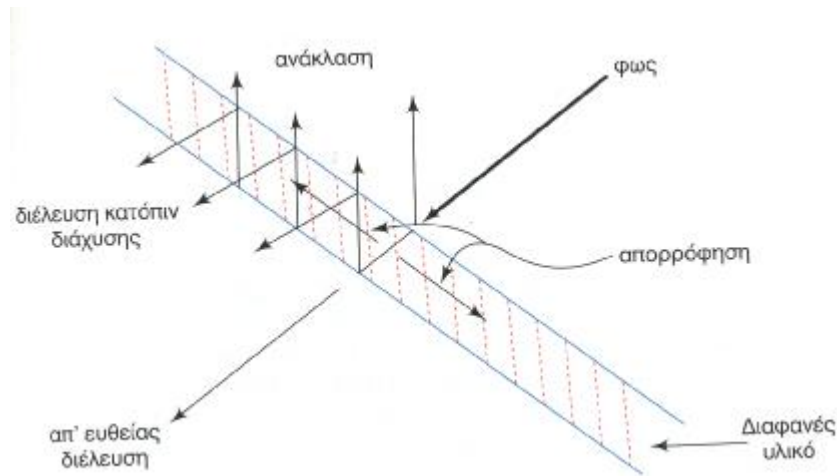
Υλικά κάλυψης

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών επηρεάζεται πολύ από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου.

Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης πρέπει να επιτρέπει τη διείσδυση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας από προσπίπτοντα σ'αυτό φωτισμό και να ευνοεί τη διάχυσή του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο. Επιπλέον να επιτρέπει από το φυσικό φώς να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών.

Όπως είναι γνωστό, το φως αφού πέσει πάνω στο διαφανές υλικό κάλυψης είναι δυνατό να:

1. Ανακλαστεί πάνω στο υλικό
2. Απορροφηθεί από το υλικό
3. Διέλθει μέσα από το υλικό



Εικ. 3.2. Περατότητα του διαφανούς υλικού στο φως

Όλα τα μήκη κύματος του φωτός δεν ανακλώνται, απορροφώνται ή διέρχονται μέσω των διαφόρων υλικών κατά τον ίδιο τρόπο. Το γεγονός αυτό επιδρά στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται μέσα στο θερμοκήπιο. Γενικά θα πρέπει όλα τα μήκη κύματος του φωτός, τα αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών, να μην ανακλώνται ή απορροφώνται, αλλά να διέρχονται μέσω του καλύμματος στο χώρο του θερμοκηπίου στο μέγιστο βαθμό.

Διέλευση της ακτινοβολίας ορίζεται ο λόγος της διερχόμενης προς την προσβάλλουσα στην επιφάνεια ακτινοβολία.

$$\text{Ποσοστό διέλευσης \%} = \frac{\text{διερχόμενος φωτισμός}}{\text{προσβάλλον φωτισμός}} \times 100$$

Η διέλευση του φωτός μέσω ενός υλικού μπορεί να γίνει απ' ευθείας ή με διάχυση. Όταν το φως διέρχεται απ' ευθείας, έχει σχεδόν την ίδια διεύθυνση με εκείνη του προσβάλλοντος φωτισμού. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι σκιές από τα αντικείμενα που εμποδίζουν την πορεία του (σκελετικά στοιχεία) θα είναι πολύ έντονες. Αντίθετα, όταν με τη διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται και διάχυσή του, τότε κατευθύνεται σε ποικίλες κατευθύνσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη έντονων σκιάσεων. Ο υαλοπίνακας με κυματοειδή ή φολιδωτή την εσωτερική του επιφάνεια ή οι ενισχυμένες με ίνες ύαλου πολυεστερικές επιφάνειες, μειώνουν το απ' ευθείας διερχόμενο φως μετατρέποντάς το σε διάχυτο.

Η περατότητα ή μη στη θερμική ακτινοβολία είναι η άλλη σημαντική ιδιότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Η θερμική ακτινοβολία

(μεγάλου μήκους κύματος), όπως είναι γνωστό εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν συνήθεις θερμοκρασίες. Ορισμένα υλικά κάλυψης είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία, ενώ άλλα είναι λιγότερο ή καθόλου περατά. Τα υλικά κάλυψης που δεν είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία εκδηλώνουν την καλούμενη " ιδιότητα θερμοκηπίου ". Δηλαδή, ενώ επιτρέπουν την είσοδο της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο θερμοκήπιο, δεν επιτρέπουν την έξοδο της μεγάλου μήκους ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και το έδαφος κι έτσι δημιουργείται μια παγίδα θερμότητας, στην οποία οφείλεται κατά 30% περίπου η αύξηση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου. Το υπόλοιπο ποσοστό οφείλεται στο φαινόμενο του κλειστού χώρου. Στον επόμενο πίνακά παρατηρούμε ότι το ποσοστό διέλευσης της θερμικής ακτινοβολίας μέσω του πολυαιθυλενίου είναι σαφώς μεγαλύτερο από εκείνο μέσω του γυαλιού ή των άλλων υλικών. Το γεγονός αυτό είναι η αιτία που τα θερμοκήπια τα καλυμμένα με πολυαιθυλένιο ψύχονται πιο γρήγορα τις βραδινές και νυχτερινές ώρες. Παρ' όλα αυτά, το ποσοστό περατότητας περιορίζεται πολύ στην πράξη, λόγω της υγρασίας η οποία επικάθεται στην εσωτερική πλευρά του πολυαιθυλενίου. Με τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω στο πολυαιθυλένιο, παρατηρείται μείωση της περατότητας στη θερμική ακτινοβολία (του συνόλου του θερμοκηπίου) της τάξης του 50%.

Το κοινό μειονέκτημα των περισσότερων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η μικρή αντοχή στο χρόνο. Πολλά από τα υλικά αυτά, όπως τα πλαστικά, δείχνουν μικρή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποπολυμερισμός), άλλα όπως το γυαλί, δείχνουν μικρή αντοχή στο χαλάζι, και άλλα μικρή αντοχή στον άνεμο. Η αντοχή στο χρόνο βέβαια είναι πολύπλοκο θέμα και έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για κάθε υλικό, γιατί διαφέρουν οι παράγοντες που επιδρούν στην ταχύτητα καταστροφής τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Περατότητα στη μικρού μήκους κύματος και στη μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία ορισμένων υλικών

Υλικό (πριν τη χρησιμοποίησή του)	Ποσοστό διέλευσης ακτινοβολίας %0				
	Φωτεινής				Θερμικής
	Απλή κάλυψη		Διπλή κάλυψη		Απλή κάλυψη
	Απ' ευθείας	Ολικό φως	Απ' ευθείας	Ολικό φως	
1. Πολυαιθυλένιο διαφανές καθαρό χωρίς προσμίξεις	93	93	88	-	88
2. Πολυαιθυλένιο διαφανές κοινό εμπορίου	76	89	-	80	71
3. Πολυαιθυλένιο U.V	74	88	-	-	64
4. Γυαλί	86	90	75	-	1
5. P.V.C. διαφανές	86	91	-	84	12
6. P.V.C. " Haze "	-	89	-	82	12
7. Mylar (πολυεστέρας φύλλο)	86	90	80	-	16
8. Πολυεστέρας ενισχυμένος με ίνες γυαλιού	68	78	-	64	1
9. Ακρυλικού διπλού επιπέδου	-	63 - 83	-	-	-
10. Polycarbonate διπλού επιπέδου	-	73 - 77	-	-	-

Στα πλαστικά η αντοχή στο χρόνο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Η υπεριώδης ακτινοβολία (U.V.) είναι ο σημαντικότερος, γιατί προκαλεί φωτοχημικά φαινόμενα εντός του σώματος του διαφανούς πλαστικού, με αποτέλεσμα μείωση της φωτεινής περατότητας του, της μηχανικής αντοχής του και τελικά την καταστροφή του. Οι ακτινοβολίες μεταξύ 0,30 και 0,35μ είναι οι πλέον δραστικές για τα πολυμερή πλαστικά. Αυτό το μήκος κύματος (0,30 - 0,35μ) δεν αποτελεί παρά μόνο το 5% του ολικού ηλιακού φωτός, που είναι διαθέσιμο στην επιφάνεια της γης (το ίδιο μήκος κύματος προκαλεί το μαύρισμα και τα εγκαύματα στο ανθρώπινο δέρμα). Το πλαστικό φύλλο όμως που αποτελεί το κάλυμμα του θερμοκηπίου, είναι εκτεθειμένο για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στην ακτινοβολία αυτή.

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν στην καταστροφή πολλών τύπων πλαστικών είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και το οξυγόνο. Η επίδραση όλων των βλαπτικών παραγόντων τελικά οδηγεί στην αλλαγή χρώματος και στη μείωση της μηχανικής αντιστάσεως των πολυμερών υλικών. Η ταχύτητα και η ένταση των μεταβολών αυτών εξαρτώνται κυρίως από το πάχος του υλικού και από τον τύπο του πολυμερούς.

Γενικά η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω ιδιότητες:

- Περαιτότητα στο φως
- Μηχανική αντοχή
- Θερμοπερατότητα
- Περαιτότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία
- Αντίσταση στα χτυπήματα από το χαλάζι
- Μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευαστεί
- Ευαισθησία στη γήρανση
- Αντίσταση στο σκίσιμο
- Ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης
- Τρόπος συμπύκνωσης υγρασίας (σε σταγόνες ή σε μεμβράνη)
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (U.V. μέχρι 0,4μ)
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες

Υαλοπίνακες

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του γυαλιού σαν υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων, είναι η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι ένας υαλοπίνακας θερμοκηπίου έχει πρακτικά την ίδια περαιτότητα στο φως μετά 43 χρόνια μ' ένα καινούργιο (Nelson P., 1981), πράγμα που δεν συμβαίνει με κανένα άλλο υλικό κάλυψης. Η πιθανή μείωση της φωτεινότητας του γυαλιού οφείλεται στις ακαθαρσίες, που όμως είναι δυνατό να απομακρυνθούν.

Το γυαλί είναι αδιαπέραστο στα αέρια και τους υδρατμούς. Τα προβλήματα στεγανότητας που μπορεί να εμφανιστούν στα υαλόφρακτα θερμοκήπια, προέρχονται από την κακή επαφή που παρουσιάζεται σταδιακά στα σημεία στήριξης του υαλοπίνακα με το σκελετό και από το σπάσιμο των υαλοπινάκων, που προέρχεται από χαλάζι ή απροσεξία λόγω του εύθραυστου που χαρακτηρίζει το γυαλί. Επίσης φαίνεται ότι μερικές ποιότητες γυαλιού γίνονται πιο εύθραυστες με την πάροδο του χρόνου.

Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις δυο του επιφάνειες επίπεδες και λείες, ή διαφώτιστος, με τη μία επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή, ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός. Συνήθως στην οροφή του θερμοκηπίου τοποθετούνται υαλοπίνακες με κυματοειδή ή φολιδωτή τη μια πλευρά για καλύτερη διάχυση του φωτός, ενώ στις πλευρές τοποθετούνται

υαλοπίνακες με τις δυο τους επιφάνειες επίπεδες, διότι το φως που εισέρχεται από πλάγια είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος διάχυτο, προερχόμενο κυρίως από ανακλάσεις στο έδαφος ή άλλα αντικείμενα. Η μη επίπεδη πλευρά του υαλοπίνακα της οροφής τοποθετείται προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου, για να συγκρατείται η σκόνη.

Το ειδικό βάρος του γυαλιού είναι $2,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Το υαλόφρακτο θερμοκήπιο απαιτεί φέρουσα κατασκευή ιδιαίτερης αντοχής και χωρίς να υφίσταται σημαντικές παραμορφώσεις από το βάρος των διαφόρων φορτίων. Επίσης τα λεπτά στοιχεία του σκελετού θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα και τοποθετημένα έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται καλή στεγανότητα στο νερό και τον αέρα.

Το ποσοστό διέλευση του μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας στους συνήθους πάχους υαλοπίνακες, είναι συγκριτικά από τα μεγαλύτερα, περίπου 90% και επειδή η περατότητα αυτή είναι σχεδόν σταθερή στο χρόνο, ο υαλοπίνακας αποτελεί το μέτρο σύγκρισης όλων των άλλων διαφανών υλικών. Σε ένα καινούριο θερμοκήπιο το μεγαλύτερο ποσοστό φωτός, το οποίο αφήνει να διέλθει ο υαλοπίνακας σε σχέση με άλλα διαφανή υλικά, δεν σημαίνει απαραίτητα και σημαντικά μεγαλύτερη φωτεινότητα στο θερμοκήπιο, γιατί ο σκελετός στηρίξεως των μεγάλου βάρους και μικρού μεγέθους υαλοπινάκων παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό σκιάς (γι' αυτό το λόγο συνιστώνται όσο είναι δυνατόν, μεγαλύτερων διαστάσεων υαλοπίνακες). Με την πάροδο του χρόνου όμως στα άλλα υλικά μειώνεται η περατότητα του φωτός ενώ στους υαλοπίνακες παραμένει η ίδια και μ το θερμοκήπιο καθίσταται τελικά σημαντικά φωτεινότερο.

Η θερμική διαστολή του υαλοπίνακα εξαρτάται από την ποιότητα του γυαλιού και κυμαίνεται από $5,6 \cdot 10^{-7}$ έως $140 \cdot 10^{-7} \text{ cm cm}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}$.

Το πάχος των υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι συνάρτηση των διαστάσεών τους, μπορεί να υπολογισθεί με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

$$t \geq \frac{6 \cdot \delta \cdot q \cdot (C_o + C_i) \cdot 1,16 \cdot \gamma \cdot \beta^2}{F_g}$$

όπου:

$t \rightarrow$ το πάχος του υαλοπίνακα

$\delta \rightarrow$ ο συντελεστής που εξαρτάται από τις διαστάσεις και τον τρόπο τοποθέτησης του υαλοπίνακα. Για τα τζάμια που είναι στερεωμένα από 4 μεριές βλέπε τον πίνακα 3.2.

Όταν είναι στερεωμένα από 2 ή 3 μεριές, και $1,8 \leq q/\beta \leq 3$, τότε $\delta = 0,133$

$q \rightarrow$ η πίεση που ασκείται στο πραγματικό ύψος του θερμοκηπίου

$C_o + C_i \rightarrow$ το άθροισμα των συνεργαζομένων συντελεστών στις λωρίδες που θα μελετηθούν, δηλαδή πίεση + υποπίεση,

1,16 \rightarrow είναι ο παράγοντας που δείχνει το κύμα πίεσης που δημιουργείται στα διπλανά τζάμια, όταν ένας υαλοπίνακας σπάσει

$\gamma \rightarrow$ ο παράγοντας επιβάρυνσης 2,00 για το κοινό γυαλί και 4,00 για μαρτελλέ

$\beta \rightarrow$ η μικρότερη απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων του υαλοπίνακα

$F_g \rightarrow$ η τιμή υπολογισμού της αντοχής του γυαλιού, που ισούται με 35 N/mm

Γενικά, για όλες τις επιφάνειες που πρέπει να καλυφθούν με συνήθων διαστάσεων υαλοπίνακες, αυτοί θα πρέπει να έχουν ένα ελάχιστο πάχος 4mm. Όταν χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες με κυματοειδή τη μια επιφάνεια (Μαρτελλέ), το ελάχιστο μέσο πάχος θα πρέπει να είναι 5 χιλιοστά.

Στις λωρίδες με αυξημένο κίνδυνο που είναι στις περιφερειακές ακμές, συνίσταται να μην τοποθετείται υαλοπίνακας με πλάτος μεγαλύτερο από 0,63m.

Τελευταία, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, κυκλοφορεί στο εμπόριο ο διπλός υαλοπίνακας με κενό χώρο μεταξύ των δύο επιφανειών του ή γεμάτος με διοξείδιο του άνθρακα.

Ο διπλός υαλοπίνακας μειώνει το συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα περίπου στο ήμισυ, επειδή όμως συμμετέχει και ο σκελετός στην περατότητα του θερμοκηπίου, τελικά ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας

μειώνεται περίπου κατά 40%. Το απλό γυαλί καλυμμένο με μεταλλικό οξειδίο από την έξω πλευρά (Horti-plus) έχει μειωμένη ικανότητα εκπομπής στην ακτινοβολία και επομένως η ακτινοβολούμενη ενέργεια είναι λιγότερη. Τέτοιου είδους υαλοπίνακες εξοικονομούν σημαντική ενέργεια τις κρύες, ξάστερες νύχτες. Η επικάλυψη αυτή του γυαλιού διαρκεί πολύ, εφ' όσον έχει γίνει όταν ακόμα είναι θερμό κατά την κατασκευή του. Μειονέκτημα είναι η μειωμένη περατότητά του στο ορατό φως.

Το μέγιστο μέγεθος υαλοπίνακα που χρησιμοποιείται για την οροφή είναι 1,00×1,65 m.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

Συντελεστής δ για υαλοπίνακες που στηρίζονται και από τις τέσσερις μεριές και βρίσκονται κάτω από ένα ισομερώς κατανεμημένο βάρος. Εξαρτάται από τη σχέση μήκος προς πλάτος q/β (Timoshenko, S. P.)

q/β	δ
1,0	0,046
1,1	0,054
1,2	0,061
1,3	0,068
1,4	0,074
1,5	0,080
1,6	0,085
1,7	0,090
1,8	0,094
1,9	0,098
2,0	0,101
3,0	0,119
4,0	0,123
5,0	0,124
00	0,125

Εύκαμπτα φύλλα πλαστικού

Στα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού περιλαμβάνονται το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE), το φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και το φύλλο πολυεστέρα. Το πρώτο είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα.

Γενικά τα πλαστικά μπορεί να ταξινομηθούν σε θερμοπλαστικά και θερμοσκληρά. Τα θερμοπλαστικά με τη θερμοκρασία χάνουν το σχήμα τους, αλλά όταν αφεθούν να κρυσώσουν εξακολουθούν να έχουν τις ιδιότητες που

είχαν και πριν (στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η θερμοσυγκόλληση). Τα θερμοσκληρά δεν χάνουν το σχήμα τους με την υψηλή θερμοκρασία, η οποία όμως όταν υπερβεί ορισμένα όρια τα καταστρέφει, χωρίς να είναι δυνατόν να ξαναεμφανίσουν τις ιδιότητές τους μετά την πτώση της θερμοκρασίας. Θερμοπλαστικά είναι το πολυαιθυλένιο και το πολυβινυλοχλωρίδιο, ενώ θερμοσκληρό είναι ο πολυεστέρας.

Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης λόγω του μικρού βάρους τους, της χαμηλής τιμής τους, της ευκολίας προσαρμογής σε διάφορα σχήματα του σκελετού, της δυνατότητας που δίνουν για χρησιμοποίηση ελαφρότερου και φθηνότερου σκελετού και κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους αρχικής επένδυσης που επιτυγχάνεται στο σύνολο του θερμοκηπίου.

Κατά τη στερέωση του πλαστικού φύλλου στον σκελετό δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω:

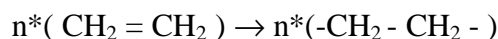
- Η στερέωση να είναι ικανή να αντισταθεί στα θετικά και αρνητικά φορτία που δημιουργεί ο άνεμος και το χιόνι και ταυτόχρονα να είναι όσο το δυνατόν απλούστερη η διαδικασία αντικατάστασης του πλαστικού.
- Το πλαστικό να είναι τεντωμένο στην κατασκευή, συρρικνώσεις ή σακουλιάσματα.
- Η άμεση επαφή με οξείες πλευρές του σκελετού να αποφεύγεται με παρεμβολή ειδικής πλαστικής λωρίδας, ώστε να μην σκίζεται, ιδιαίτερα όταν ο σκελετός υπερθερμανθεί από την ακτινοβολία.
- Η τοποθέτηση του φύλλου να γίνεται σε μεγάλα πλάτη, ώστε να επιτυγχάνεται στεγανότητα.
- Όταν η τοποθέτηση γίνεται σε ξύλινο ή μικτό σκελετό με κάρφωμα, το πλαστικό φύλλο να συγκρατείται στη θέση του από τον πήχη στερέωσης που το συμπιέζει στο σκελετό και όχι από αυτό τούτο το καρφί. Το καρφί προορίζεται να συγκρατεί σφιχτά τον πήχη με το σκελετό και όχι να συγκρατεί άμεσα το πλαστικό, γιατί αλλιώς το πλαστικό σχίζεται.

Πολυαιθυλένιο (PE)

Το φύλλο πολυαιθυλενίου αναπτύχθηκε αρχικά στην Αγγλία στα τέλη του 1930 και χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη κλίμακα για κάλυψη θερμοκηπίων από το 1950. Η χρήση του στα θερμοκήπια είναι πολύ εκτεταμένη στις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης, την Ιαπωνία και σχετικά λιγότερο στην Αμερική (όπου όμως σήμερα καλύπτεται με πολυαιθυλένιο το μεγαλύτερο μέρος των νέων θερμοκηπίων).

Στη Β. Ευρώπη αντίθετα, η χρήση του είναι πολύ περιορισμένη και το γυαλί εξακολουθεί να παραμένει το πιο διαδεδομένο υλικό.

Το πολυαιθυλένιο παράγεται από το αέριο αιθυλένιο μετά από πολυμερισμό.



Στο προοριζόμενο για τα θερμοκήπια πολυαιθυλένιο προστίθενται περίπου: 0,18% αντιοξειδωτικό, 2 -3% άνθρακας (ή διάφορες ενώσεις) για την απορρόφηση των υπεριωδών ακτινών και μέχρι 10% ελαστικό βουτύλιο, για να καταστεί το πλαστικό εύκαμπτο.

Το πολυαιθυλένιο στη συνήθη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας διατηρεί τις φυσικές του ιδιότητες. Σε ακραίες όμως θερμοκρασίες -40°C (απώλεια ελαστικότητας), ή άνω των 65°C (ρευστοποιείται), καθώς επίσης και σε έντονη ακτινοβολία, χάνει πολλές από τις ιδιότητές του ή και καταστρέφεται.

Είναι απαράδεκτο σήμερα να χρησιμοποιείται στο θερμοκήπιο φύλλο πολυαιθυλενίου που στο υλικό κατασκευής του δεν έχει προστεθεί παράγοντας που το καθιστά ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Η υπεριώδης ακτινοβολία καταστρέφει βαθμιαία το πλαστικό, το κάνει σκουρότερο, εύθραυστο και τελικά το καταστρέφει εντελώς.

Η διάρκεια ζωής την οποία μπορούμε να αναμένουμε από το πολυαιθυλένιο όταν εγκαθίσταται στο θερμοκήπιο τον Οκτώβριο, είναι όπως στον παρακάτω πίνακα

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3

Διάρκεια φύλλου πολυαιθυλενίου (Dubois P., 1978)

Μέση διάρκεια πολυαιθυλενίου		
Πάχος φύλλου	Κανονικό πολυαιθυλένιο	Πολυαιθυλένιο με πρόσθετα ανθεκτικό στη U.V.
100 μ	6 - 9 μήνες	12 - 22 μήνες
150 μ	10 - 11 μήνες	18 - 22 μήνες

Το φύλλο πολυαιθυλενίου γενικά παρουσιάζει τις παρακάτω ιδιότητες:

- Είναι αδιαπέραστο στο νερό και τους υδρατμούς.
- Είναι σχετικά περατό στα αέρια, ιδιαίτερα στο CO₂ και στο O₂.
- Έχει μικρή μηχανική αντοχή, η οποία είναι συνάρτηση του πάχους. Φύλλο πάχους 0,10 - 0,15mm έχει 1 έως 2 φορές μεγαλύτερη αντοχή απ' αυτήν του γυαλιού πάχους 3mm.
- Έχει καλή περατότητα στο φως. Φύλλο πάχους 0,15mm αφήνει να διέλθει το 87% του ορατού φωτισμού.
- Φέρεται στο εμπόριο σε φύλλα μεγάλου πλάτους, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κατασκευής στεγανών θερμοκηπίων, χωρίς μεγάλες διαρροές αέρα. Συνήθως κατασκευάζεται φύλλο πάχους από 20 - 200μ, σε διάφορα πλάτη μέχρι 11m. Η χρηματική του αξία υπολογίζεται με το βάρος.
- Έχει υδρόφοβη επιφάνεια, με αποτέλεσμα η συμπύκνωση των υδρατμών πάνω σ' αυτό να γίνεται υπό μορφή σταγόνων, οι οποίες με την παραμικρή δόνηση πέφτουν επάνω στα φυτά.
- Η λύση της συνέχειάς του από το κάρφωμα, αποτελεί το αδύνατο σημείο του πολυαιθυλενίου, που το κάνει να σχίζεται εύκολα από τον άνεμο. Γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην προσαρμογή του φύλλου στο σκελετό και τη στερέωσή του. Επίσης σχίζεται εύκολα στα σημεία όπου υπάρχει τσάκισμα.
- Η συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου επιτυγχάνεται μόνο με θέρμανση και συμπίεση, έτσι συγκολλείται μόνο με ειδικούς θερμοσυρραπτικούς μηχανισμούς.
- Είναι περατό σχεδόν σε όλα τα μήκη της μεγάλου μήκους κύματος θερμικής ακτινοβολίας. PE πάχους 0,075mm έχει 76% περατότητα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια τη γρήγορη ψύξη του θερμοκηπίου κατά τη

νύχτα. Η συμπύκνωση όμως της υγρασίας επάνω του, περιορίζει τις απώλειες με ακτινοβολία.

- Έχει μικρή διάρκεια ζωής, που αποτελεί και το κυριότερο μειονέκτημά του, γιατί η έντονη ακτινοβολία και η υψηλή θερμοκρασία το καταστρέφουν.

Η σχετικά χαμηλή τιμή του υλικού και η ευκολία προσαρμογής του σε φθηνές κατασκευές, επιτρέπει τη δημιουργία θερμοκηπίων χαμηλού κόστους και εποχιακής χρησιμοποίησης. Διατίθεται και φύλλο πολυαιθυλενίου ενισχυμένο με ίνες πολυαμιδίου ή άλλες συνθετικές ίνες, όμως είναι μεγάλου κόστους και δεν χρησιμοποιείται παρά μόνο ελάχιστα για κάλυψη θερμοκηπίου.

Ο χρόνος που απαιτείται για να καλυφθεί ένα θερμοκήπιο διαστάσεων 10×30m με μεγάλου πλάτους φύλλο πολυαιθυλενίου είναι περίπου 8 ώρες εργασίας. Αυτή η εργασία είναι πολύ δύσκολη και γι' αυτό έχει μεγαλύτερο κόστος από μια συνηθισμένη εργασία.

Επειδή το πολυαιθυλένιο παρουσιάζει μια συστολή - διαστολή με τη μεταβολή της θερμοκρασίας (για μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ -10°C και +40°C μεταβάλλεται κατά 3-4% το μήκος του), πρέπει η τοποθέτηση του φύλλου να γίνεται σε μια μέση θερμοκρασία 25°C, ώστε να μην προξενούνται σχισίματα στα σημεία στήριξης.

Για τη μείωση της περατότητας του PE στην μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία δημιουργήθηκαν ειδικά προϊόντα πολυαιθυλενίου όπως τα: Ethylene Vinyl Acetate (EVA), του οποίου η περατότητα σε μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολίας εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε vinyl acetate (κυμαίνεται μεταξύ 4 - 13%) και θερμόφυλλο (PE-IR) που είναι φύλλο πολυαιθυλενίου με προσμίξεις διαφόρων αλάτων ή άλλων ενώσεων. Το θερμόφυλλο, σε μερικές περιπτώσεις, ιδιαίτερα ο παλαιότερος τύπος, παρουσίαζε κάπως περιορισμένη περατότητα και στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, καθώς και κάπως μικρότερη μηχανική αντοχή. Παράλληλα γίνονται προσπάθειες και για την κατασκευή φύλλου PE με εσωτερική επιφάνεια υδρόφιλη, ώστε να μην συμπυκνώνονται υδρατμοί υπό μορφή σταγόνας, αλλά υπό μορφή μεμβράνης και το νερό να ρέει προς την

περιφέρεια χωρίς να πέφτει πάνω στα φυτά. Εν μέρει αυτό έχει επιτευχθεί, αλλά υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης ακόμα.

Το φύλλο πολυαιθυλενίου σήμερα διαμορφώνεται με τη μέθοδο της συνεξώθησης (coextructed), δηλαδή το πλαστικό φύλλο αποτελείται από δύο ή τρία επίπεδα ενωμένα, με δυνατότητα να έχει διαφορετικό μίγμα πολυαιθυλενίου το κάθε ένα. Έτσι το κάθε επίπεδο μπορεί να έχει διαφορετικές ιδιότητες ώστε το συνολικό αποτέλεσμα να είναι αθροιστικό ή το αποτέλεσμα του συνδυασμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4

Φυσικές ιδιότητες των πλαστικών φύλλων PE και PVC πριν και δύο μήνες μετά τη χρήση

Φυσικές ιδιότητες στους 25°C	Πριν τη χρήση		Μετά τη χρήση	
	PE	PVC	PE	PVC
50% παραμόρφωση (kg/cm ²)	86 - 90	62 - 73	91 - 95	64 - 75
100% " "	86 - 96	97 - 116	92 - 101	93 - 119
Πίεση εντατότητας (kg/cm ²)	155 - 164	145 - 234	138 - 158	186 - 232
Επιμήκυνση στη θραύση (%)	493 - 550	250 - 290	446 - 518	238 - 290
Δύναμη σχισίματος (g)	312 - 615	810 - 877	275 - 554	717 - 883
Φορτίο πρόσκρουσης(kg/cm)	7,0	14,5	6,6	14,4

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5

Περατότητα στο φως θερμοκηπίων με τον ίδιο σκελετικό ιστό, που είναι καλυμμένος με υαλοπίνακες ή πολυαιθυλένιο (Langhous R. 1985)

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	Περατότητα, επί τοις εκατό του εξωτερικού φωτισμού
Υαλόφρακτο, καθαρό	78%
Με UV πολυαιθυλένιο, νέο	71%
Με UV πολυαιθυλένιο, 1 έτους	69%

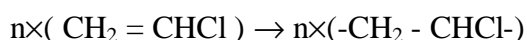
Το PE μετά 3 χρόνια χρήσης παρουσιάζει μείωση στην περατότητα του φωτός κατά 5 - 10%.

Όταν τοποθετείται διπλό φύλλο PE στο θερμοκήπιο, με απόσταση μεταξύ των φύλλων 100mm, η περατότητα των δύο φύλλων είναι 62% στη διάχυτη ακτινοβολία και 77% στην άμεση. Η περατότητα συνολικά του θερμοκηπίου λαμβανομένου υπόψη και του σκελετού, είναι οπωσδήποτε μικρότερη από αυτές τις τιμές. Όταν τα δύο φύλλα συγκρατούνται σε απόσταση μεταξύ τους με φούσκωμα, τότε ο αέρας που αντλείται θα πρέπει να προέρχεται από το

εξωτερικό περιβάλλον, ώστε να μην υπάρχει μεγάλη συμπύκνωση υδρατμών στο εσωτερικό των δύο φύλλων.

Πολυβινυλοχλωρίδιο

Το πολυβινυλοχλωρίδιο, γνωστότερο με τα αρχικά P.V.C., παράγεται από το πολυβινυλοχλωρίδιο μετά από πολυμερισμό:



Σε θερμοκρασίες άνω των 50°C αλλοιώνεται, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες, γύρω στους -10°C, το P.V.C. γίνεται εύθραυστο, στο προοριζόμενο όμως για γεωργικούς σκοπούς P.V.C. προστίθενται ουσίες, οι οποίες διευρύνουν τη ζώνη σταθερότητας του P.V.C. από +60°C ως -20°C. Στο P.V.C. που χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων μπαίνουν επίσης πρόσθετα που του προσδίδουν μεγαλύτερη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Το φύλλο P.V.C. έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Είναι αδιαπέρατο στο νερό και κατά κάποιο τρόπο περισσότερο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο, ενώ παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στο O₂ και το CO₂.
- Η θερμοαγωγιμότητά του είναι μικρότερη του πολυαιθυλενίου, $\lambda=0,17\text{Watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, με άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη θερμομόνωση του θερμοκηπίου.
- Είναι λιγότερο περατό στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία από το πολυαιθυλένιο. Η περατότητά του είναι περίπου 12%.
- Διαρκεί περισσότερο από το πολυαιθυλένιο. Δίδεται εγγύηση 4 και 5 χρόνων για επιφάνειες πάχους 0,2mm και 0,3mm αντίστοιχα, όταν έχουν σύνθεση ανθεκτική στις υπεριώδεις ακτινοβολίες.
- Το κόστος του είναι περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερο από του πολυαιθυλενίου πάχους 0,15mm.
- Παράγεται σε φύλλα πλάτους 1,25m ως 2,5m και πολύ μεγάλο μήκος. Το μικρό πλάτος αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα γιατί απαιτεί περισσότερη εργασία στην τοποθέτηση και γιατί το θερμοκήπιο παρουσιάζει μικρότερη

στεγανότητα. Το πλάτος μπορεί να αυξηθεί με κόλλημα, αλλά επιβαρύνεται με επιπλέον κόστος.

- Κρατά ηλεκτροστατικά φορτία με αποτέλεσμα να έλκει και να συγκρατεί τη σκόνη. Αυτό με την πάροδο του χρόνου μειώνει σημαντικά την περατότητα στο φως. Για να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα απαιτείται συχνό πλύσιμο ή ψεκασμός με αντιστατικό υγρό.
- Όταν είναι καινούριο έχει πολύ καλή περατότητα στο φως, περίπου 90%.
- Όταν ενισχυθεί με πλαστικές ίνες πολυαμιδίου, αποκτά μεγαλύτερη αντοχή. Η προσθήκη των ινών προσδίδει επίσης μεγαλύτερη μονωτική ικανότητα, αλλά το καθιστά ακριβότερο και αφαιρεί από την περατότητα στο φως.
- Τα οπτικά χαρακτηριστικά του P.V.C. παρουσιάζονται στον πίνακα 3.6. Οι φυσικές ιδιότητες παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.

Πολυεστερικά φύλλα

Οι πολυεστέρες είναι προϊόντα πολυμερισμού της αιθυλικής αλκοόλης, της προπυλικής γλυκόζης και των μαλεϊκού και φουμαρικού οξέος.

Τα πολυεστερικά φύλλα όπως αυτά με το εμπορικό όνομα mylar και melynex, έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής. Για οροφή χρησιμοποιείται φύλλο πάχους 0,127mm που έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 4 χρόνια, ενώ για τα κάθετα τοιχώματα, φύλλά 0,076mm με διάρκεια ζωής 7 χρόνια. Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι επίσης η περατότητά του στο φως, που πλησιάζει εκείνη του γυαλιού, καθώς και η έλλειψη στατικού ηλεκτρισμού, που έχει αποτέλεσμα να μην συγκρατεί μεγάλη ποσότητα σκόνης στην επιφάνειά του όπως το P.V.C.

Άλλες ιδιότητες των πολυεστερικών φύλλων είναι:

- Διατηρεί τη μεγάλη μηχανική αντοχή του στο χρόνο και τις πολύ καλές θερμικές ιδιότητές του, χωρίς να επηρεάζονται από την υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία.
- Έχει σχετικά χαμηλό συντελεστή συστολής - διαστολής.
- Το λεπτό φύλλο πολυεστέρα καινούριο έχει περατότητα στο φως περίπου 91%.

- Ο πολυεστέρας πάχους 0,05mm έχει περατότητα στη μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία 19%.

Σημαντικό μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί το ότι παράγεται σε μικρό πλάτος και έχει υψηλό κόστος. Παλαιότερα, το υψηλό κόστος των πολυεστερικών φύλλων αντισταθμιζόταν από τη μεγάλη διάρκεια της ζωής τους, όμως σήμερα η πολύ υψηλή τιμή τους καθιστά σχεδόν ασύμφορη τη χρησιμοποίησή του στο θερμοκήπιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6

Μέση περατότητα στο άμεσο φως (μ.κ. 0,4 - 0,7 μ) και μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολίας (μ.κ. 5 - 14μ), διαφόρων συνθετικών υλικών, στην κάθετη προς την επιφάνειά τους ακτινοβολία .

Υλικό	Πάχος	Περατότητα στο φως	Περατότητα στη μεγάλο μ.κ. ακτινοβολία
P.E.	0,075		76
P.E.	0,100		72
PE,No-Drop	0,150		64
PE	0,200	92-93	55
PE,UV-stabilized	0,200	89-92	56
PE,5% IR	0,050	89-92	64
PE,10% IR	0,050		53
PE,IR	0,200	86-92	33
EVA	0,050	93-94	57
EVA,13% VA	0,100		42
EVA,8% VA	0,100		53
EVA, 4% VA	0,120		51
EVA	0,180	91	22
PVC διαφανές	0,075		30
PVC διαφανές	0,100		25
PVC ground	0,100		21
PVC διαφανές	0,200	87-91	17
Tedlar PVF	0,030		55
Tedlar PVF	0,050		45
Tedlar PVF	0,200	93-94	33
Polyester(Melinex)	0,050		19
Polyester	0,125	89-90	5
Teflon FEP	0,050	96	57
Hostaflon(ETFE)	0,100		22

Επιφάνειες σκληρού πλαστικού

Ενισχυμένος πολυεστέρας

Προέρχονται από πολυεστέρα στον οποίο έχουν προστεθεί 20-34% ίνες γυαλιού με αποτέλεσμα αυξημένη τη μηχανική αντοχή και καλύτερη διάχυση του φωτός στο θερμοκήπιο. Στο εμπόριο τα προϊόντα αυτά είναι περισσότερο γνωστά με το όνομα " fibreglass ". Η προσθήκη 15% ακρυλικού στον πολυεστέρα δίδει επιφάνειες μεγαλύτερης αντοχής. Είναι επίσης δυνατή η προσθήκη ινών πολυαμιδίου (nylon), αντί ινών ύαλου.

Το ειδικό βάρος του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι 1,3-1,6 g/cm³.

Για μεγαλύτερη αντοχή και αποφυγή κυρτώσεων, στην κάλυψη της οροφής του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται αυλακωτές επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα, στα πλευρικά όμως τοιχώματα του θερμοκηπίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίπεδες επιφάνειες.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν επιφάνειες πλάτους 1,25m και μήκους μέχρι 8m, αρκετά εύκαμπτες, ώστε να προσαρμόζονται εύκολα σε κάθε σχήμα και σκελετό θερμοκηπίου.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στις χαλαζοπτώσεις και στις περιπτώσεις βανδαλισμών. Σημαντικό μειονέκτημα του είναι η διάβρωση που παθαίνει με το χρόνο στην εξωτερική του επιφάνεια, από σωματίδια άμμου που πέφτουν επάνω του και τη χημική μόλυνση. Συνέπεια της διάβρωσης είναι η καταστροφή της λείας του εξωτερικής επιφάνειας, με αποτέλεσμα να μαζεύει σκόνη, μειώνοντας έτσι την περατότητά του στο φως. Για να αποφευχθεί το πρόβλημα αυτό γίνεται συντήρηση με ακρυλική βαφή κάθε δεύτερο χρόνο.

Ένας βελτιωμένος τύπος ενισχυμένου πολυεστέρα είναι αυτός που έχει καλυμμένη την εξωτερική του επιφάνεια με λεπτό φύλλο << tedlar >>. Το << tedlar >> είναι υλικό με βάση το πολυβινυλοφθορίδιο και είναι δοκιμασμένο επί 20ετία σαν υλικό μεγάλης αντοχής, διάρκειας και χημικής αδράνειας, με σημαντικό μειονέκτημά του το υψηλό κόστος. Συχνά σε κακής ποιότητας προϊόντα, το << tedlar >> ξεκολλάει από την πλάκα του πολυεστέρα και δημιουργεί μεγαλύτερο πρόβλημα. Αντί << tedlar >> χρησιμοποιούνται τελευταία και διάφορα άλλα υλικά προστασίας υπό μορφή ζελατίνης.

Όταν ο ενισχυμένος πολυεστέρας περιέχει προστατευτικό για τις υπεριώδεις ακτίνες, μπορεί να διαρκέσει μέχρι 10 χρόνια με μια λογική μείωση της περατότητας του σε φως και μέχρι και 25 χρόνια σε μηχανική αντοχή. Κυκλοφορεί στο εμπόριο σε διάφορα χρώματα. Ο διαφανής έχει τη μεγαλύτερη περατότητα σε όλο το φάσμα του ορατού φωτός, ενώ ο χρωματιστός έχει σημαντικά μειωμένη. Για την κάλυψη των θερμοκηπίων χρησιμοποιείται ο διαφανής πολυεστέρας. Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Για καλή στεγανότητα του θερμοκηπίου κατά την τοποθέτηση των ενισχυμένων πολυεστερικών επιφανειών, πρέπει να τοποθετείται ειδική πλαστική λωρίδα στα σημεία που αλληλοκαλύπτονται, καθώς και στις γωνίες. Η στερέωση των επιφανειών στο σκελετό γίνεται με αλουμινοβίδες που έχουν μεγάλης διαμέτρου κεφαλή.

Η επιφάνεια του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι όπως και του πολυαιθυλενίου υδρόφοβη και συγκεντρώνει μεγάλες σταγόνες νερού που δεν κυλούν εύκολα στις πλευρές και από εκεί στο έδαφος, αλλά τινάζονται στα φυτά, ιδιαίτερα με τη δόνηση που προκαλείται από τον άνεμο. Ένας τρόπος για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα είναι να ψεκαστεί η επιφάνεια με απορρυπαντικό ή με ειδικής σύνθεσης υγρά.

Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC)

Είναι διαθέσιμες στην αγορά με τα ονόματα Thermoclear, Molanex, Qualex, Lexan, Polygal, Makrolon, Akyver και Casalith. Κυκλοφορούν στο εμπόριο υπό μορφή απλών αυλακωτών επιφανειών και υπό μορφή απλών τοιχωμάτων.

Τα διπλά τοιχώματα χρησιμοποιούνται στην κάλυψη θερμοκηπίων με σκοπό τη μείωση των απωλειών θερμότητας. Οι επιφάνειες αυτές αποτελούνται από δύο επίπεδα που συγκρατούνται από εγκάρσιες λωρίδες. Το κόστος ανά μονάδα επιφάνειας είναι αρκετά υψηλό, αλλά προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στο θερμοκήπιο. Η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει είναι ανάλογη του πάχους της επιφάνειας. Στην αγορά κυκλοφορεί σε πάχος από 4 - 15mm, πλάτος 1,20m και μήκος από 2 - 4m ή περισσότερο με ειδική παραγγελία. Το βάρος επιφάνειας πάχους 4mm είναι περίπου 0,98 kg/m² και

16mm 3,92kg/m². Όταν το υλικό αυτό είναι καινούριο, έχει περατότητα 73 - 77%.

Κατά τη στερέωση θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ο μεγάλος συντελεστής συστολής - διαστολής του υλικού.

Μειονέκτημά τους είναι η μείωση της περατότητας τους στο φως με την πάροδο του χρόνου. Σύνηθες φαινόμενο επίσης είναι μεταξύ των δύο επιφανειών να συμπυκνώνεται υγρασία και να μειώνεται ακόμα περισσότερο η περατότητα στο φως. Για να αποφευχθεί αυτό πρέπει να γίνεται καλό κλείσιμο περιμετρικά, ώστε να μην επικοινωνεί το εσωτερικό των δύο επιφανειών με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Ακρυλικές επιφάνειες

Προέρχονται από το polymethyl metacrylate (PMMA) και βρίσκονται στο εμπόριο με το όνομα Plexiglas, Perspex, Vedril και Mouch. Έχουν ένα πάρα πολύ καλό συντελεστή περατότητας στο φως. Πειράματα έχουν δείξει ότι σε 15 χρόνια η πτώση της περατότητας τους στο φως είναι μόνο 2%, σε αντίθεση με άλλα συνθετικά υλικά που είναι πάρα πολύ μεγαλύτερη.

Φέρεται στο εμπόριο με σκληρές επίπεδες ή κυματοειδείς πλάκες πάχους 2-4mm καθώς και σε επιφάνειες διπλών τοιχωμάτων. Είναι υλικό διαφανές, άχρωμο ή με ποικίλους χρωματισμούς.

- Έχει ειδικό βάρος 1,18 g/cm³.
- Παρουσιάζει υψηλή μηχανική αντοχή, πολύ μεγαλύτερη του γυαλιού.
- Δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών -70 και +80°C.
- Έχει μικρό συντελεστή θερμοχωρητικότητας, $\lambda=0,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.
- Δεν προσβάλλεται από τα διαλύματα των οξέων και αρκετά συμπυκνωμένων βάσεων καθώς και από φυτικά και ορυκτά λάδια.
- Προσβάλλεται από πυκνά οξέα, από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, από αλδεϋδες, κετόνες και λοιπούς οργανικούς διαλύτες.

Η ακρυλική επιφάνεια παρουσιάζει κάποια ευκαμψία ώστε να μπορεί να καμφθεί ελαφρά κατά την τοποθέτηση, απαιτεί όμως ειδικό τρόπο για να

στερεωθεί στον σκελετό, διότι έχει υψηλό συντελεστή συστολής - διαστολής. Η στερέωση γίνεται μέσω ειδικής μαστίχης, ή λαστιχοφλάντζας, η οποία επιτρέπει σχετική κίνηση.

Η συμπίκνωση των υδρατμών στην επιφάνειά του γίνεται υπό μορφή σταγόνων οι οποίες μειώνουν την περατότητα στο φως κατά την διάρκεια της ημέρας. Πρόσφατα όμως κυκλοφόρησαν στο εμπόριο επιφάνειες, εσωτερικά καλυμμένες με μεμβράνη υδρόφιλη, η οποία επιτρέπει την ροή του συμπυκνώματος στην περιφέρεια. Το βάρος επιφάνειας διπλού τοιχώματος πάχους 16mm είναι 4,91 kg/m².

Σκληρό Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν επιφάνειες από σκληρό διαφανές P.V.C. σαν φθινό υλικό για την κάλυψη των θερμοκηπίων, επειδή είχε χαμηλό κόστος (40% - 60% του fibreglass). Αργότερα δεν χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση, γιατί στην πράξη φάνηκε ότι ήταν πολύ μικρός ο χρόνος κατά τον οποίο διατηρούσε ικανοποιητικά τις ιδιότητές ως προς την περατότητα και αντοχή, μερικές φορές μόνο 2 χρόνια. Κάτι τέτοιο θεωρείται ασύμφορο, αν σκεφθεί κανείς ότι στοιχίζει 5 φορές περισσότερο από το φύλλο πολυαιθυλενίου και ότι η τοποθέτηση του είναι πιο δύσκολη.

Το σκληρό P.V.C. αποδομείται σχετικά γρήγορα από την υπεριώδη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα, αρχικά να σκουραίνει και να μειώνεται η περατότητα του φωτός, ενώ αργότερα να γίνεται πιο εύθραυστο. Στα σημεία που έρχεται σ' επαφή με τα σκελετό του θερμοκηπίου υποβαθμίζεται γρηγορότερα και η μηχανική αντοχή του.

Η περατότητα του P.V.C. στο φως εξαρτάται πολύ από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την σύνθεσή του και από τα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του, γι' αυτό η ποιότητα ποικίλλει πολύ μεταξύ των διαφόρων προϊόντων που διατίθενται στο εμπόριο. Μερικά από αυτά καλύπτονται με 5ετή ή και μεγαλύτερης διάρκειας εγγύηση ικανοποιητικών ιδιοτήτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7

Φωτεινή περατότητα και θερμομόνωση σκληρών πλαστικών διπλής επιφάνειας

Υλικό	Πάχος mm	Περατότητα στο άμεσο φως Στην αρχή	Περατότητα στο διάχυτο φως Μετά 10 χρόνια		Τιμή K $W/m^2 \cdot ^\circ C$
PPMA	16	84%	83%	75%	2,7
PMMA	32	78%	77%	65%	1,9
PC (Qualex)	4 – 10	74 – 77%	63-72%	65-68%	3,0 – 2,5
PVC	30	70%	64%	55%	2,5

Υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως

Τα υλικά αυτά προέρχονται από τα συνήθη πλαστικά φύλλα, με τη διαφορά ότι με διάφορα πρόσθετα γίνεται αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους, π.χ. μειώνεται η περατότητα σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και ενισχύεται η περατότητα σ' ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών, είναι δυνατή η προσαρμογή του θερμοκηπίου ώστε να εισέρχεται περισσότερη ακτινοβολία ενός καθορισμένου μήκους κύματος για την επίτευξη διαφόρων στόχων.

Τα υλικά αυτά από πειραματισμούς βρέθηκε ότι επιδρούν ποικιλοτρόπως στο περιβάλλον του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη των φυτών, χωρίς όμως σημαντικά πρακτικά αποτελέσματα. Η χρήση τους προϋποθέτει σαφή γνώση των φυσιολογικών απαιτήσεων και αντιδράσεων των φυτών στα διάφορα μήκη κύματος φωτός.

Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου, παρατηρήθηκε η απουσία ορισμένων εντόμων από το χώρο του θερμοκηπίου, η μείωση όμως του φωτοσυνθετικά ενεργού φωτός ήταν σημαντική.

Οικονομική θεώρηση των υλικών κάλυψης

Οι σπουδαιότεροι οικονομικοί παράγοντες τους οποίους λαμβάνουμε υπόψη προκειμένου να επιλέξουμε ένα υλικό κάλυψης θερμοκηπίου είναι:

- Το αρχικό κόστος αγοράς.
- Η διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του.
- Η απαιτούμενη συντήρηση και επισκευή.

Η διάρκεια ζωής δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιοριστεί, διότι εξαρτάται από τις συνθήκες χρήσης των υλικών, αλλά και από την ποιότητα του υλικού, η οποία στις δικές μας συνθήκες δεν είναι πάντα γνωστή από την αρχή.

Στην περίπτωση των υλικών μεγάλης διάρκειας ζωής, θα πρέπει να υπολογίσουμε και το ετήσιο κόστος συντήρησης. Έτσι, για τους υαλοπίνακες το κόστος αυτό αναφέρεται στην αντικατάσταση των σπασμένων υαλοπινάκων και τον καθαρισμό τους για την απομάκρυνση των ακαθαρσιών.

Στην περίπτωση των πολυεστέρων το κόστος αυτό περιλαμβάνει την επιθεώρηση και αντικατάσταση ορισμένων βιδών ή καρφιών στερεώσεως. Το πλύσιμο και βούρτσισμα για τον καθαρισμό των επιφανειών και την ανανέωση της επιφάνειας των πολυεστέρων (εκτός αυτών που έχουν «tedlar») με ένα ακρυλικό προϊόν περίπου μια φορά ανά 2ετία ή 3ετία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Σχεδιασμός της κατασκευής

Κατά το σχεδιασμό του θερμοκηπίου θα πρέπει να λαμβάνει κανείς υπόψη του την απαίτηση για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη φωτεινότητα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τη μείωση των απωλειών θερμότητας την ίδια περίοδο και τη δυνατότητα καλού εξαερισμού κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Επίσης ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αντοχή και τη στερεότητα της κατασκευής.

Οι κατασκευές που προορίζονται να καλυφθούν με πλαστικό φύλλο, θα πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν ελαφρές, για να είναι φθηνές χωρίς όμως αυτό να αποβαίνει εις βάρος της αντοχής τους στον άνεμο, στο χιόνι ή τη διάρκεια ζωής τους.

Σε όλα τα θερμοκήπια οι ακραίες κατασκευαστικές μονάδες θα πρέπει να έχουν διαγώνια υποστηρίγματα. Η διαστολή λαμβάνεται υπόψη σε θερμοκήπια με μήκος μεγαλύτερο από 120m (NEN,1978). Οι πόρτες, τα στηρίγματα σκελετού και οι αγκυρώσεις τους θα πρέπει να σχεδιαστούν για να αντέχουν σε μια εξωτερική πίεση $0,5 \text{ KN/m}^2$. Οι παραστάσεις της πόρτας θα πρέπει να συνδέονται στέρεα με το σκελετό και να έχουν κανονική θεμελίωση. Στα απλά τοξωτά θερμοκήπια, θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μια συνεχής κατά μήκος σύνδεση των τόξων στην οροφή.

Στο γυάλινο θερμοκήπιο το επιτρεπτό λόγισμα των τεγίδων στην κατάσταση χρήσης (NEN,1970), ανέρχεται σε 0,01 της απόστασης μεταξύ των στηριγμάτων. Επίσης η μέγιστη επιτρεπόμενη οριζόντια μετατόπιση είναι $hc/125$, max: 80mm. Για τα άκαμπτα υλικά η μέγιστη παραμόρφωση των στοιχείων του σκελετού περιορίζεται στο $1/150$ του μήκους του στοιχείου.

Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για το σχεδιασμό ή την επιλογή ενός θερμοκηπίου

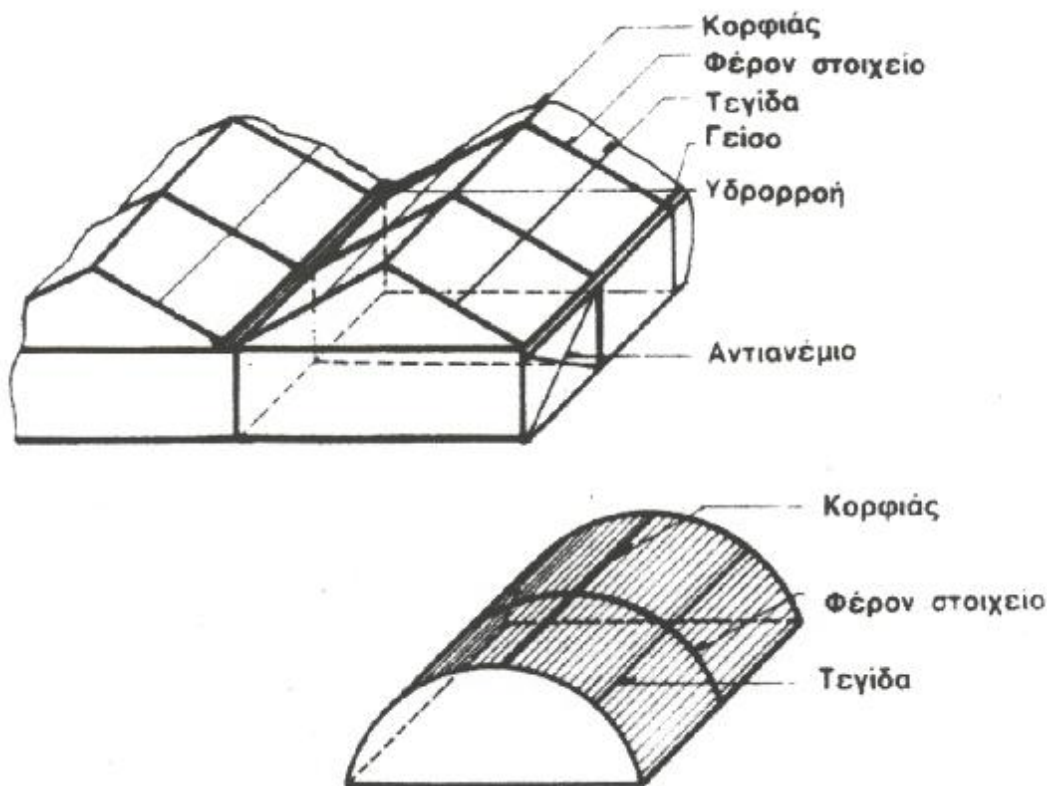
1. Παράγοντες του περιβάλλοντος οι οποίοι επηρεάζουν απ' ευθείας την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, όπως το φως, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO₂ και λοιπά αέρια, η κίνηση του αέρα, η υγιεινή των φυτών κλπ.
2. Παράγοντες συνδεδεμένοι με τις καλλιεργητικές φροντίδες, όπως:
 - Χειρωνακτικές εργασίες
 - Μηχανοποιημένες εργασίες
 - Ασφάλεια και αποτελεσματικότητα της εργασίας
3. Παράγοντες που συνδέονται με τη κατασκευή:
 - Τα τεχνικά χαρακτηριστικά κατασκευής (υλικά και τοποθέτηση)
 - Απαιτούμενος εξοπλισμός
 - Διάρκεια ζωής
 - Κόστος κατασκευής
 - Συντήρηση

Ορολογία θερμοκηπίων

Το θερμοκήπιο είναι κατασκευή που έχει πολλές ιδιαιτερότητες, σε σχέση με τις άλλες κοινές κατασκευές και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε ειδική ορολογία.

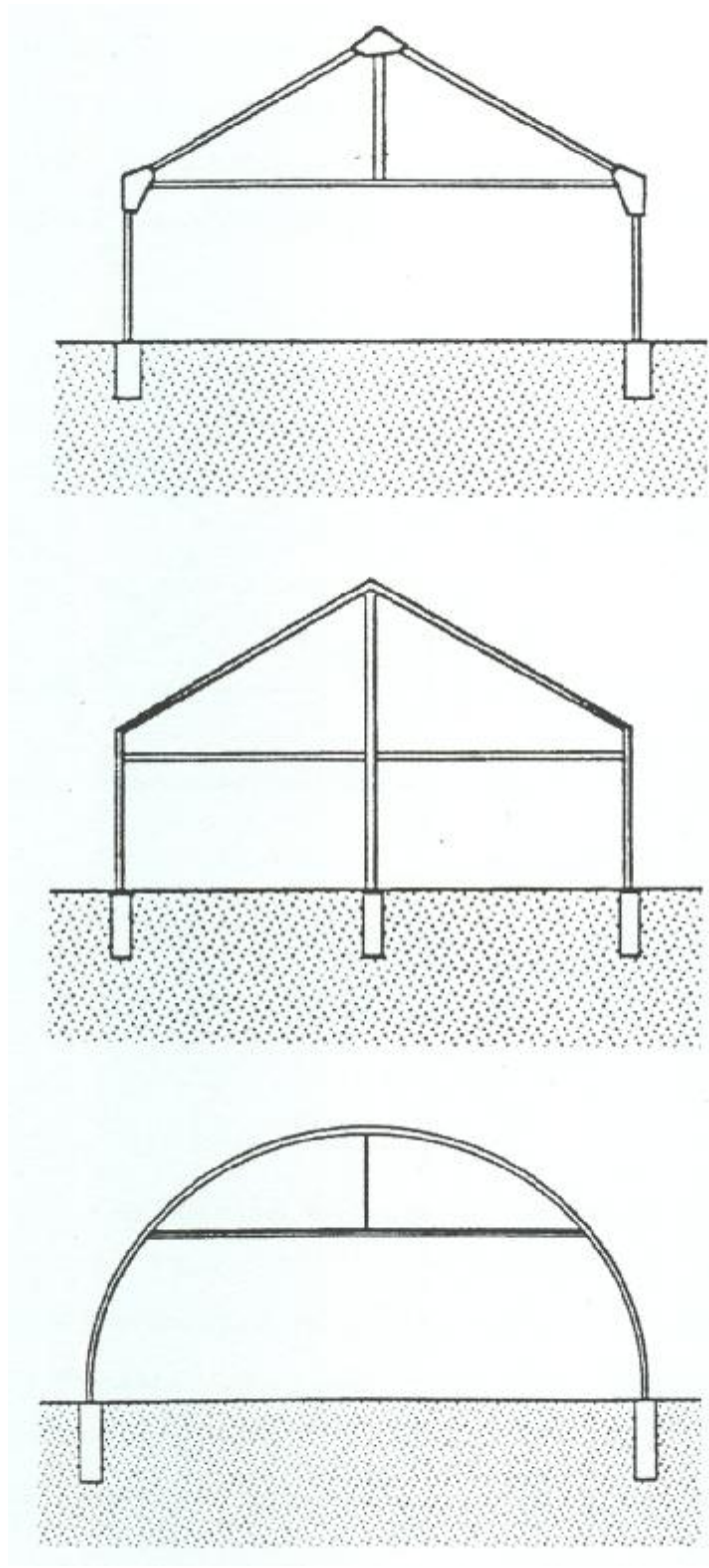
Μέρος της ορολογίας αυτής δίνεται παρακάτω:

- **Κάλυμμα θερμοκηπίου η υλικό κάλυψης.** Είναι το διαφανές υλικό μέσω του οποίου διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στο θερμοκήπιο.
- **Σκελετός θερμοκηπίου.** Είναι όλα τα κατασκευαστικά στοιχεία του σκελετού του θερμοκηπίου πάνω στα οποία τοποθετείται το κάλυμμα (βλ. εικ. 4.1).

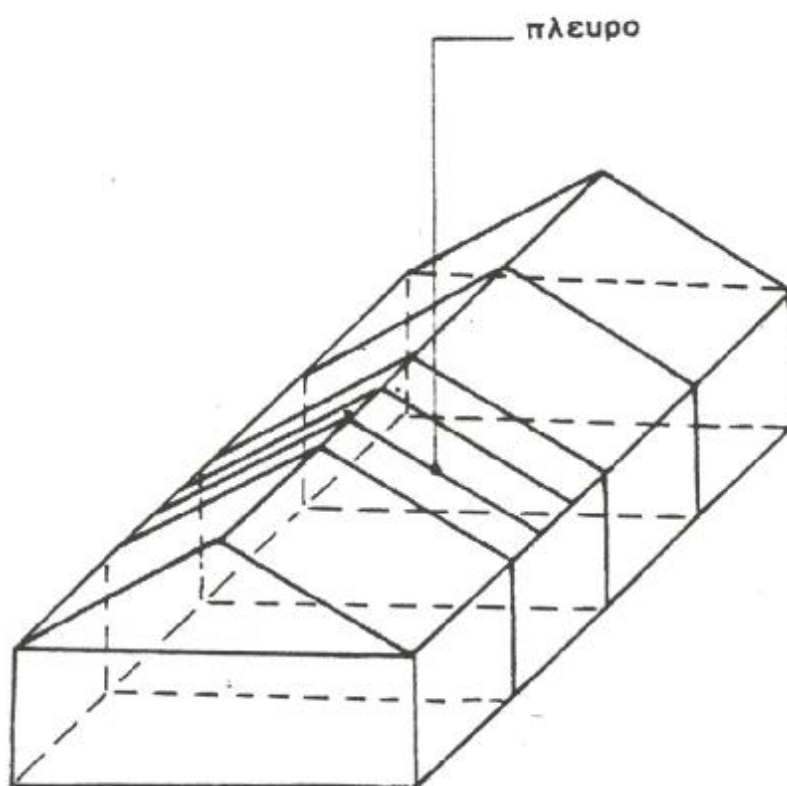
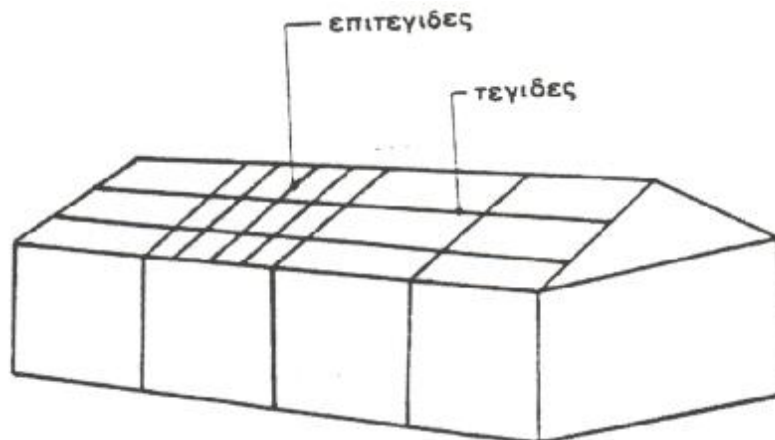


Εικ. 4.1. Σκελετός θερμοκηπίου.

- **Φέρων σκελετός θερμοκηπίου.** Είναι τα κατασκευαστικά στοιχεία του θερμοκηπίου, τα οποία μεταφέρουν τα φορτία στα θεμέλια. Οι πιο συνηθισμένες μορφές του φέροντος σκελετού είναι αυτές που φαίνονται στη επόμενη εικόνα. Δηλαδή, τα φέροντα στοιχεία είναι δυνατόν να είναι πλαίσια, τόξα, να αποτελούνται από ζευκτό και υποστύλωμα ή να έχουν οποιαδήποτε άλλη μορφή. Το επίπεδο πάνω στο οποίο βρίσκεται κάθε φέρον στοιχείο είναι κατακόρυφο και ονομάζεται επίπεδο φέροντος στοιχείου.
- **Τεγίδες ή ψαλίδια.** Είναι στοιχεία του σκελετού της οροφής, τα οποία τοποθετούνται κάθετα πάνω στα ζευκτά κατά μήκος του θερμοκηπίου (βλ. εικ. 4.3).
- **Επιτεγίδες.** Είναι στοιχεία του σκελετού της οροφής, που τοποθετούνται πάνω στις τεγίδες. Οι επιτεγίδες ειδικής διατομής τοποθετούνται στα υαλόφρακτα θερμοκήπια για να φέρουν τους υαλοπίνακες, ή στα πλαστικής κάλυψης για τη στερέωση του πλαστικού (βλ. εικ. 4.3).



Εικ. 4.2. Μορφή φερόντων στοιχείων



Εικ. 4.3. Στοιχεία θερμοκηπίου.

- **Υδρορροή.** Συνδέει δύο κεκλιμένες επιφάνειές της οροφής στη χαμηλότερη πλευρά τους και χρησιμεύει για την απορροή των νερών της βροχής. Αποτελεί ταυτόχρονα και στοιχείο στερέωσης.
- **Κορφοιάς.** Είναι το στοιχείο εκείνο του σκελετού που είναι κάθετο στο επίπεδο των φερόντων στοιχείων, συνδέει τα φέροντα στοιχεία και έχει το μεγαλύτερο ύψος από την επιφάνεια του γύρω εδάφους, σε σχέση με όλα τα άλλα στοιχεία του σκελετού.

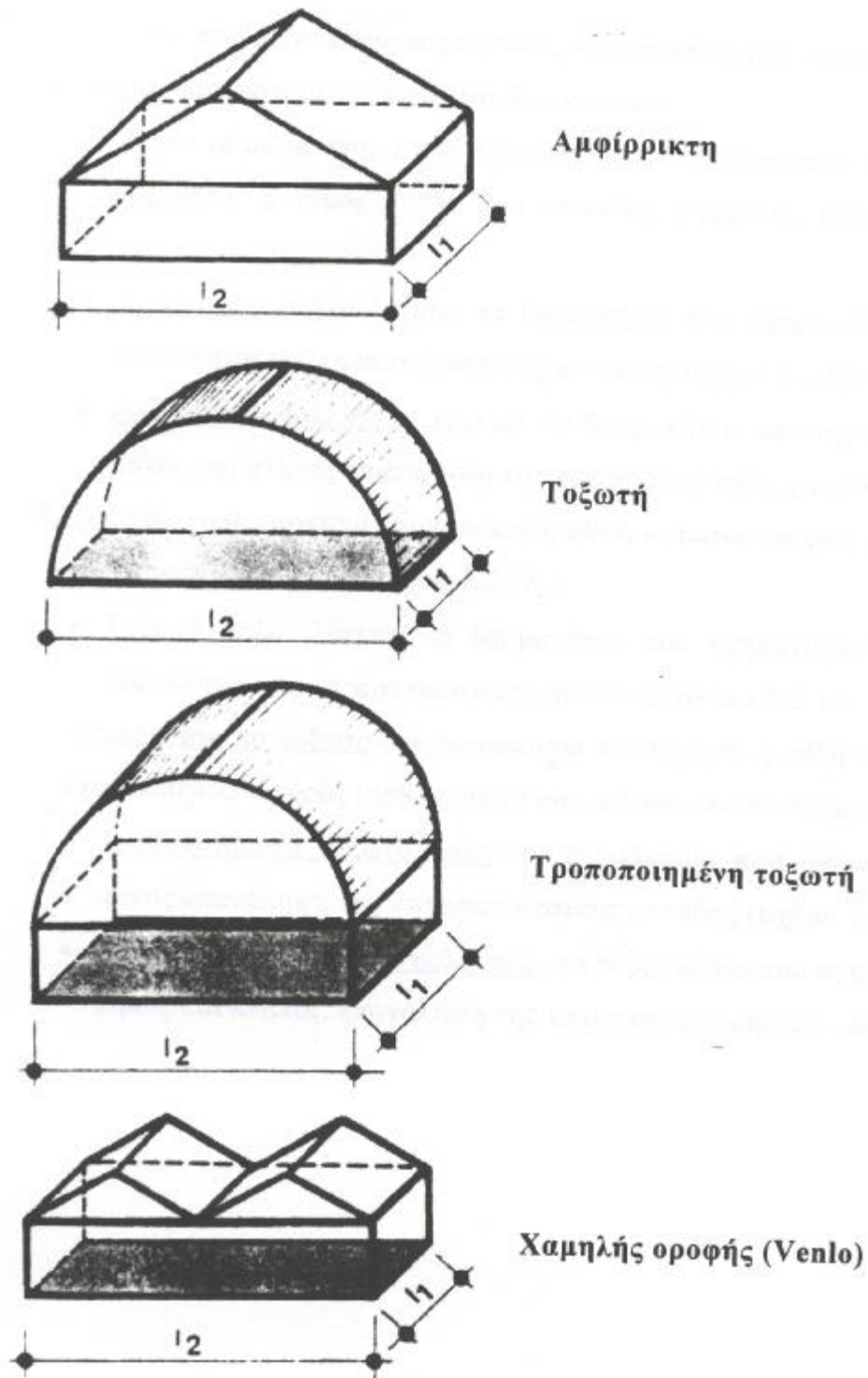
- **Υποστυλώματα ή κολώνες.** Είναι τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος σκελετού που μεταφέρουν άμεσα τα φορτία στο έδαφος.
- **Δοκάρια ή μηκίδες.** Είναι οριζόντια στοιχεία του σκελετού, τα οποία συνδέουν τις κολώνες στο επάνω μέρος.
- **Αντιανέμια.** Είναι διαγώνια υποστηρίγματα, τα οποία συγκρατούν τις κολώνες ή τα δοκάρια και την υδρορροή για ενίσχυση της αντίστασης στα φορτία που προκαλεί ο άνεμος.
- **Οροφή θερμοκηπίου.** Ο χαρακτηρισμός αυτός αναφέρεται στα αμφίρρικτα απλά ή πολλαπλά θερμοκήπια και στα τροποποιημένα τοξωτά απλά ή πολλαπλά. Είναι το σύνολο των εξωτερικών επιφανειών που είναι παράλληλες προς τον κορφιά και που περιέχουν συγχρόνως αυτόν.
- **Πλευρά ή χαμηλή πλευρά θερμοκηπίου.** Είναι κάθε εξωτερική επιφάνειά του που είναι παράλληλη προς τον κορφιά και δεν περιέχει αυτόν. Στα απλά ή πολλαπλά τοξωτά θερμοκήπια η οροφή και η πλευρά συμπίπτουν.
- **Όψη θερμοκηπίου.** Είναι κάθε εξωτερική επιφάνεια του που είναι κάθετη στην διεύθυνση του κορφιά.
- **Συνολική εξωτερική επιφάνεια θερμοκηπίου.** Είναι το σύνολο εμβαδών των επιφανειών της οροφής, των πλευρών και των όψεων του θερμοκηπίου.
- **Επιφάνεια καλυμμένου εδάφους.** Είναι η επιφάνεια του εδάφους που καλύπτει ένα θερμοκήπιο.
- **Γείσο.** Είναι η τομή κάθε πλευράς του θερμοκηπίου με την οροφή αυτού. Σε όλα τα θερμοκήπια οποιασδήποτε μορφής, έχουμε δύο γείσα.
- **Προσανατολισμός θερμοκηπίου.** Είναι η διεύθυνση της υδρορροής.

Τύποι θερμοκηπίων

Τα θερμοκήπια διαφέρουν μεταξύ τους από κατασκευαστικής πλευράς, στο σχήμα και τις διαστάσεις της βασικής κατασκευαστικής μονάδας τους, τα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού και κάλυψης καθώς και στο σύστημα εξαερισμού.

Βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβάνόμενο κατά μήκος και πλάτος

σχηματίζει το σύνολο. Τα στοιχεία της βασικής κατασκευαστικής μονάδας είναι το μήκος της l_1 και το πλάτος της l_2 . Παρακάτω δίνονται οι πιο συνηθισμένες μορφές βασικών κατασκευαστικών μονάδων.



Εικ. 4.4. Μορφές των πιο συνηθισμένων βασικών κατασκευαστικών μονάδων.

Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με το σχήμα της βασικής κατασκευαστικής μονάδας

Θερμοκήπια τόξωτά. Τα θερμοκήπια αυτά έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται επαναλαμβανόμενα ομοιόμορφα τόξα και γι' αυτό είναι εύκολα στην κατασκευή.
2. Έχουν ελαφρότερο σκελετό και επομένως είναι φθηνότερα.

Μειονεκτούν όμως στο ότι:

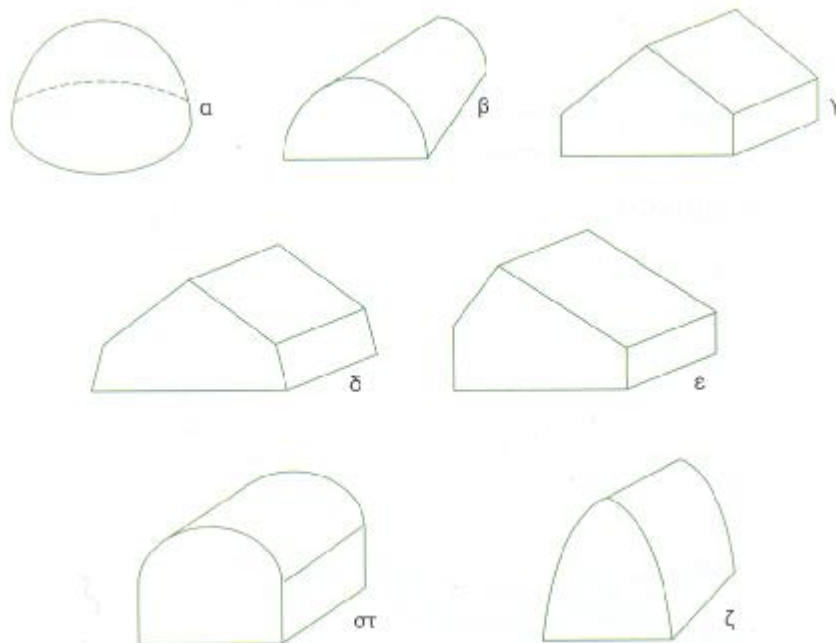
1. Δεν προσφέρουν ευκολίες στην κατασκευή και στους αυτοματισμούς του παθητικού εξαερισμού οροφής.
2. Στις δύο άκρες του τόξου δημιουργούνται δυσκολίες στην εργασία του ανθρώπου, λόγω χαμηλού ύψους.
3. Δεν είναι εύκολη η κατασκευή υαλόφρακτων θερμοκηπίων αυτού του σχήματος.

Θερμοκήπια αμφικλινή. Τα θερμοκήπια αυτά έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Τα διάφορα στοιχεία του σκελετού τους είναι σχετικά ομοιόμορφα και γι' αυτό τυποποιούνται εύκολα.
2. Είναι ευρύχωρα.
3. Προσφέρουν δυνατότητες για καλό παθητικό εξαερισμό οροφής και πλευρικό.
4. Διευκολύνεται περισσότερο ο αυτοματισμός στα συστήματα παθητικού εξαερισμού, διότι αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα και επίπεδες επιφάνειες.
5. Η επιφάνεια τους αποτελείται από επίπεδα και γι' αυτό προσφέρουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των υαλοπινάκων στην κάλυψη του θερμοκηπίου.

Τα διάφορα θερμοκήπια που υπάρχουν, έχουν τα προηγούμενα σχήματα ή έχουν μία από τις πολλές παραλλαγές αυτών των δύο βασικών σχημάτων. Έχουν δημιουργηθεί επίσης θερμοκήπια άλλων σχημάτων για να καλύψουν ειδικές ανάγκες, όπως π.χ. το ημισφαιρικό θερμοκήπιο που συναντάμε σε βοτανικούς κήπους ή ερευνητικά εργαστήρια, το θερμοκήπιο με βορινή στήριξη

σε τοίχο, το ετεροκλινές θερμοκήπιο και γοθτικού τύπου θερμοκήπιο. Επίσης υπάρχουν θερμοκήπια που κατασκευάζονται για πειραματικούς σκοπούς, καθώς και ερασιτεχνικά θερμοκήπια.



Εικ. 4.5. Διάφορα σχήματα θερμοκηπίων. α. Ημισφαιρικό β. Τοξωτό γ. Αμφικλινές δ. Τροποποιημένο αμφικλινές ε. Ετεροκλινές στ. Τροποποιημένο τοξωτό ζ. Γοθτικό

Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με τις διαστάσεις της βασικής κατασκευαστικής μονάδας

Θερμοκήπια χαμηλά. Η χαμηλή πλευρά έχει ύψος 1,80 - 2,60m. Τα θερμοκήπια αυτού του ύψους, λόγω του μικρού τους όγκου έχουν σχετικά μικρότερες απώλειες ενέργειας. Μειονεκτούν όμως στα ακόλουθα σημεία:

1. Οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό τους μεταβάλλονται απότομα από τη μεταβολή ημέρας - νύχτας, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυσμενείς συνθήκες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας.
2. Δυσκολεύονται μερικές καλλιεργητικές εργασίες λόγω του χαμηλού ύψους.

Θερμοκήπια υψηλά. Η χαμηλή πλευρά τους έχει ύψος 2,60m και άνω. Τα πλεονεκτήματά τους είναι:

1. Παρέχουν καλό παθητικό εξαιρεισμό.

2. Ικανοποιούν τις ανάγκες των περισσότερων καλλιεργειών από πλευράς χώρου.

3. Είναι φωτεινότερα.

Τα αμφικλινή υψηλά θερμοκήπια μπορούν επίσης να διακριθούν σε θερμοκήπια υψηλής και χαμηλής οροφής.

Στα υψηλής οροφής αμφικλινή θερμοκήπια η οροφή της κατασκευαστικής μονάδας δημιουργείται από δύο κεκλιμένες επιφάνειες, αποκτούν έτσι χώρο μεγάλου ογκου, ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται διεθνώς με το όνομα Wide Span. Στα χαμηλής οροφής αμφικλινή θερμοκήπια, η οροφή της κατασκευαστικής μονάδας δημιουργείται από δύο ζεύγη κεκλιμένων επιφανειών που δημιουργούν μικρότερο όγκο θερμοκηπίου, ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται διεθνώς με το όνομα Venlo.

Στη βόρεια Ευρώπη, τα χαμηλής οροφής θερμοκήπια είναι πιο διαδεδομένα για την καλλιέργεια λαχανικών, ενώ τα υψηλής οροφής για την καλλιέργεια καλλωπιστικών φυτών.

Τα χαμηλής οροφής συγκριτικά με τα υψηλής οροφής θερμοκήπια:

- Έχουν μειωμένες απώλειες θερμότητας λόγω μικρότερου όγκου
- Είναι φθηνότερα
- Η κίνηση όμως του αέρα μέσα σ' αυτά δυσχεραίνεται περισσότερο, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μεγάλης έκτασης θερμοκήπια και εντός αυτών καλλιεργούνται μεγάλου ύψους φυτά.

Θερμοκήπια με κατασκευαστική μονάδα μεγάλου πλάτους (πάνω από 5 μέτρα)

1. Διευκολύνουν την εκμηχάνιση των καλλιεργειών
2. Διευκολύνουν την κίνηση στο χώρο της καλλιέργειας
3. Είναι φωτεινά

Θερμοκήπια με κατασκευαστική μονάδα μικρού πλάτους (κάτω από 5 μέτρα)

Αυτά τα θερμοκήπια είναι σημαντικά φθηνότερα από τα μεγάλου πλάτους θερμοκήπια, αλλά μειονεκτούν διότι έχουν τα αντίθετα χαρακτηριστικά των θερμοκηπίων μεγάλου πλάτους.

Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού

Ξύλινα θερμοκήπια

Το ξύλο ως υλικό σκελετού θερμοκηπίων χρησιμοποιείται για κατασκευές με πλάτος κατασκευαστικής μονάδας μέχρι 6m. Τα θερμοκήπια αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα στην κατασκευή και συγκριτικά φθηνότερα.

Μειονεκτούν από τα μεταλλικά θερμοκήπια στα εξής σημεία:

1. Η διάρκεια ζωής τους είναι σημαντικά περιορισμένη
2. Δεν είναι εύκολη η κατασκευή παραθύρων οροφής και η αυτοματοποίηση γενικά στους παθητικούς εξαερισμούς
3. Συχνά τα ξύλα στρεβλώνουν, με αποτέλεσμα κακή στεγανότητα του θερμοκηπίου
4. Είναι λιγότερο φωτεινά

Μεταλλικά θερμοκήπια από γαλβανισμένο χάλυβα

Τα θερμοκήπια αυτού του τύπου προτιμούνται περισσότερο σήμερα, διότι:

1. Τα στοιχεία του σκελετού έχουν μικρές διατομές με ανακλαστική επιφάνεια και γι' αυτό ο χώρος μέσα στο θερμοκήπιο είναι φωτεινός
2. Διαρκούν περισσότερο σε σχέση με τα άλλα, 15 χρόνια και άνω
3. Οι μηχανισμοί του παθητικού εξαερισμού κατασκευάζονται και αυτοματοποιούνται ευκολότερα
4. Μεταφέρονται ευκολότερα σε περίπτωση μετεγκατάστασης της επιχείρησης

Θερμοκήπια από αλουμίνιο

Αυτού του είδους τα θερμοκήπια έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Έχουν πολύ ελαφρότερα στοιχεία σκελετού
2. Δεν διαβρώνονται στο περιβάλλον του θερμοκηπίου
3. Οι διατομές των στοιχείων τους είναι μικρές, με ανακλαστική επιφάνεια, που ευνοούν τη φωτεινότητα του χώρου
4. Κατασκευάζεται και αυτοματοποιείται πολύ εύκολα ο παθητικός εξαερισμός, γιατί τα κινητά στοιχεία του παθητικού εξαερισμού είναι σχετικά ελαφρά

5. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής

Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα υλικά κάλυψης

Υαλόφρακτα θερμοκήπια

Τα θερμοκήπια αυτά διατηρούν πολύ καλή περατότητα στο φως για πάρα πολλά χρόνια, έτσι ώστε, θεωρητικά, να μην χρειάζεται να αντικατασταθεί το διαφανές κάλυμμα σε όλη τη διάρκεια ζωής του θερμοκηπίου. Απαιτούν όμως σκελετό μεγαλύτερης αντοχής, άκαμπτο και με σχήμα θερμοκηπίου που δημιουργείται από επίπεδες επιφάνειες.

Θερμοκήπια με διαφανές κάλυμμα από εύκαμπτο πλαστικό φύλλο

Τα θερμοκήπια με αυτό το κάλυμμα:

1. Μπορεί να έχουν ελαφρότερο σκελετό
2. Μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα
3. Στοιχίζουν φθηνότερα

Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι το κάλυμμα διαρκεί μόνο λίγα χρόνια (μέχρι 3) και στη συνέχεια χρειάζεται ν' αντικατασταθεί.

Θερμοκήπια με διαφανές κάλυμμα στο σκληρό πλαστικό

Τα θερμοκήπια αυτού του τύπου συγκριτικά με τα υαλόφρακτα:

1. Μπορεί να έχουν ελαφρότερο σκελετό
2. Ο σκελετός μπορεί να έχει μεγαλύτερη ποικιλία σχημάτων
3. Είναι ανθεκτικά στο χαλάζι και τους βανδαλισμούς
4. Μερικά, όπως τα καλυμμένα με διπλές πολυκαρβονικές ή ακρυλικές επιφάνειες, εξασφαλίζουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας

Μειονεκτήματα αυτών των θερμοκηπίων είναι ότι μετά από μερικά χρόνια παρουσιάζουν μικρότερη περατότητα στο φως από αυτή των υαλόφρακτων.

Η διάρκεια ικανοποιητικής περατότητας στο φως χωρίς αλλαγή υλικού κάλυψης, υπολογίζεται στα 6-10 περίπου χρόνια.

Το θερμοκήπιο που κατασκευάζεται και καλύπτεται με σκληρό πλαστικό κοστίζει πολύ ακριβότερα από αυτό που καλύπτεται με εύκαμπτο πλαστικό και είναι λίγο φθηνότερο από το υαλόφρακτο θερμοκήπιο.

Απλής γραμμής ή πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια

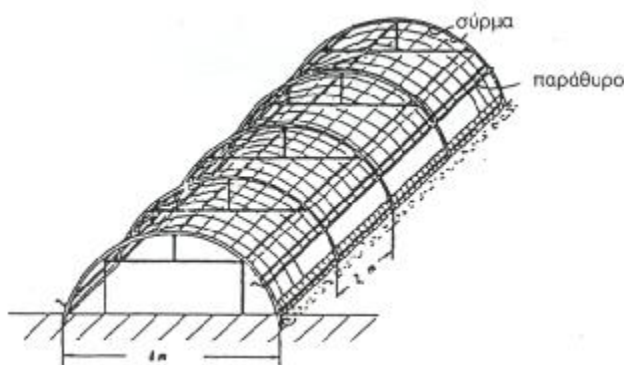
Απλής γραμμής θερμοκήπια

Τα θερμοκήπια αυτά γίνονται από μια σειρά βασικών κατασκευαστικών μονάδων τοποθετημένων κατά μήκος.

Τα απλής γραμμής θερμοκήπια:

1. Επιτρέπουν μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό τους, διότι δέχονται περισσότερο διάχυτο φωτισμό από τις πλευρές τους. Θα πρέπει όμως, όταν τοποθετούνται πολλά θερμοκήπια σε μια περιοχή, η μεταξύ τους απόσταση να είναι μεγαλύτερη από τα $2/3$ του ύψους τους.
2. Έχουν αποτελεσματικό φυσικό εξαερισμό από τα πλευρικά παράθυρα, επειδή το πλάτος τους είναι περιορισμένο.
3. Είναι ασφαλέστερα στις χιονόπληκτες περιοχές, επειδή το χιόνι απομακρύνεται γρηγορότερα από την οροφή τους (εκτός από το αμφικλινές χαμηλής οροφής).

Έχουν και πολύ σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία είναι η μικρότερη αξιοποίηση της έκτασης του αγρού και οι μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας θέρμανσης.



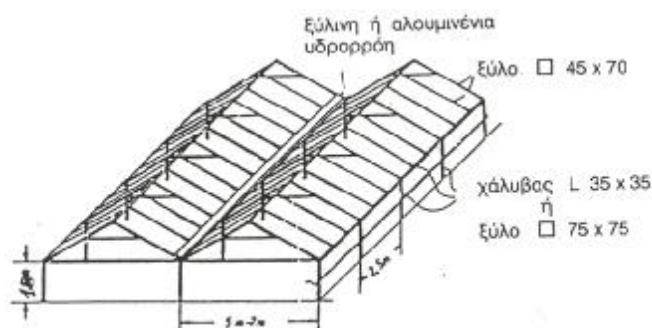
Εικ. 4.6. Απλό τοξωτό θερμοκήπιο με συνεχές πλευρικό παράθυρο

Πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια

Τα πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια προέρχονται από απλά, που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους στην πλευρά. Στην ένωση των πλευρών της οροφής των θερμοκηπίων κατασκευάζεται υδρορροή, απ' όπου απομακρύνεται το νερό της βροχής ή του λιωμένου χιονιού. Το κατασκευαστικό στοιχείο επομένως σ' αυτά τα θερμοκήπια επαναλαμβάνεται κατά μήκος και κατά πλάτος.

Τα θερμοκήπια αυτά:

1. Έχουν μεγάλο συνεχόμενο εσωτερικό χώρο, χρήσιμο στην εκμηχάνιση
2. Παρουσιάζουν οικονομία στη θέρμανση, διότι έχουν μικρότερη επιφάνεια καλύμματος ανά μονάδα επιφανείας εδάφους
3. Όταν καλύπτουν μεγάλη συνεχόμενη έκταση δεν έχουν καλό παθητικό εξαερισμό, γι' αυτό σε θερμές περιοχές θα πρέπει να αποφεύγονται πολλαπλά θερμοκήπια πολύ μεγάλης έκτασης
4. Στην οροφή τους συγκρατείται μεγάλη ποσότητα χιονιού, γι' αυτό σε περιοχές με χιονοπτώσεις, ιδιαίτερα σ' αυτά τα θερμοκήπια, θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα ασφαλείας.



Εικ. 4.7. Διπλής γραμμής θερμοκήπιο

Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με το διαθέσιμο σύστημα εξαερισμού

Θερμοκήπια με φυσικό εξαερισμό

Ο εξαερισμός σ' αυτά τα θερμοκήπια γίνεται από παράθυρα, πλευρικά και οροφής.

Τα πλεονεκτήματα του φυσικού εξαερισμού είναι:

1. Δεν απαιτείται ενέργεια για την λειτουργία του,
2. Οποιαδήποτε βλάβη στο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί από τον ίδιο τον καλλιεργητή,

3. Θερμοκήπια με αυτό το σύστημα μπορεί να τοποθετηθούν οπουδήποτε ανεξάρτητα από την ύπαρξη ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα μειονεκτήματά του είναι:

1. Δεν μπορεί να επιτευχθούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στο χώρο του θερμοκηπίου, τις θερμές ημέρες με άπνοια,
2. Για τη σωστή λειτουργία του συστήματος φυσικού εξαερισμού απαιτούνται κατασκευές θερμοκηπίου μεγάλου ύψους και δυνατότητα κατασκευής στεγανών παραθύρων οροφής που να αυτοματοποιούνται εύκολα.

Τα θερμοκήπια που διαθέτουν παθητικό εξαερισμό, μπορεί να διακριθούν σε:

1. Θερμοκήπια με ανοίγματα μόνο πλευρικά. Τα θερμοκήπια αυτά στοιχίζουν φθηνότερα, αλλά εάν το πλάτος τους υπερβαίνει τα 16m, δεν εξαερίζονται ικανοποιητικά, ιδιαίτερα σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου.
2. Θερμοκήπια με ανοίγματα πλευρικά και συνεχόμενα οροφής. Τα θερμοκήπια αυτά στοιχίζουν ακριβότερα, αλλά δημιουργείται πολύ καλύτερος εξαερισμός από τα προηγούμενα.

Θερμοκήπια με δυναμικό εξαερισμό

Ο εξαερισμός στα θερμοκήπια αυτά γίνεται με δυναμικά μέσα (εξαεριστήρες).

Τα πλεονεκτήματα των θερμοκηπίων αυτών είναι:

1. Παρέχουν ικανοποιητική ανανέωση του αέρα του χώρου του θερμοκηπίου, ακόμα και σε περιπτώσεις άπνοιας
2. Παρέχουν ικανοποιητική ανανέωση του αέρα σε κατασκευές θερμοκηπίων που είναι τεχνικά και οικονομικά δύσκολη η κατασκευή αποτελεσματικού συστήματος παθητικού εξαερισμού
3. Απαιτούν θερμοκήπια μικρότερου όγκου και επομένως με μικρότερες απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της περιόδου της θέρμανσης
4. Με μερικές προσθήκες μπορεί να λειτουργήσει σύστημα δροσισμού (με εξάτμιση νερού), με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του χώρου να μπορεί να μειωθεί σε επίπεδα και κάτω της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

Μειονεκτήματα του δυναμικού εξαερισμού είναι:

1. Η λειτουργία του δυναμικού εξαερισμού καταναλίσκει σημαντικές ποσότητες ενέργειας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου
2. Όταν δεν υπάρχει σύστημα δροσισμού μειώνει σημαντικά τη σχετική υγρασία του χώρου του θερμοκηπίου, με δυσμενείς επιπτώσεις σε ορισμένα φυτά
3. Δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί σε περιοχές όπου δεν υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια
4. Δεν εγκαθίσταται σε περιοχές όπου μια ζημιά στο σύστημα του δυναμικού εξαερισμού Δε μπορεί να επισκευασθεί σύντομα γιατί υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της φυτείας.

Βασικοί τύποι θερμοκηπίων σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής των θερμοκηπίων, καθορίζονται οι ακόλουθοι τύποι:

Χωρικού τύπου: θερμοκήπια που κατασκευάζονται από τους ίδιους τους παραγωγούς .

Τυποποιημένα: θερμοκήπια που κατασκευάζονται από βιοτεχνίες και βιομηχανίες σε μαζική παραγωγή .

Ελάχιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις κατασκευαστικού στοιχείου θερμοκηπίων

1. Αμφίρρικτα απλά ή πολλαπλά .

Ελάχιστο ύψος χαμηλής πλευράς (ορθοστατών) στα απλά και της υδροροής στα πολλαπλά:

- Χωρικού τύπου 2,20m
- Τυποποιημένα 2,60m

Ελάχιστο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας:

- Χωρικού τύπου 2,00m
- Τυποποιημένα 2,50m

Κλίση οροφής:

- Χωρικού τύπου 20° - 30°.
- Τυποποιημένα 20° - 30°.

2. *Τοξωτά.*

Ύψος: Ελάχιστο ύψος στην κορυφή 3m και ελάχιστο ύψος σε απόσταση μισό μέτρο από το σημείο στήριξης στο έδαφος 1,50m.

Πλάτος: Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος 7m.

3. *Τροποποιημένα τοξωτά* απλά ή πολλαπλά.

Ελάχιστο ύψος υδρορροής:

- Χωρικού τύπου 2,20m
- Τυποποιημένα 2,60m

Ελάχιστο ύψος στην κορυφή:

- Χωρικού τύπου 3,10m
- Τυποποιημένα 3,50m

Πλάτος: Ελάχιστο ελεύθερο πλάτος στο έδαφος 5m

Απόσταση στηλών (ελάχιστο μήκος κατασκευαστικής μονάδας):

- Χωρικού τύπου 2m
- Τυποποιημένα 2m

Φορτία που επιβαρύνουν τα θερμοκήπια

Τα φορτία με τα οποία υπολογίζεται η φέρουσα κατασκευή του θερμοκηπίου είναι αρκετά μικρότερα από αυτά που παίρνουμε στις συνηθισμένες άλλες κατασκευές για τους εξής λόγους:

1. Ο χρόνος ζωής ενός θερμοκηπίου λαμβάνεται περίπου 10 - 25 χρόνια ενώ στις συνηθισμένες κατασκευές ο αντίστοιχος χρόνος ζωής λαμβάνεται 40 - 50 χρόνια. Για τα γυάλινα θερμοκήπια ο χρόνος ζωής λαμβάνεται τουλάχιστον 25 χρόνια, ενώ στα ξύλινα θερμοκήπια με εύκαμπτο πλαστικό κάλυμμα ο χρόνος ζωής δεν ξεπερνά τα 10 - 15 χρόνια. Άρα έχουμε μικρότερη διάρκεια ζωής κατά 50% από τις συνηθισμένες άλλες κατασκευές.

2. Αν συμβεί μια κατάρρευση οι συνέπειες είναι πολύ λιγότερο σημαντικές και η επικινδυνότητα για τη ζωή των εργαζομένων μέσα στο θερμοκήπιο είναι σημαντικά μικρότερη.

3. Όταν έχουμε μεγάλα φορτία τότε ο κατασκευαζόμενος σκελετός είναι αρκετά βαρύτερος και μεγαλύτερων διατομών, πράγμα που προκαλεί μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που μπαίνει στο θερμοκήπιο. Έτσι ο σκελετός του θερμοκηπίου μελετάται με γνώμονα να επιτρέπει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας να μπαίνει στο θερμοκήπιο.

Το κάλυμμα και ο σκελετός του θερμοκηπίου πρέπει να αντέχουν σε όλα τα πιθανά φορτία που θα τα επιβαρύνουν σε όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

Τα φορτία που επιβαρύνουν ένα θερμοκήπιο είναι:

- Τα μόνιμα φορτία του θερμοκηπίου
- Τα κινητά φορτία
- Τα συγκεντρωμένα κατακόρυφα φορτία
- Τα ειδικά φορτία
- Το χιόνι
- Ο άνεμος

Μόνιμα φορτία θερμοκηπίου

Σαν μόνιμα φορτία θεωρούμε το βάρος των υλικών κάλυψης, το βάρος των υλικών που στηρίζουν τα υλικά κάλυψης στο σκελετό (π.χ. μεταλλικούς συνδέσμους, βίδες) και το βάρος του σκελετού. Επίσης συμπεριλαμβάνεται και το βάρος των σωλήνων θέρμανσης και άρδευσης, εάν είναι μόνιμα στοιχεία που επιβαρύνουν τον φέροντα σκελετό. Αν το κάλυμμα του θερμοκηπίου είναι από μαλακό πλαστικό τότε τα μόνιμα φορτία είναι μικρά, ενώ αν είναι γυάλινο τότε τα φορτία είναι αρκετά μεγαλύτερα. Εάν δεν γίνει αναλυτικός υπολογισμός, τότε σαν πρώτη εκτίμηση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα μόνιμα φορτία ενός θερμοκηπίου είναι:

- Με κάλυμμα από μαλακό ή σκληρό πλαστικό και με μεταλλικό σκελετό 7 kg/m^2 .
- Με κάλυμμα γυαλί και μεταλλικό σκελετό 20 kg/m^2 . Απ' αυτά τα 10 kg/m^2 αντιστοιχούν στο βάρος του γυαλιού και τα 10 kg/m^2 στο βάρος του μεταλλικού σκελετού.
- Για ξύλινο θερμοκήπιο παίρνουμε φορτίο 8 kg/m^2 .

Κινητά φορτία

Σαν κινητά φορτία ορίζονται τα φορτία που προκύπτουν από την ανάρτηση των καλλιεργειών από την οροφή. Για τις συνηθισμένες καλλιέργειες, όπως ντομάτα ή αγγούρι, θεωρούμε ένα φορτίο 15 kg/m^2 . Αν κρεμάσουμε γλάστρες από την οροφή, τότε πρέπει να υπολογίσουμε την κατασκευή για ένα φορτίο 100 kg/m^2 .

Συγκεντρωμένα φορτία

Είναι τα φορτία εκείνα που επιβαρύνουν το σκελετό όταν κάποιος ανέβει πάνω στη στέγη του θερμοκηπίου, για να επιδιορθώσει μια βλάβη, να αλλάξει το πλαστικό ή οποιονδήποτε άλλο λόγο. Έτσι για τα διάφορα στοιχεία της στέγης παίρνουμε:

- Επιτεγίδες (στοιχεία που φέρουν τους υαλοπίνακες), πλευρά 50 kg
- Υπόλοιπα μέρη του σκελετού (τεγίδες, υδρορροές κ.λ.π.), 100 kg
- Στη περίπτωση που φέρονται εγκαταστάσεις στο σκελετό όπως γραμμές μεταφοράς προϊόντων και εφοδίων, υπολογίζεται ένα φορτίο 125 kg

Ειδικά φορτία

Ειδικά φορτία είναι αυτά που προκύπτουν από τα καρότσια που κρέμονται από την στέγη για τη μεταφορά των καρπών των διαφόρων καλλιεργειών ή τη μεταφορά των λιπασμάτων, τα φορτία των κουρτίνων σκίασης που επιβαρύνουν το σκελετό του θερμοκηπίου, όπως και κάθε φορτίο που θα επιβαρύνει το σκελετό και δεν περιλαμβάνεται στις πιο πάνω κατηγορίες.

Όταν το καρότσι χρησιμοποιείται για τη μεταφορά προϊόντων, θα υπολογίζεται ότι στη γραμμή μεταφοράς δρα ένα μεμονωμένο φορτίο 125 kg. Όταν αυτό χρησιμοποιείται για τη μεταφορά λιπασμάτων θα υπολογίζεται μεμονωμένο φορτίο 225 kg.

Χιόνι

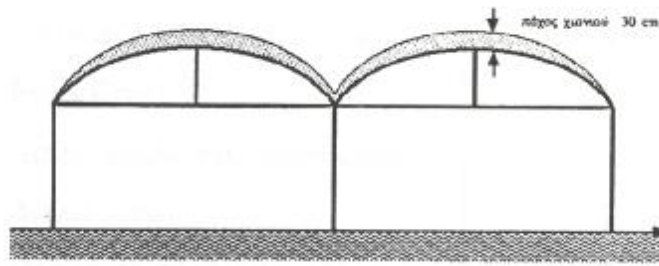
Στις περιοχές όπου υπάρχουν θερμοκήπια συνήθως δεν έχουμε μεγάλες χιονοπτώσεις.

Για το λόγο αυτό τα πιθανά φορτία από το χιόνι είναι μικρά. Τόσο το κάλυμμα, όσο και ο σκελετός, πρέπει να αντέχουν σε ένα φορτίο χιονιού τουλάχιστον 25 kg/m^2 οριζόντιας μεταβολής.

Το ειδικό βάρος του χιονιού κυμαίνεται από 80 έως 120 kg/m^3 . Το φορτίο των 25 kg/m^2 όταν το χιόνι είναι μαλακό αντιστοιχεί σε ένα στρώμα χιονιού ύψους 30 cm. Εξαιρούνται οι παραλιακές περιοχές της Κρήτης και των νησιών της Νοτίου Ελλάδας, όπου η χιονόπτωση είναι πολύ σπάνια, αν όχι ανύπαρκτη και γι' αυτό δεν απαιτείται έλεγχος αντοχής της κατασκευής σε φορτία χιονιού.

Αν συγκρίνουμε τα φορτία του χιονιού που λαμβάνουμε για τον υπολογισμό μιας οποιασδήποτε μεταλλικής κατασκευής και ενός θερμοκηπίου, θα δούμε ότι το φορτίο των 25 kg/m^2 είναι αρκετά μικρότερο από το φορτίο λόγω χιονιού που παίρνουμε για τις άλλες μεταλλικές κατασκευές.

Όταν το θερμοκήπιο θερμαίνεται και το κάλυμά του είναι μαλακό πλαστικό, μονό τζάμι ή σκληρό πλαστικό χωρίς κυψέλες, επειδή ο συντελεστής θερμοπερατότητας K του καλύμματος είναι μεγάλος, κατά την διάρκεια της χιονόπτωσης το χιόνι πέφτει στο κάλυμμα και λιώνει. Για να έχουμε λιώσιμο



Εικ. 4.8. Καταπόνηση θερμοκηπίου από το χιόνι

του χιονιού, πρέπει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μετρούμενη στο υψηλότερο σημείο να είναι τουλάχιστον 12 °C.

Ένα συνηθισμένο φαινόμενο στις περιοχές που έχουμε χιονόπτωση είναι η διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι να σταματάει η θέρμανση του θερμοκηπίου, με συνέπεια να συσσωρεύεται χιόνι στην οροφή του και να το καταστρέφει. Για το λόγο αυτό καλό είναι να υπάρχει στο θερμοκήπιο εφεδρική γεννήτρια, για την περίπτωση που διακοπεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από το δίκτυο της ΔΕΗ.

Τα θερμοκήπια πρέπει να θερμαίνονται όταν χιονίζει, ακόμα και όταν δεν υπάρχουν μέσα σ' αυτά καλλιέργειες. Αυτό γίνεται γιατί το φορτίο χιονιού των 25 kg/m² θεωρείται επαρκές μόνο όταν το θερμοκήπιο θερμαίνεται επαρκώς.

Όταν το κάλυμμα του θερμοκηπίου είναι διπλό τζάμι, σκληρό πλαστικό με κυψέλες ή διπλό φουσκωτό πλαστικό, οι απώλειες θερμότητας μέσω του καλύμματος είναι μικρότερες, εφόσον ο συντελεστής θερμοπερατότητας K του καλύμματος είναι μικρός. Προκειμένου να λιώσει το χιόνι που πέφτει στην οροφή, συνίσταται θερμοκρασία 15 °C στο εσωτερικό του θερμοκηπίου για να αντισταθμίσει τον μειωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας. Ένας άλλος τρόπος λιώσιματος του χιονιού είναι η κατασκευή δικτύου ψεκασμού νερού πάνω στη στέγη του θερμοκηπίου.

Σε πολλές περιοχές της Βόρειας και Κεντρικής Ελλάδας το ύψος του χιονιού ξεπερνά τα 80 cm. Συνεπώς αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, τότε είναι δυνατόν να έχουμε σοβαρές καταστροφές, όπως θραύση των υποστρωμάτων ή και πλήρη κατάρρευση του θερμοκηπίου. Στις περιοχές με μεγάλη χιονόπτωση είναι προτιμότερο να τοποθετούμε σωλήνες θέρμανσης

κοντά στην υδροροή και κατά μήκος αυτής ώστε να διευκολύνεται το λιώσιμο του χιονιού.

Στις περιοχές όπου οι χιονοπτώσεις είναι μεγάλες και τα μέσα θέρμανσης υποτυπώδη συνιστάται να κατασκευάζονται:

- Απλά αμφίρρικτα ή απλά τοξωτά θερμοκήπια για να απομακρύνεται εύκολα το χιόνι.
- Να υπάρχει επαρκής χώρος μεταξύ τους, ώστε το χιόνι που θα πέφτει από την οροφή να μην δημιουργεί προβλήματα.
- Η κλίση της οροφής στα απλά αμφίρρικτα θερμοκήπια να είναι μεγαλύτερη από 28° .
- Ο λόγος ύψους προς πλάτους στα απλά τοξωτά θερμοκήπια να είναι μεγαλύτερος του 0,38.



Εικ. 4.9. Καμπύλες χαρακτηριστικού ύψους χιονιού στην Ελλάδα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Συντελεστής θερμοπερατότητας K

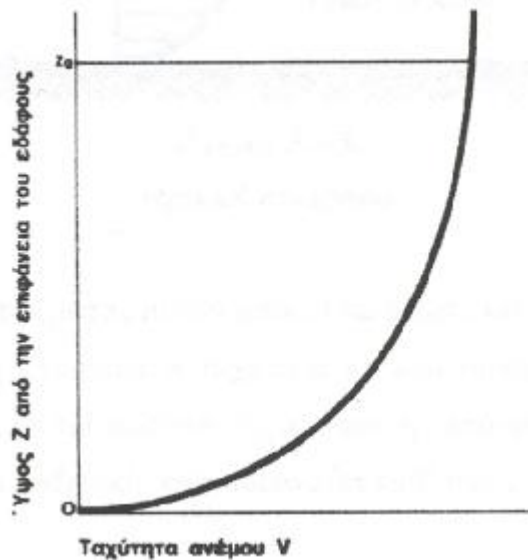
Υλικά κάλυψης	Τιμή του K (W/m^2)
Απλό τζάμι	5,8
Απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	4,0
Fiber Crass	2,9
Διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	2,9
Διπλό τζάμι	2,9
Πλαστικό φύλλο και τζάμι	2,9
Απλό τζάμι και θερμοκουρτίνα	2,4

Άνεμος

Η ταχύτητα του ανέμου εκφράζεται σαν ένα διανυσματικό μέγεθος και ορίζεται με την κατεύθυνσή του και την έντασή του.

Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζεται από το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει. Η κίνηση του ανέμου θεωρείται παράλληλη προς το έδαφος, εκτός από τις περιπτώσεις όπου στην κίνηση του υπάρχουν εμπόδια. Ο άνεμος έχει οποιαδήποτε φορά.

Ένταση του ανέμου ονομάζουμε το διανυόμενο διάστημα από την αέριο μάζα στη μονάδα του χρόνου. Δηλαδή ένταση και ταχύτητα του ανέμου είναι το ίδιο πράγμα. Ο προσδιορισμός της ταχύτητας του ανέμου γίνεται με ειδικά όργανα που ονομάζονται ανεμόμετρα. Τα ανεμόμετρα τοποθετούνται σε ύψος 10m από την επιφάνεια του εδάφους, έτσι γνωρίζουμε την ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10m από το έδαφος. Πάνω από τα 10m η ταχύτητα του ανέμου μεγαλώνει, ενώ κάτω από τα 10m μικραίνει. Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου ανάλογα με το ύψος από το έδαφος δίνεται στο επόμενο σχήμα. Η μεταβολή αυτή εξαρτάται πολύ από τη φύση του εδάφους και διαφέρει πολύ στο κέντρο μιας πόλης, στην ύπαιθρο ή στις παραλιακές περιοχές.



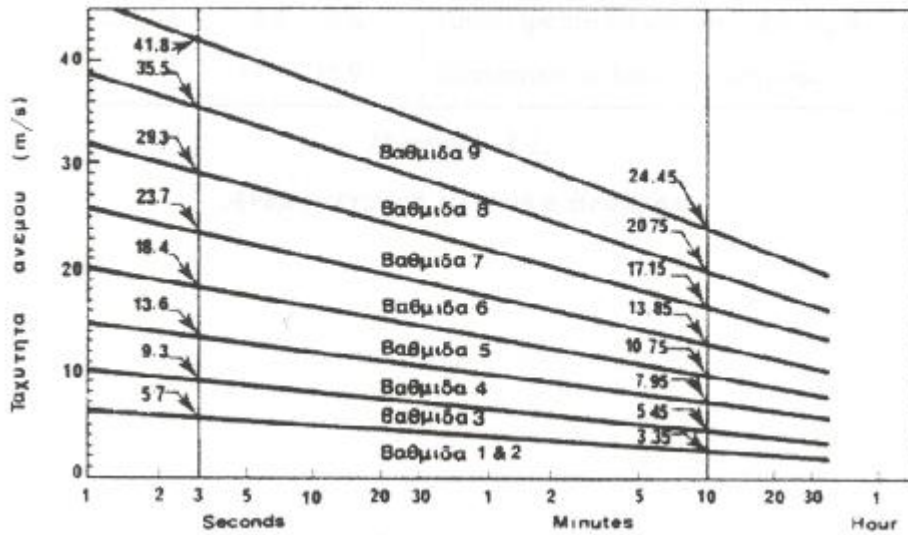
Σχ. 4.1 Μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος

Επίσης η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να προσδιοριστεί με προσωπική εκτίμηση από τον γεωργό. Αυτό γίνεται με παρατήρηση των προκαλούμενων από αυτόν κινήσεων των διαφόρων αντικειμένων ή των προκαλούμενων ζημιών ή καταστροφών λόγω της υπερβολικής σφοδρότητας του. Για το λόγο αυτό συντάχθηκε από τον Άγγλο Beaufort, το 1808, η ομώνυμος ανεμομετρική κλίμακα (βλ. πιν. 4.1). Η κλίμακα αυτή έγινε αρχικά για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου στην θάλασσα και στη συνέχεια τροποποιήθηκε κατάλληλα ώστε να έχει εφαρμογή και στην ξηρά.

Η ανεμοπίεση σε μια επιφάνεια του θερμοκηπίου είναι το αποτέλεσμα των πιέσεων από την εξωτερική και την εσωτερική πλευρά. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι πιέσεις είναι προσθετικές.

Οι δυνάμεις του ανέμου υπολογίζονται για το κύριο σύστημα αντίστασης του θερμοκηπίου στον άνεμο, για τα ιδιαίτερα στοιχεία και για το υλικό κάλυψης. Το κύριο σύστημα αντίστασης στον άνεμο είναι ο άκαμπτος σκελετός, τα αντιανέμια και τα τοιχώματα που παρέχουν πλευρική υποστήριξη στη κατασκευή όταν υπάρχει ανεμοπίεση. Τα ιδιαίτερα στοιχεία και το υλικό κάλυψης είναι τα στοιχεία στήριξης του καλύμματος, οι υαλοπίνακες ή οι επιφάνειες του πλαστικού που αντιστέκονται άμεσα στη πίεση του ανέμου και τα στοιχεία που μπορεί να δεχτούν τοπικά υψηλότερη πίεση από αυτή που δέχεται η κατασκευή ως σύνολο.

Στο σχήμα 4.2 φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου για διάφορες περιόδους αναφοράς, εντός των οποίων εξετάζεται το φαινόμενο σε σχέση με την κλίμακα Beaufort.



Σχ. 4.2. Μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου σε συνάρτηση με την κλίμακα Beaufort.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

Ανεμομετρική κλίμακα Beaufort			
ΒΑΘΜΟΙ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/sec)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΙΝΟΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ
0	Νηνεμία	0,0 - 0,2	Άπνοια. Ο καπνός υψώνεται κατακόρυφα
1	Υποπνέων	0,3 - 1,5	Η διεύθυνση του ανέμου φαίνεται από τη φορά του καπνού αλλά όχι από τον ανεμοδείκτη .
2	Ασθενής	1,6 - 3,3	Αισθητός στο πρόσωπο. Ακούγεται θρόισμα. Κινεί το συνήθη ανεμοδείκτη .
3	Λεπτός	3,4 - 5,4	Τα φύλλα και μικροί κλώνοι κινούνται συνεχώς. Κυματίζει μικρή σημαία .
4	Μέτριος	5,5 - 7,9	Ανασηκώνει σκόνη και φύλλα. Μικρά κλαδιά δένδρων κινούνται .
5	Λαμπρός	8,0 - 10,7	Μικρά δένδρα αρχίζουν να σείονται. Σχηματίζονται μικρά κύματα σε μεσογειακά ύδατα .
6	Ισχυρός	10,8 - 13,8	Κινεί μεγάλα κλαδιά δένδρων. Ακούγεται συριγμός στα τηλεφωνικά καλώδια .
7	Σφοδρός	13,9 - 17,1	Κινεί εξολοκλήρου τα δένδρα. Το βάδισμα αντίθετα προς το βάδισμα δυσχερές .
8	Θυελλώδης	17,2 - 20,7	Σπάζει κλαδιά δένδρων, εμποδίζει το βάδισμα .
9	Θύελλα	20,8 - 24,4	Ελαφριές ζημιές στις οικοδομές. Καπνοδόχοι και κεραμίδια αναρπάζονται .
10	Ισχυρή θύελλα	24,5 - 28,4	Σπάνια παρατηρείται στην ξηρά. Ξεριζώνει δένδρα, προκαλεί σημαντικές ζημιές στις οικοδομές .
11	Σφοδρή θύελλα	28,5 - 32,6	Παρατηρείται σπανιότατα. Ζημιές σε μεγάλη έκταση .
12	Τυφώνας	32,7 - 36,9	Εξαιρετικά σοβαρές καταστροφές .

Πίεση από την ταχύτητα του ανέμου σε μια κατασκευή.

Η πίεση που ασκεί ο άνεμος σε μια επιφάνεια που είναι κάθετη στη διεύθυνσή του δίνεται από τη σχέση:

$$q = (1/2)\rho \cdot V^2$$

όπου: $\rho \rightarrow$ πυκνότητα του ανέμου

$V \rightarrow$ ταχύτητα του ανέμου

Η πίεση q ονομάζεται δυναμική πίεση. Η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους. Η κατανομή αυτή δίνεται από την πιο κάτω σχέση:

$$V/V_0 = (H/10)^a$$

όπου: $V \rightarrow$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος H

$V_0 \rightarrow$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10m

$a \rightarrow$ συντελεστής που εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους

Οι περιοχές που εγκαθίστανται συνήθως τα θερμοκήπια είναι περιοχές με διασπαρμένα εμπόδια με ύψος λιγότερο από 10m . Τέτοιες περιοχές είναι οι πεδιάδες με διασπαρμένα δέντρα και εκτάσεις με λιβάδια. Σε τέτοιες περιοχές ο συντελεστής a λαμβάνεται $a \cong 1/7$.

Αν η τραχύτητα του εδάφους είναι μικρότερη (π.χ. αεροδρόμια) τότε η τιμή του a είναι μικρότερη. Αν είναι μεγαλύτερη (π.χ. πυκνοκατοικημένες πόλεις) η τιμή του a είναι μεγαλύτερη. Στις συνηθισμένες περιοχές που κατασκευάζονται τα θερμοκήπια παίρνουμε $a = 1/7$.

Με βάση την σχέση $q = (1/2)\rho \cdot V^2$ μπορούμε να βρούμε μια άλλη μορφή της δυναμικής πίεσης q . Έτσι έχουμε:

$$q = (1/2)\rho \cdot V^2 \Rightarrow q = (1/2)\rho \cdot V_0^2 (H/10)^{2a}$$

αντικαθιστώντας $(H/10)^{2a} = k_H$ έχουμε:

$$q_H = (1/2)\rho \cdot V_0^2 \cdot k_H$$

όπου $q_H \rightarrow$ η δυναμική πίεση σε ύψος H από την επιφάνεια του εδάφους

Η προηγούμενη σχέση ανάλογα με τα διάφορα συστήματα μονάδων παίρνει τις παρακάτω μορφές:

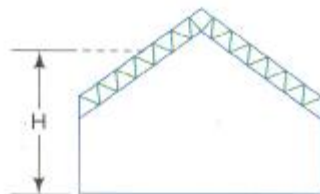
$q_H = 0,613 \times V_0^2 \times k_H$ στο σύστημα (SI) όπου το q δίνεται σε Pascal (Pa)

$q_H = 0,0625 \times V_0^2 \times k_H$ στο μετρικό σύστημα όπου το q δίνεται σε kg/m^2

$V_0 \rightarrow$ δίνεται σε m/s και στις δύο παραπάνω σχέσεις

$k_H \rightarrow$ διορθωτικός συντελεστής του ύψους

Για τα θερμοκήπια σαν ύψος H περνούμε το ύψος που αντιστοιχεί από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το μέσο του ύψους της στέγης. Η ελάχιστη ταχύτητα του ανέμου στις πιέσεις τις οποίες πρέπει να αντέχει ένα θερμοκήπιο είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς της ATE 120km/h ή 33,3m/s.



Σχ. 4.3. Πραγματικό ύψος θερμοκηπίου (H).

Στον επόμενο πίνακα δίνεται για διάφορα ύψη θερμοκηπίου, για $a = 1/7$ και ταχύτητες ανέμου $V = 120\text{km/h}$ και $V = 140\text{km/h}$ η δυναμική πίεση q ανάλογα με το κάθε σύστημα μονάδων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3

Ύψος H σε m	Πιέσεις σε N/m^2 - σε παρένθεση kg/m^2			
	$V = 120 \text{ Km/h}$ ή $33,3 \text{ m/s}$		$V = 140 \text{ Km/h}$ ή $38,9 \text{ m/s}$	
2,50	457,4	(46,6)	624,2	(63,6)
3,00	481,9	(49,1)	657,6	(67,0)
3,50	503,6	(51,3)	687,2	(70,1)
4,00	523,2	(53,3)	713,9	(72,8)
4,50	541,1	(55,2)	738,4	(75,3)

Στην πρόταση των Ευρωπαϊκών Προδιαγραφών για τα θερμοκήπια, δυναμική πίεση του ανέμου για τους υπολογισμούς λαμβάνεται αυτή που ορίζεται ως Ευρωκώδικας 1, πολλαπλασιασμένη με ένα συντελεστή ο οποίος λαμβάνει υπόψη ένα μικρότερο χρόνο ζωής.

Ο συντελεστής αυτός, όταν στον Ευρωκώδικα 1 αναφέρεται για διάρκεια 50 χρόνων, μπορεί να είναι:

$$C_t = 0,63 + 0,92\text{Ln}T$$

όπου: $T \rightarrow$ η περίοδος σε έτη

$C_t \rightarrow$ ο συντελεστής που επιτρέπει τη χρήση διαφορετικής ταχύτητας ανέμου για διαφορετικής διάρκειας ζωής θερμοκήπιο

Ταχύτητα ανέμου για περίοδο T ετών είναι ίση με την ταχύτητα του ανέμου 50 ετών περίοδο, πολλαπλασιασμένη επί C_t . Επίσης πίεση του ανέμου για περίοδο T ετών είναι ίση με πίεση ανέμου για περίοδο 50 ετών, πολλαπλασιασμένη με C_t^2 .

Οι ανεμοπιέσεις αναπτύσσονται ανάλογα με τη διεύθυνση που φυσάει ο άνεμος. Έτσι μπορούμε να ελέγξουμε την κατασκευή για τα φορτία που δημιουργεί ο άνεμος για όλες τις κατευθύνσεις. Συνήθως κάνουμε τον έλεγχο για δύο διευθύνσεις του ανέμου. Η μία διεύθυνση είναι κατά την διεύθυνση του κορφία και η άλλη κατά διεύθυνση κάθετη προς αυτόν. Η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου που παίρνουμε για τους υπολογισμούς είναι 120km/h ή 33,3m/s.

Συντελεστής σχήματος

Για να υπολογισθεί η ασκούμενη πίεση $\langle\langle p \rangle\rangle$, σε μια κατασκευή από τον άνεμο, πολλαπλασιάζεται η δυναμική πίεση του ανέμου με έναν συντελεστή C που καθορίζεται από το σχήμα του θερμοκηπίου και την κατεύθυνση του ανέμου. Έτσι: $p = C \cdot q_H$.

Στον υπολογισμό των φορτίων από άνεμο είναι ευνόητο ότι υπολογίζονται οι διαφορές πίεσης που δημιουργούνται στην κατασκευή και προέρχονται από τις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις.

Ο καθαρός συντελεστής που προσδιορίζει το φορτίο σε κάθε επιφάνεια είναι η αλγεβρική διαφορά μεταξύ του συντελεστή σχήματος για την εξωτερική και την εσωτερική επιφάνεια: $C = C_{pe} - C_{pi}$. Θετικός συντελεστής αντιστοιχεί σε εξωτερική πίεση ενώ αρνητικός συντελεστής αντιστοιχεί σε εξωτερική αναρρόφηση.

Στα θερμοκήπια με πλαστική κάλυψη, η μεταφορά των φορτίων από το πλαστικό φύλλο στο σκελετό δεν είναι άμεση ούτε εντελώς κατανοητή.

Στην περίπτωση της εξωτερικής πίεσης, το πλαστικό φύλλο πιέζεται στο σκελετό, στην αντίθετη περίπτωση το πλαστικό φύλλο δεν μπορεί να μεταφέρει τα φορτία κατ' ευθείαν στο σκελετικό ιστό. Στις περιοχές όπου υπάρχει αρνητική πίεση, το πλαστικό φύλλο τεντώνεται προς τα έξω (φουσκώνει) και

όλο το φορτίο μεταφέρεται μόνο στα μέρη του σκελετού όπου το πλαστικό φύλλο συνδέεται με αυτόν.

Για τον υπολογισμό των ανεμοπιέσεων στα θερμοκήπια, δύο μόνον κατευθύνσεις ανέμου είναι ανάγκη να ληφθούν υπόψη, η μία παράλληλα με τη γραμμή της κορυφής της στέγης και η άλλη κάθετα στη γραμμή αυτή.

Στα αμφικλινή θερμοκήπια οι συντελεστές σχήματος ισχύουν για ύψος χαμηλής πλευράς θερμοκηπίου $h < 4\text{m}$ και για κλίσεις στέγης μεταξύ 20° και 30° (το ύψος χαμηλής πλευράς είναι η απόσταση μεταξύ υδρορροής και εδάφους).

Στην περίπτωση διαφορετικής κλίσης στέγης και μεγαλύτερου ύψους χαμηλής πλευράς, οι συντελεστές C , καθορίζονται με έρευνα προτύπου σε σήραγγα αέρα.

Οι συντελεστές C_{pe} επηρεάζουν όλα τα συστατικά μέρη του θερμοκηπίου. Οι τοπικοί συντελεστές C_p θεωρείται ότι επηρεάζουν τα τζάμια, τα λεπτά σκελετικά στοιχεία και τις συνδέσεις στις θέσεις αυτές.

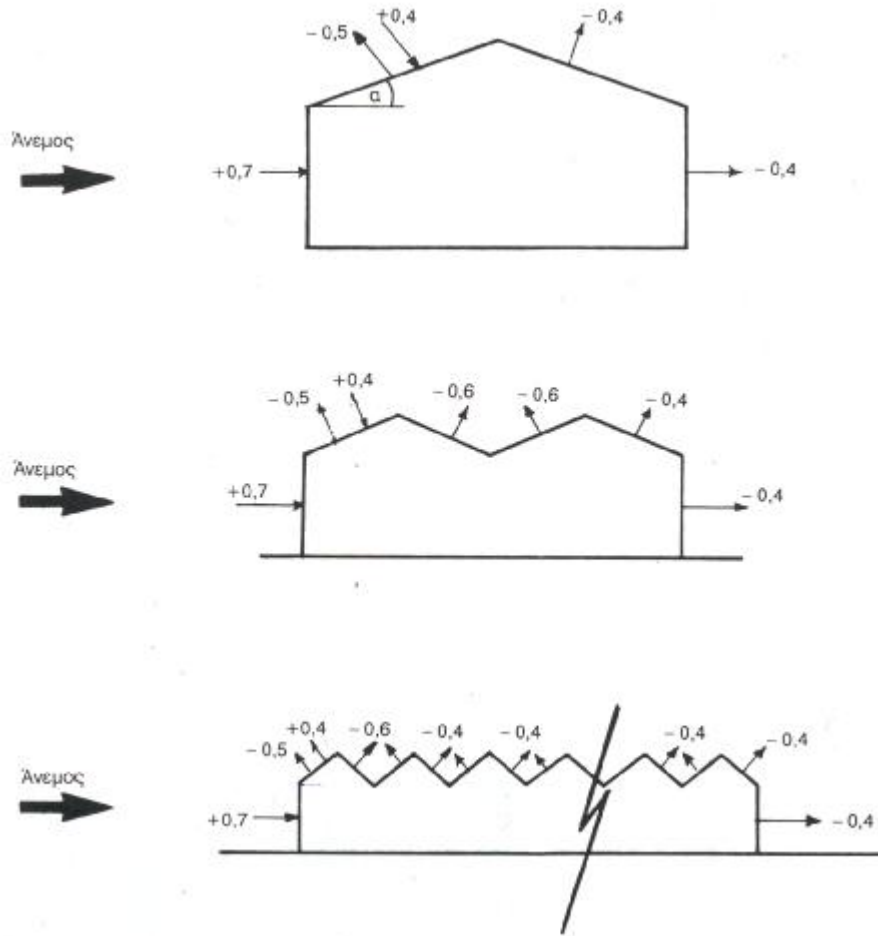
Για τις προσόψεις στα αμφικλινή θερμοκήπια ισχύουν τα εξής:

$$C_{pe} = + 0,7 \text{ (πλευρά που χτυπάει ο άνεμος)}$$

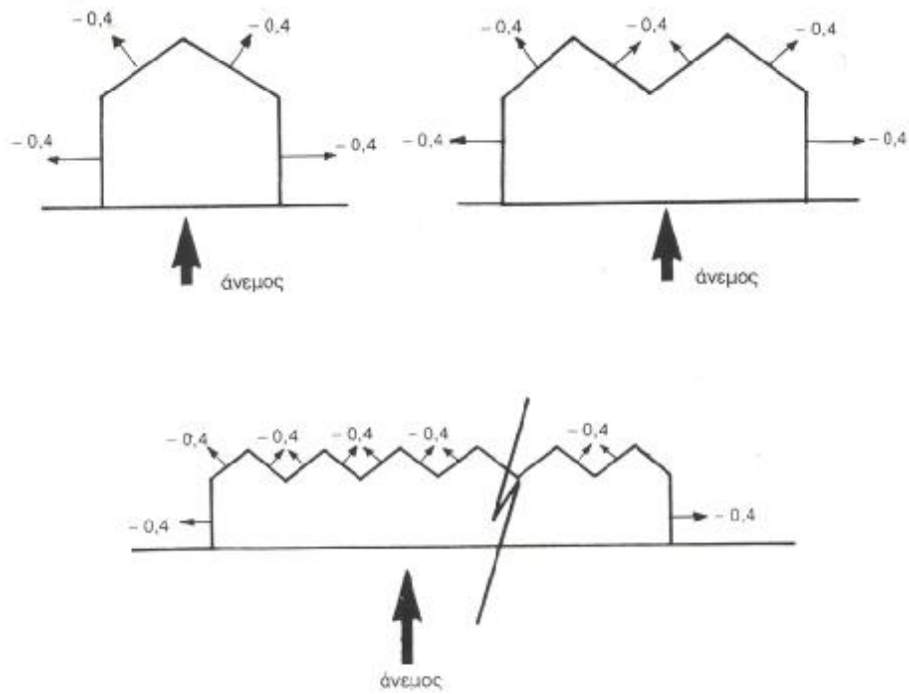
$$C_{pe} = - 0,4 \text{ (υπήνεμος πλευρά)}$$

Στους τοπικούς συντελεστές για λωρίδες πλάτους 2 μέτρων (οριζόντια μέτρηση για τις κεκλιμένες) επιφάνειες στις περιφερειακές ακμές, χρησιμοποιούνται οι τιμές που παρουσιάζονται στην εικόνα .

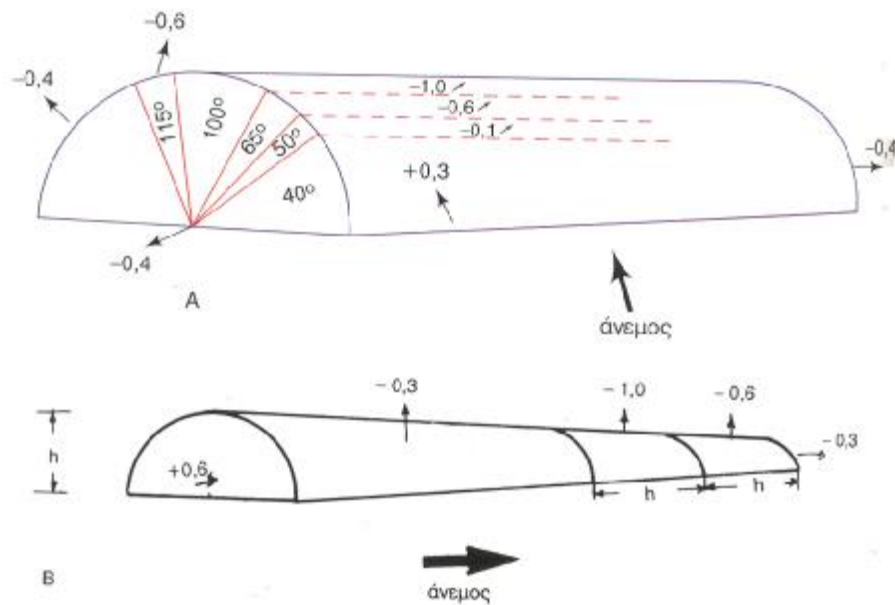
Αν το πλάτος της επιφάνειας στη στέγη είναι μικρότερο από 2m, πλάτος λωρίδας λαμβάνεται όλο το πλάτος της επιφάνειας της στέγης.



Εικ. 4.10. Συντελεστές C_{pe} για απλής και πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια με κατεύθυνση ανέμου κάθετη στην κορυφογραμμή της στέγης (NEN, 1978).



Εικ. 4.11. Συντελεστές C_{pe} για απλής και πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια με κατεύθυνση ανέμου παράλληλη με την κορυφογραμμή της στέγης (NEN, 1978).



Εικ. 4.12. Συντελεστές C_{pe} για απλό τοξωτό θερμοκήπιο A. με κατεύθυνση ανέμου κάθετη στο μεγάλο άξονα και B. με κατεύθυνση ανέμου παράλληλη στο μεγάλο άξονα (NIAE, 1985).

Συντελεστής σχήματος για τις εσωτερικές επιφάνειες

Για κάθε κατεύθυνση ανέμου εκτός από την πίεση που δημιουργείται στην εξωτερική επιφάνεια του θερμοκηπίου, δημιουργείται και μια εσωτερική πίεση από τον αέρα που μπαίνει και βγαίνει μέσω των ανοιγμάτων του θερμοκηπίου.

Ο αέρας που μπαίνει μέσα στο θερμοκήπιο είναι ίσος με αυτόν που βγαίνει. Η ροή της μάζας του αέρα είναι ανάλογη της επιφάνειας των ανοιγμάτων και της τετραγωνικής ρίζας της διαφοράς πίεσης κατά μήκος της επιφάνειας των ανοιγμάτων ή των σημείων διαρροής. Τα ανοίγματα σ' ένα θερμοκήπιο συνήθως υπολογίζονται στην περίμετρο των παραθύρων και των θυρών. Στα απλά τοξωτά, χωρίς ειδικές κατασκευές παραθύρων, όπου το πλαστικό μπαίνει σε ταινίες εγκάρσια και οι άκρες της κάθε ταινίας υπερκαλύπτουν την άκρη της προηγούμενης, ανοίγματα θεωρούνται και οι θέσεις αυτές, διότι γίνεται διαρροή αέρα και επομένως λαμβάνονται υπόψη στην εκτίμηση της εσωτερικής πίεσης. Στο σύνολο του θερμοκηπίου ισχύει:

$$\sum A \cdot (C_{pe} - C_{pi})^{1/2} = 0$$

όπου A = η επιφάνεια στην περιοχή ροής

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

Συντελεστής εσωτερικής πίεσης για αμφικλινή θερμοκήπια

Θερμοκήπια	Θέση και μέγεθος ανοιγμάτων	C _{pi}
Αμφικλινή θερμοκήπια απλής γραμμής ή πολλαπλής γραμμής	-Η έκταση των ανοιγμάτων στη μια πλευρά (μετρούμενη επί τοις εκατό της έκτασης της πλευράς) υπερβαίνει την έκταση των ανοιγμάτων των άλλων πλευρών κατά 10% τουλάχιστον και τα ανοίγματα όλων των άλλων πλευρών δεν υπερβαίνουν το 20% της επιφάνειας της αντίστοιχης πλευράς	+0,75 και -0,20
>>	- Όλες οι άλλες περιπτώσεις	± 0,20

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5

Συντελεστής εσωτερικής πίεσης για τοξωτά θερμοκήπια

Θερμοκήπια	Θέση ανοιγμάτων	Κατεύθυνση ανέμου	
		Κάθετα στη μεγάλη πλευρά	Παράλληλος στη μεγάλη πλευρά
Απλής γραμμής τοξωτά	α) Ανοίγματα αερισμού και πόρτες σε κάθε άκρο	- 0,4	+ 0,1
	β) Ανοίγματα αερισμού και πόρτες σε κάθε άκρο καθώς και ανοίγματα στις πλευρές	- 0,2	0,0
Πολλαπλής γραμμής	Ανοίγματα και πόρτες σε κάθε άκρο	- 0,3	+ 0,1

Συνδυασμοί φορτίσεων

Το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου, ο σκελετός του, η θεμελίωση του και οι διάφορες συνδέσεις, πρέπει να υπολογιστούν έτσι ώστε να μην ξεπερνά τις μέγιστες επιτρεπόμενες τάσεις και να μην παρουσιάζουν παραμορφώσεις μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες. Έτσι έχουμε τους ακόλουθους συνδυασμούς φορτίσεων.

1. Μόνιμα φορτία + χιόνι
2. Μόνιμα φορτία + άνεμος
3. Μόνιμα φορτία + κινητά φορτία
4. Μόνιμα φορτία + κινητά φορτία + άνεμος
5. Μόνιμα φορτία + κινητά φορτία + χιόνι

Οι συνδυασμοί των φορτίσεων που έχουν τον άνεμο, πρέπει να υπολογιστούν για δύο διευθύνσεις του ανέμου. Μια παράλληλη προς τη διεύθυνση του κορφιά και μία κάθετη σε αυτόν.

Όταν υπάρχουν ειδικά φορτία που επιβαρύνουν το σκελετό όπως γραμμές μεταφοράς, τότε πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επιβάρυνση αυτών πάνω στο σκελετό.

Τα μέρη του σκελετού που επιβαρύνονται με συγκεντρωμένα κατακόρυφα φορτία πρέπει να ελεγχθούν με τον εξής συνδυασμό φορτίσεων:

Μόνιμα φορτία + Συγκεντρωμένα κατακόρυφα φορτία.

Σε περιοχές που υπάρχει πιθανότητα να έχουμε χιονοθύελλα (κάτι όχι συνηθισμένο για τη χώρα μας), πρέπει να γίνει έλεγχος και στους πιο κάτω συνδυασμούς φορτίσεων.

1. Μόνιμα φορτία + κινητά φορτία + άνεμος + 1/2 χιόνι
2. Μόνιμα φορτία + κινητά φορτία + 1/2 άνεμος + χιόνι

Οι συχνότερες ζημιές στα θερμοκήπια προέρχονται από το χιόνι και από τον άνεμο.

Τέλος, πρέπει να τονίσουμε ότι ο σεισμός, που είναι κρίσιμο φορτίο για τις συνηθισμένες κατασκευές, δεν προκαλεί στα θερμοκήπια αξιόλογα φορτία και για το λόγο αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται στους συνδυασμούς φορτίσεων με τους οποίους θα πρέπει να ελεγχθεί αυτό.

Συντελεστές φόρτισης

Τα χαρακτηριστικά φορτία πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή φόρτισης (επιβάρυνσης) που εξαρτάται από το υλικό από το οποίο κατασκευάστηκε το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο, εκτός από τα ξύλινα μέρη. Ο υπολογισμός των ξύλινων συστατικών μερών της δομής γίνεται στη λεγόμενη κατάσταση χρήσης στην οποία οι τάσεις ως συνέπεια των χαρακτηριστικών φορτίσεων, δεν επιτρέπεται να ξεπερνούν τις επιτρεπόμενες για το κάθε ξύλο.

Στον επόμενο πίνακα αναφέρονται οι συντελεστές φόρτισης στο θερμοκήπιο για τα διάφορα υλικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6

Συντελεστές φόρτισης

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ
Χάλυβας	1,25
Αλουμίνιο	1,30
Προκατασκευασμένο μπετόν	1,25
Μη προκατασκευασμένο μπετόν	2,00
Κανονικό γυαλί	2,00
Γυαλί martelle	4,00

Θεμελίωση θερμοκηπίου

Η σωστή θεμελίωση είναι ζωτικής σημασίας για την αντοχή και τη διάρκεια ζωής της οποιασδήποτε κατασκευής. Ιδιαίτερα στα θερμοκήπια η τεχνική της θεμελίωσης αποκτά μεγάλη σπουδαιότητα, διότι, το έδαφος επειδή ποτίζεται συχνά με μεγάλες ποσότητες νερού, χάνει ένα μέρος της αντοχής του.

Γενικά, η θεμελίωση πρέπει να φέρει ασφαλώς τις δυνάμεις που δρουν σ' αυτή όπως:

- Το ίδιο βάρος της κατασκευής, του χιονιού και των εγκαταστάσεων.
- Τις κινήσεις του εδάφους που γίνονται με τις μεταβολές της υγρασίας του.
- Τις δυνάμεις του ανέμου (οριζόντια φορτία) που τείνουν να σηκώσουν ή να αναποδογυρίσουν την κατασκευή.

Στη θεμελίωση των θερμοκηπίων, οι κατακόρυφες και οριζόντιες φορτίσεις πρέπει να μεταφέρονται στο έδαφος και να κατανέμονται έτσι ώστε η όποια κίνηση της κατασκευής να είναι μικρή και ομοιόμορφη. Το στεγνό, συμπαγές αμμοαργιλώδες έδαφος είναι από τα καλύτερα εδάφη για θεμελίωση. Οι θεμελιώσεις σε φερτό έδαφος αποφεύγονται, διότι δημιουργούνται διαφορετικές καθιζήσεις.

Η εκτίμηση των φορτίων της θεμελίωσης γίνεται από τα μόνιμα και μεταβλητά φορτία της κατασκευαστικής μονάδας που μεταφέρονται στη θεμελίωση. Η απαιτούμενη επιφάνεια της βάσης είναι:

$$A = P/S$$

όπου: $A \rightarrow$ η επιφάνεια της βάσης σε m^2

$P \rightarrow$ φορτίο σε N

$S \rightarrow$ τάση του εδάφους σε N/m^2

Στους υπολογισμούς η τάση του εδάφους για τη θεμελίωση θεωρείται ότι δεν υπερβαίνει τα 225 KN/m^2 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7

Ενδεικτικές τιμές τάσης του εδάφους (MPC, 1980)

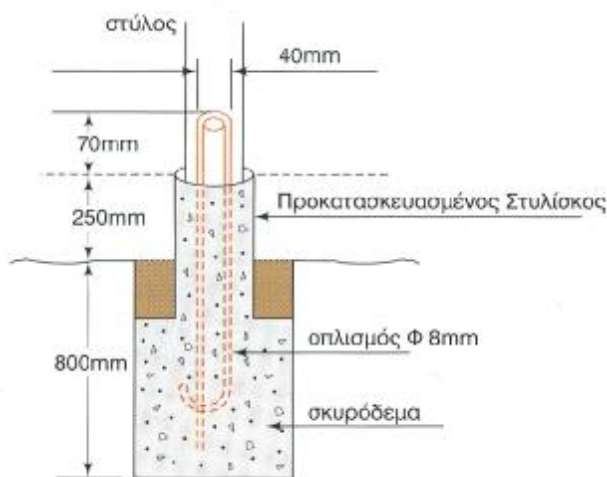
ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΤΑΣΗ ΣΕ KN/m^2
Χαλίκι, χονδρή άμμος καλά συμπιεσμένη	500
Συνήθης πηλός, άμμος	150 - 200
Μαλακός πηλός, αμμοπηλώδες έδαφος	50 - 100

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Υπουργείου Γεωργίας που ισχύουν σήμερα, όλες οι θεμελιώσεις θα πρέπει να έχουν βάρος τουλάχιστον 65 kg. Η κάτω πλευρά της βάσης θα πρέπει να μην βρίσκεται σε βάθος μικρότερο από 500mm από την επιφάνεια του εδάφους και το επάνω μέρος σε βάθος μικρότερο από 250mm από το επίπεδο του εδάφους. Οι θεμελιώσεις μπορεί να έχουν κυκλική ή τετραγωνική διατομή, με επιφάνεια όχι μικρότερη από 0,05m². Κατά τη θεμελίωση ανοίγονται στο έδαφος οπές, όπου δημιουργείται η βάση και ο στυλίσκος θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Συχνά χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι στυλίσκοι από οπλισμένο σκυρόδεμα, που τοποθετούνται στις προανοιγμένες οπές και ρίχνεται επιπλέον τσιμέντο για να δημιουργηθεί η βάση της θεμελίωσης. Στο επάνω μέρος του στυλίσκου θεμελίωσης προεξέχει μεταλλικός σύνδεσμος, πάνω στον οποίο συνδέεται με βίδες ο στύλος του θερμοκηπίου.

Στα απλής γραμμής θερμοκήπια πλαστικής κάλυψης με μικρό πλάτος και μήκος κατασκευαστικής μονάδας, η θεμελίωση θα πρέπει να γίνεται τουλάχιστον για όλες τις ακραίες και αμέσως πριν από τις ακραίες κατασκευαστικές μονάδες, οι οποίες φέρνουν και διαγώνια υποστηρίγματα.

Στα πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια με πλάτος κατασκευαστικής μονάδας μεγαλύτερο από 5m, η θεμελίωση γίνεται σε όλα τα σημεία στήριξης στο έδαφος.

Για την τιμή υπολογισμού πίεσης του μετόν, εφαρμόζονται οι συνήθεις κανονισμοί.



Εικ. 4.13. Θεμελίωση επί τόπου.

Τοποθέτηση του θερμοκηπίου

Η σωστή θέση του θερμοκηπίου και ο προσανατολισμός του είναι στοιχεία που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το κόστος θέρμανσης, τη δυνατότητα παραγωγής τους μήνες με τη μικρότερη ηλιοφάνεια, την εξεύρεση εργατικών χεριών, τις δαπάνες μεταφορών και ακόμα τη συχνή εμφάνιση ασθενειών.

Θέση

Κατά τον προσδιορισμό της θέσης του θερμοκηπίου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

Ηλιοφάνεια. Κατά το σχεδιασμό της κατασκευής και τον προσδιορισμό της θέσης του θερμοκηπίου, θα πρέπει να δίνεται προτεραιότητα στις κατασκευές και θέσεις που επιτρέπουν να ανακτάται η μέγιστη φωτεινότητα μέσα στο θερμοκήπιο, κατά τις μικρές ημέρες του χειμώνα που ο ήλιος βρίσκεται στο χαμηλότερο ύψος στον ουρανό. Το χειμώνα, το μεσημέρι ο ήλιος φαίνεται προς τα νότια. Αυτό σημαίνει ότι τα θερμοκήπια θα πρέπει να έχουν ανοικτή έκθεση προς το νότο για να δέχονται το μεγαλύτερο ποσοστό ακτινοβολίας στο εσωτερικό τους. Αν το έδαφος έχει κλίση, το ιδανικό είναι η κλίση αυτή να είναι προς τα νότια. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν εμπόδια κοντά στο θερμοκήπιο και το σκιάζουν (π.χ. υψηλά κτίρια ή δέντρα), το θερμοκήπιο θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση τουλάχιστον 2,5 φορές το ύψος του εμποδίου, είτε το εμπόδιο βρίσκεται ανατολικά, δυτικά ή νότια.

Θερμοκρασία. Οι παραθαλάσσιες περιοχές με το ήπιο κλίμα που δημιουργεί η μεγάλη θερμοχωρητικότητα της θάλασσας, είναι σε γενικές γραμμές προτιμότερες από τις ηπειρωτικές.

Έδαφος. Γενικά προτιμούνται τα αμμοπηλώδη εδάφη. Τα ελαφρά εδάφη επιφέρουν πρωιμότητα της παραγωγής και είναι δυνατόν να βελτιωθούν σημαντικά οι φυσικοχημικές τους ιδιότητες με την προσθήκη οργανικής ουσίας σε σημαντικές ποσότητες.

Στράγγιση. Η περιοχή θα πρέπει να είναι επίπεδη και με καλή στράγγιση, για να μειωθούν τα προβλήματα συγκέντρωσης αλάτων και καλού αερισμού στην

περιοχή της ρίζας. Τα νερά που βρίσκονται στο έδαφος έξω από το θερμοκήπιο, δεν θα πρέπει να μπαίνουν μέσα, διότι εκτός του ότι ψύχουν απότομα το έδαφος του θερμοκηπίου, μεταφέρουν και ασθένειες εδάφους. Συνήθως γίνεται ανεξάρτητο δίκτυο στράγγισης γύρω και μέσα στο θερμοκήπιο. **Νερό.** Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση ενός θερμοκηπίου είναι η ύπαρξη κατάλληλου νερού. Συνήθως απαιτούνται πάνω από 15m³ νερού ανά στρέμμα στο πότισμα και σε συνεκτικά εδάφη μπορεί να απαιτηθούν μέχρι και 40m³/στρ.

Άνεμος. Σε περιοχές με συχνούς και ισχυρούς Βόρειους ανέμους χρησιμοποιείται ο φυσικός ή τεχνητός ανεμοθραύστης, για να μειωθεί η πιθανότητα να πάθει ζημιά το θερμοκήπιο από πολύ ισχυρό άνεμο. Με τον ανεμοθραύστη επιδιώκουμε να μειώσουμε την ταχύτητα του ανέμου και όχι να τον σταματήσουμε.

Για την εγκατάσταση ενός αποτελεσματικού ανεμοθραύστη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα επόμενα:

- Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν περίπου το 50 % της μετωπικής επιφάνειας του ανεμοθραύστη αποτβελείται από μικρά ανοίγματα ή οπές, ομοιόμορφα κατανεμημένα.
- Ο ανεμοθραύστης πρέπει να έχει ύψος ίσο ή μεγαλύτερο από αυτό του θερμοκηπίου.
- Ο ανεμοθραύστης πρέπει να εκτείνεται σε αρκετά μεγαλύτερο πλάτος από αυτό του θερμοκηπίου που προστατεύει. Επίσης πρέπει να είναι πάντα κάθετος στην επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου.
- Πρέπει να αποφεύγονται τα κενά ανοίγματα κατά μήκος του ανεμοθραύστη. Αν είναι αναγκαίο κάποιο άνοιγμα, τότε αυτό γίνεται μεταξύ δύο γραμμών ανεμοθραύστη, οι οποίες στο σημείο του ανοίγματος αλληλοκαλύπτονται.
- Όταν ο ανεμοθραύστης τοποθετείται στο βορρά του θερμοκηπίου, δεν δημιουργείται κανένα πρόβλημα φωτισμού στο θερμοκήπιο. Αντίθετα μπορεί να προκληθεί σημαντικός περιορισμός του φυσικού φωτισμού όταν τοποθετηθούν σε άλλη θέση, εκτός από αυτή του βορρά.

Προσανατολισμός

Εκτός από τον προσδιορισμό του τόπου που θα πρέπει να τοποθετηθεί το θερμοκήπιο, θα πρέπει να αποφασισθεί και ο σωστός προσανατολισμός. Γενικά, στις περιπτώσεις περιοχών που επικρατούν ισχυροί άνεμοι, το θερμοκήπιο τοποθετείται με τη μεγάλη του πλευρά παράλληλη προς την κατεύθυνση του επικρατούντος ισχυρού ανέμου.

Οι θεωρητικοί υπολογισμοί που λαμβάνουν υπόψη την προσπίπτουσα ενέργεια σ' ένα τόπο και τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνεια του θερμοκηπίου αποδεικνύουν ότι μεγαλύτερη ωφέλεια από την ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες υπάρχει όταν ο μεγάλος άξονας έχει κατεύθυνση Α-Δ. Η ομοιογένεια όμως των μικροκλιματικών συνθηκών μέσα στο θερμοκήπιο είναι φανερό ότι επιτυγχάνεται καλύτερα όταν ο μεγάλος άξονας του θερμοκηπίου έχει κατεύθυνση Β-Ν.

Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου, εκτός από την επίδραση που έχει στο περιβάλλον του με την ποσότητα και κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας που επιτρέπει να φθάσει στα διάφορα σημεία της καλλιέργειας, επηρεάζει το περιβάλλον του θερμοκηπίου και με το μέγεθος των επιφανειών του που είναι εκτεθειμένες στον επικρατούντα άνεμο, διότι αλλάζει τις θερμικές ισορροπίες.

Από πειραματικές εργασίες που έγιναν στη νότια Γαλλία (S.E.I.) για τον προσδιορισμό του σωστού προσανατολισμού θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες, βρέθηκε ότι:

- Με απουσία ανέμου οι θερμοκρασίες της νύχτας δεν διαφέρουν πολύ στους διάφορους προσανατολισμούς.
- Οι θερμοκρασίες ημέρας το χειμώνα είναι πιο υψηλές στο θερμοκήπιο με κατεύθυνση Α-Δ (κυρίως στη νότια πλευρά) και το καλοκαίρι οι θερμοκρασίες είναι πιο υψηλές στο θερμοκήπιο με κατεύθυνση Β-Ν.
- Ο άνεμος έχει περισσότερη ή λιγότερη επίδραση ανάλογα με την κατεύθυνση και τη θέση των ανοιγμάτων του θερμοκηπίου σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.
- Στο κέντρο του θερμοκηπίου, όποια κι αν είναι η κατεύθυνση, οι ποσότητες ενέργειας που φθάνουν στο έδαφος κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι ισοδύναμες, όμως στην αρχή και στο τέλος της ημέρας φθάνει

περισσότερη ενέργεια στα θερμοκήπια με κατεύθυνση B-N. Ο συμψηφισμός στο θερμοκήπιο με κατεύθυνση A-Δ γίνεται το μεσημέρι.

- Η ασυμμετρία στη διάχυση της ακτινοβολίας φαίνεται καλύτερα όσο ο ήλιος είναι χαμηλά στον ορίζοντα. Ενώ η κατεύθυνση B-N επιτρέπει συμψηφισμό των ασυμμετριών μεταξύ της πρωινής και απογευματινής περιόδου, η κατεύθυνση A-Δ έχει σταθερή ασυμμετρία με έντονη ετερογένεια στο περιβάλλον και η νότια πλευρά είναι φανερά πιο ζεστή από τη βόρεια.
- Στη μεσογειακή ζώνη ο προσανατολισμός A-Δ δεν φαίνεται να είναι σημαντικός παράγοντας πρωιμότητας.

Χωροταξικό σχέδιο

Πριν γίνει η εγκατάσταση του θερμοκηπίου θα πρέπει να προηγηθεί ένας σχεδιασμός του χώρου ώστε να σημειωθεί η θέση όπου θα πρέπει να τοποθετηθούν τα τμήματα του θερμοκηπίου και οι βοηθητικές εγκαταστάσεις. Πριν θα πρέπει να έχει αποφασιστεί το μέγεθος του θερμοκηπίου και σε πόσα τμήματα θα πρέπει να κατασκευαστεί. Από την εμπειρία των συνθηκών της χώρας μας μπορεί κανείς να πει ότι το μέγεθος του κάθε τμήματος θα πρέπει να κυμαίνεται από 2 - 5 στρέμματα ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος του αγρού, τη θέση στην οποία βρίσκεται (βόρεια ή νότια Ελλάδα), τον επιθυμητό βαθμό εκμηχάνισης και την καλλιέργεια που θα αναπτυχθεί (καλλωπιστικά ή λαχανικά).

Κατά το σχεδιασμό της διαθέσιμης έκτασης θα πρέπει να προβλεφθούν άνετοι δρόμοι, που θα επιτρέπουν τη μετακίνηση αυτοκινήτων. Το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να βρίσκεται κατά το δυνατόν στο κέντρο της εγκατάστασης, ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά της θερμότητας. Η θέση των αποθηκών και του συσκευαστηρίου να βρίσκεται εκεί όπου εξασφαλίζονται οι λιγότερες μετακινήσεις των προϊόντων και η ευκολότερη πρόσβαση του προσωπικού.

Η κλίση του εδάφους του θερμοκηπίου καλό είναι να μην υπερβαίνει το 0,5 - 1 %, γιατί οι μεγάλες κλίσεις του εδάφους του θερμοκηπίου δημιουργούν προβλήματα στράγγισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Θέρμανση θερμοκηπίων

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση σήμερα υπάρχουν 600.000 στρέμματα θερμοκηπίων. Τα θερμοκήπια αυτά καταναλώνουν για θέρμανση και ψύξη το 1,5 % της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ε.Ε. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση θερμοκηπίων ποικίλουν και κυμαίνονται από 7 – 8 lt καυσίμου ανά m² θερμοκηπίου ετησίως στη Νότια Ευρώπη μέχρι 80 lt καυσίμου ανά m² θερμοκηπίου ετησίως στη Βόρεια Ευρώπη.

Στην Ελλάδα περίπου το 6,4 % των υπαρχόντων θερμοκηπίων χρησιμοποιούν το 0,5 % της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας στη χώρα.

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη των καλλιεργειών, στην ποιότητα και την ποσότητα των παραγομένων προϊόντων αλλά και γενικότερα στις διάφορες λειτουργίες των φυτών. Για κάθε φυτό υπάρχει μια άριστη θερμοκρασία στην οποία επιτυγχάνεται το μέγιστο της απόδοσης και της παραγωγικότητάς του. Με τη θέρμανση του θερμοκηπίου γίνεται προσπάθεια να προσεγγιστεί η κατάλληλη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των φυτών και να επιτευχθεί το μέγιστο της οικονομικής απόδοσής τους.

Το θερμοκήπιο αποτελεί ένα χώρο μερικώς ελεγχόμενων συνθηκών που είναι πιο ευνοϊκός για την ανάπτυξη των φυτών απ' ό τι ο ανοικτός αγρός. Ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός ανάπτυξης των φυτών εκφράζεται από την εξίσωση:



Συστήματα θέρμανσης

Με γνώμονα τον τρόπο μεταφοράς θερμότητας, τα διάφορα συστήματα θέρμανσης του θερμοκηπίου μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω ομάδες:

1. Συστήματα που αποδίδουν στο χώρο του θερμοκηπίου το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας με συναγωγή (επαγωγή). Περιλαμβάνονται όλα τα συστήματα στα οποία ο αέρας του θερμοκηπίου οδηγείται στο θερμαντικό σώμα, θερμαίνεται και μετά κατανέμεται στο χώρο του θερμοκηπίου, π.χ. αερόθερμα.
2. Συστήματα τα οποία αποδίδουν το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας με συνδυασμό ακτινοβολίας και φυσικής συναγωγής. Περιλαμβάνονται όλα τα συστήματα στα οποία η κατανομή θερμότητας στο χώρο γίνεται με εναέριους σωλήνες ζεστού νερού ή ατμού.
3. Συστήματα, όπου το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αποδίδεται με αγωγιμότητα. Περιλαμβάνονται τα συστήματα θέρμανσης δαπέδου ή τραπεζιών καλλιέργειας, όπου ή θερμότητα με αγωγή θερμαίνει το δάπεδο και με αγωγή από το δάπεδο θερμαίνονται οι γλάστρες και η ρίζα των φυτών.
4. Συστήματα, τα οποία αποδίδουν θερμότητα με συνδυασμό αγωγιμότητας και ακτινοβολίας. Περιλαμβάνονται συστήματα θέρμανσης με χαμηλή θερμοκρασία νερού, που κυκλοφορεί σε μεγάλης επιφάνειας σωλήνες, συνήθως πλαστικούς οι οποίοι τοποθετούνται στο δάπεδο του θερμοκηπίου.

Συμβατικά συστήματα θέρμανσης

Η θερμότητα στο χώρο του θερμοκηπίου μπορεί να δοθεί με τους παρακάτω τρόπους:

A. Τοπικά συστήματα θέρμανσης

- Θερμάστρες παραφίνης
- Θερμάστρες συναγωγής
- Συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Αερόθερμα (ηλεκτρικά, υγραερίου, πετρελαίου, στερεών καυσίμων)

B. Κεντρικά συστήματα θέρμανσης

- Λέβητες παραγωγής θερμού νερού
- Λέβητες παραγωγής ατμού

Θερμάστρες παραφίνης

Οι θερμάστρες αυτές χρησιμοποιούνται μόνο για να κρατήσουν τη θερμοκρασία του χώρου λίγο πάνω από 0°C (αντιπαγετική προστασία). Όταν υπάρχει κίνδυνος παγετού, ανάβονται από τον καλλιεργητή πολλές τέτοιες θερμάστρες στο χώρο του θερμοκηπίου. Η ακριβής ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου δεν είναι δυνατή.

Επίσης, εάν η παραφίνη δεν είναι καθαρή, επειδή τα αέρια της καύσης παραμένουν μέσα στο θερμοκήπιο, υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας τοξικών αερίων που βλάπτουν τα φυτά.

Θερμάστρες συναγωγής

Χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρά ή ερασιτεχνικά θερμοκήπια, επειδή έχουν μικρό κόστος. Δεν αυτοματοποιούνται ικανοποιητικά.

Τα αέρια καύσης περνούν από έναν μεταλλικό σωλήνα με λεπτά τοιχώματα και διατρέχουν μια αρκετά μεγάλη διαδρομή μέσα στο θερμοκήπιο, ώσπου να καταλήξουν έξω, αφού έχουν πια χάσει την περισσότερη θερμότητά τους στο χώρο του θερμοκηπίου. Συνήθως η θερμάστρα τοποθετείται σε μια άκρη του θερμοκηπίου και ο σωλήνας βγαίνει από την απέναντι. Αυτός ο σωλήνας σπανιότερα διακλαδίζεται σε μικρότερους.

Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία

Σ' αυτά τα συστήματα η θερμότητα στέλνεται απ' ευθείας από την πηγή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που μεταδίδονται σε ευθεία γραμμή στο δέκτη, που στην περίπτωσή μας είναι τα φυτά και το έδαφος. Ο αέρας δεν θερμαίνεται απ' ευθείας από την ακτινοβολία, αλλά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά, το έδαφος και τα υπόλοιπα αντικείμενα που θερμαίνονται άμεσα.

Οι σωλήνες για υπέρυθρη ακτινοβολία που χρησιμοποιούνται συνήθως στα θερμοκήπια σήμερα είναι των 17.000 Watt ή 11.000 kcal/h. Οι μεγάλης διαμέτρου σωλήνες (4") τοποθετούνται κατά μήκος του θερμοκηπίου ψηλά, σε μεταξύ τους απόσταση 7 – 10 m. στο επάνω μέρος υπάρχει μεταλλικός ανακλαστήρας 16", ώστε όλη η ακτινοβολία να κατευθύνεται προς τα κάτω.

Κάθε τέτοιος σωλήνας μπορεί να είναι ένας καυστήρας, στον οποίο εισάγεται μίγμα αέρα και καυσίμου, το οποίο με τη βοήθεια σπινθηριστή, αναφλέγεται. Η θερμοκρασία του σωλήνα φτάνει μέχρι τους 480 °C, που δεν είναι τόσο υψηλή θερμοκρασία ώστε να επιτρέπει την εκπομπή κοντά στη ορατή ακτινοβολία (που θα άλλαζε τη φωτοπεριοδικότητα μερικών καλλιεργειών). Το μήκος του κάθε σωλήνα φθάνει μέχρι έξω από το θερμοκήπιο, απ' όπου μέσω μιας αναρροφητικής αντλίας βγαίνουν τα αέρια καύσης.

Η υπέρυθη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκε την περίοδο της πετρελαϊκής κρίσης με στόχο κυρίως την εξοικονόμηση ενέργειας και είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σ' αυτό το σύστημα οφείλεται στα εξής:

- 1) Τα αέρια βγαίνουν από το σωλήνα σε θερμοκρασία κατώτερη από ότι στους συνηθισμένους καυστήρες. Αυτό σημαίνει καλύτερη εκμετάλλευση καυσίμων. Η αποδοτικότητα της καύσης υπολογίζεται σε 90 %.
- 2) Η χαμηλότερη θερμοκρασία στον αέρα του θερμοκηπίου εξασφαλίζει χαμηλότερη θερμοκρασιακή διαφορά του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα και επομένως λιγότερες θερμικές απώλειες του θερμοκηπίου.
- 3) Μειώνεται η στρωμάτωση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο, με αποτέλεσμα πάλι λιγότερες θερμικές απώλειες με επαγωγή στο κάλυμμα και μειωμένες διαφυγές αέρα.
- 4) Παρουσιάζει μείωση κατά 75 % της ηλιακής ενέργειας που καταναλίσκει σε σχέση με την παραδοσιακή θέρμανση, διότι ο μόνος κινητήρας που απαιτείται είναι αυτός για την έξοδο των αερίων καύσης.

Αερόθερμα

Η θέρμανση με αερόθερμα χρησιμοποιείται πολύ στο θερμοκήπιο, διότι η αρχική εγκατάσταση στοιχίζει φθηνότερα απ' ότι στη θέρμανση με ζεστό νερό. Έχει υψηλή αποδοτικότητα, αυτοματοποιείται εύκολα και δεν παρουσιάζει αδράνεια στην αύξηση της θερμοκρασίας χώρου. Σε πολύ μικρό χρόνο από τότε που ο θερμοστάτης θα δώσει την εντολή στο αερόθερμο να λειτουργήσει, θερμαίνεται ο αέρας του θερμοκηπίου.

Μειονεκτήματα των συστημάτων θέρμανσης με αερόθερμα είναι ότι σε ψυχρά κλίματα δεν θερμαίνεται ικανοποιητικά το έδαφος.

Τα αερόθερμα ταξινομούνται στις παρακάτω ομάδες:

1. Ηλεκτρικά αερόθερμα:

Αποτελούνται από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα και ηλεκτρικές αντιστάσεις. Ο ανεμιστήρας ωθεί τον αέρα του θερμοκηπίου να περάσει από τις ηλεκτρικές αντιστάσεις, θερμαίνεται και επανέρχεται στο θερμοκήπιο. Επειδή η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά υψηλή, ο τρόπος αυτός θέρμανσης θερμοκηπίων είναι ακριβός. Χρησιμοποιείται όμως στα πειραματικά και ερασιτεχνικά θερμοκήπια, διότι αυτοματοποιείται πολύ εύκολα και ρυθμίζει με ακρίβεια τη θερμοκρασία του χώρου. Η λειτουργία των αερόθερμων ρυθμίζεται από θερμοστάτη χώρου.

2. Αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού:

Ο ατμός ή το ζεστό νερό προέρχονται από ένα λέβητα παραγωγής ατμού ή ζεστού νερού. Ο ατμός ή το ζεστό νερό κυκλοφορεί σ' ένα σύστημα σωλήνων μεγάλης επιφάνειας, στους οποίους ένας ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας ωθεί τον αέρα του θερμοκηπίου να περάσει μεταξύ τους και να θερμανθεί.

3. Αερόθερμα πετρελαίου, αερίου ή στερεών καυσίμων:

Αποτελούνται από τρία λειτουργικά μέρη: το δοχείο καύσης, το μεταλλάκτη θερμότητας και τον ανεμιστήρα. Το καύσιμο καίγεται στο δοχείο καύσης για να παραχθεί η θερμότητα, η οποία περιέχεται αρχικά στα αέρια της καύσης που ανεβαίνουν από ένα σύστημα πολλών σωλήνων με λεπτά τοιχώματα (που αποτελεί το μεταλλάκτη του αερόθερμου), οι οποίοι καταλήγουν στην καπνοδόχο. Ένας ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας στο πίσω μέρος του αερόθερμου σπρώχνει τον αέρα του θερμοκηπίου στο μεταλλάκτη, ώστε να πάρει τη θερμότητα και να επιστρέψει στο χώρο του θερμοκηπίου.

Η λειτουργία του αερόθερμου ρυθμίζεται από θερμοστάτη τοποθετημένο σε κατάλληλη θέση μέσα στο θερμοκήπιο.

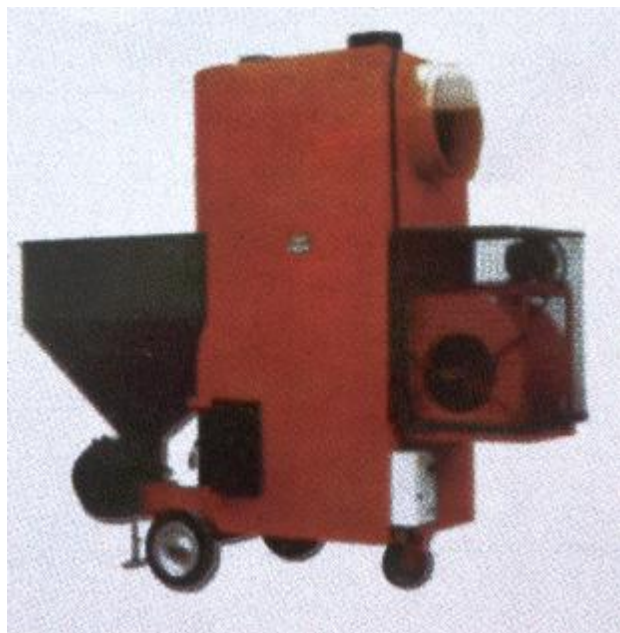
Στην αγορά κυκλοφορούν αερόθερμα για κατακόρυφη ή οριζόντια μετακίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο.

Τα κατακόρυφης μετακίνησης, που κυρίως είναι αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού, προωθούν τον αέρα του θερμοκηπίου από επάνω προς τα κάτω. Συνήθως κατασκευάζονται σε τέτοιο μέγεθος που να καλύπτουν απόσταση ίση με το πλάτος της κατασκευαστικής μονάδας του θερμοκηπίου. Το μειονέκτημα

τους είναι ότι παρουσιάζουν σχετική ανομοιομορφία θέρμανσης του χώρου και καμιά φορά συμβαίνει να στεγνώνει περισσότερο το έδαφος ακριβώς κάτω από τα αερόθερμα, με αποτέλεσμα ανομοιομορφία στην ανάπτυξη των φυτών.

Αυτό το πρόβλημα περιορίζεται με τα οριζόντια μεταφοράς αερόθερμα που χρησιμοποιούνται σήμερα στις περισσότερες περιπτώσεις. Με την οριζόντια κατανομή του αέρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λιγότερα και μεγαλύτερα αερόθερμα, με αποτέλεσμα μειωμένο αρχικό κόστος και εγκατάστασης.

Σε μια σωστή εγκατάσταση αερόθερμου ο αέρας καύσης προέρχεται από τον εξωτερικό χώρο. Ο καυστήρας συνδέεται με τον εξωτερικό αέρα με άκαυστο εύκαμπτο σωλήνα, που στις περισσότερες περιπτώσεις χώνεται κάτω από το έδαφος. Συνήθως χρησιμοποιείται σωλήνας διαμέτρου 20 cm, με διατομή 314 cm², για κάθε 42.000 kW. Η καπνοδόχος των αερόθερμων βγαίνει ακριβώς πάνω από το θερμοκήπιο και το ύψος της θα πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μην επιστρέφει ο καπνός στο θερμοκήπιο. Το μήκος της καπνοδόχου από το δοχείο καύσης πρέπει να είναι από 2,7 – 4 m, για να εξασφαλίζεται κατάλληλο ρεύμα.



Εικ. 5.1. Αερόθερμο ξηρών καυσίμων.

Στα μικρής έκτασης θερμοκήπια ο ζεστός αέρας του αερόθερμου κατανέμεται στο χώρο του θερμοκηπίου απ' ευθείας από την έξοδό του. Στα μεγάλης έκτασης, τοποθετείται κατά μήκος του θερμοκηπίου λεπτός, διαφανής σωλήνας πολυαιθυλενίου, που συνδέεται με την έξοδο του θερμού αέρα του

αερόθερμου. Ο κάθε σωλήνας είναι κλειστός στο άλλο άκρο του και φέρει κατά μήκος στρογγυλές οπές διαμέτρου 5 – 7,5 cm κατά ζεύγη. Ο ζεστός αέρας από το αερόθερμο βγαίνει από τις οπές με ταχύτητα και ανακατεύεται γρήγορα με τον γύρο αέρα. Με αυτό το σύστημα εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας από την μια άκρη του θερμοκηπίου στην άλλη.

Οι πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες μπορεί να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους ή να κρέμονται από την οροφή, πάνω από το ύψος των φυτών.

Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με θερμό νερό ή ατμό

Η θερμότητα παράγεται στον καυστήρα, που τοποθετείται σε μόνιμη θέση μέσα ή έξω από το θερμοκήπιο και μεταφέρεται με νερό που θερμαίνεται ή με ατμό που παράγεται στο λέβητα. Το θερμό νερό ή ο ατμός οδηγείται στο θερμοκήπιο με σωληνώσεις.

Το σύστημα αυτό έχει το πλεονέκτημα, ότι αν σχεδιαστεί σωστά μπορεί να θερμάνει ικανοποιητικά και τον αέρα και το έδαφος του θερμοκηπίου, μειονεκτεί όμως στο ότι έχει μεγάλη αδράνεια. Δηλαδή από τη στιγμή που θα δεχθεί την εντολή να θερμάνει το χώρο ή να σταματήσει τη θέρμανση μέχρι να πραγματοποιηθεί μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ο λέβητας τοποθετείται συνήθως στους χώρους εργασίας ή μέσα στο θερμοκήπιο, για να αποφεύγονται οι απώλειες ενέργειας από τα τοιχώματα του και από τους σωλήνες μεταφοράς. Αποτελείται από τον καυστήρα που τροφοδοτεί και αναφλέγει το καύσιμο, τον θάλαμο καύσης μέσα στο οποίο καίγεται το καύσιμο και τα μεταλλικά τοιχώματα που περιβάλλουν τον θάλαμο καύσης, στα οποία υπάρχουν χώροι κυκλοφορίας ζεστού νερού. Η θερμότητα από την καύση περνά μέσω των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης στο νερό και το θερμαίνει.

Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μεταφορά θερμότητας στο νερό. Στους καινούργιους λέβητες, προκειμένου να αυξηθεί η απόδοσή τους, αυξάνεται η επιφάνεια με τη δημιουργία ελικοειδών χώρων, απ' όπου περνούν τα θερμά καυσαέρια πριν φθάσουν στην καμινάδα.

Στο νερό που χρησιμοποιείται στους λέβητες πρέπει να γίνεται επεξεργασία, ώστε να μην αφήνονται άλατα στα τοιχώματα του λέβητα, διότι δημιουργείται πέτρα που μειώνει τη θερμική αγωγιμότητα.

Στη αγορά υπάρχουν πολλά είδη λεβήτων ζεστού νερού ή ατμού. Οι λέβητες ατμού είναι περίπου ίδιοι με τους λέβητες ζεστού νερού, έχουν όμως το μεγαλύτερη αντοχή τοιχωμάτων και πλεονεκτούν στα παρακάτω σημεία:

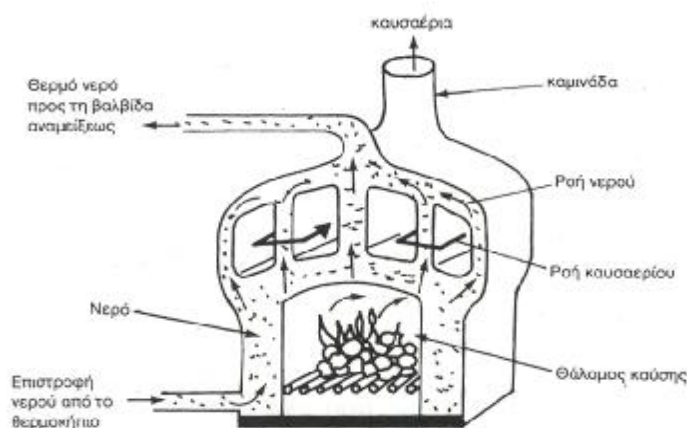
- 1) Είναι πιο αποδοτικοί, διότι έχουν μικρότερες απώλειες.
- 2) Ο ατμός εκτός από τη θέρμανση του θερμοκηπίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην απολύμανση του εδάφους και των εδαφικών μιγμάτων.
- 3) Έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής, διότι γίνεται μικρότερη διάβρωση του μετάλλου.

Για τα πλεονεκτήματά τους αυτά οι λέβητες ατμού συχνά χρησιμοποιούνται και στα συστήματα θέρμανσης με ζεστό νερό, θερμαίνοντας το νερό μέσω μεταλλάκτη.

Γενικά όταν χρησιμοποιείται λέβητας ατμού, η διανομή της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου μπορεί να γίνει με:

- Σωληνώσεις ατμού
- Σωληνώσεις ζεστού νερού μέσω μεταλλάκτη
- Θερμό νερό μέσω μεταλλάκτη

Οι λέβητες παραγωγής ατμού είναι οπωσδήποτε πιο ακριβοί από τους λέβητες θερμού νερού και απαιτούν συντήρηση από ειδικευμένο άτομο.



Εικ. 5.2. Τομή λέβητα.

Σωληνώσεις θερμού νερού

Το νερό είτε θερμαίνεται σε έναν λέβητα και προωθείται με κυκλοφορητή στις σωληνώσεις που έχουν εγκατασταθεί στο χώρο του θερμοκηπίου, ή θερμαίνεται σ' ένα μεταλλάκτη ατμού νερού και προωθείται με κυκλοφορητή πάλι στις εγκαταστάσεις του θερμοκηπίου. Όταν δεν απαιτείται θερμότητα στο θερμοκήπιο, τότε το νερό μπορεί να κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις με τον κυκλοφορητή, χωρίς να διέρχεται από το λέβητα ή το μεταλλάκτη. Όταν απαιτείται θερμότητα, ο θερμοστάτης δίνει εντολή να ανοίξει αναλογικά μια τρίοδος βαλβίδα για να επιτρέψει σε μια ποσότητα από το νερό των σωληνώσεων να περάσει από το λέβητα ή το μεταλλάκτη και να θερμανθεί πριν ξανακυκλοφορήσει στις σωληνώσεις θέρμανσης.

Ένας άλλος θερμοστάτης τοποθετημένος στο λέβητα ευαισθητοποιείται με τη θερμοκρασία του νερού στο λέβητα και αυτόματα μέσω του καυστήρα αναβοσβήνει τη φωτιά, ώστε η θερμοκρασία του νερού να διατηρείται σταθερή και να μην υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο (συνήθως 85 °C ή 95 °C).

Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται συνήθως για διανομή της θερμότητας στην περιφέρεια του θερμοκηπίου είναι μαύροι σιδηροσωλήνες διαμέτρου 5 cm (2").

Το νερό μέσα στους σωλήνες έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται από 85 έως 95 °C ανάλογα με το αν θα εφαρμοστεί σύστημα υψηλής ή χαμηλής πίεσης.

Το μήκος των σωλήνων που χρειάζονται στο χώρο του θερμοκηπίου, προσδιορίζεται από τις απαιτούμενες θερμίδες και την απόδοση των σωλήνων και πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το διπλάσιο του μήκους της περιμέτρου του θερμοκηπίου.

Σωληνώσεις ατμού

Οι σωληνώσεις αυτές κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης βρίσκονται σε θερμοκρασία 102 °C. Για το λόγο αυτό απαιτείται μικρότερη επιφάνεια σωλήνων ζεστού νερού για να αποδώσει την ίδια ποσότητα θερμίδων στο χώρο του θερμοκηπίου. Η συνήθης διάμετρο για σωληνώσεις ατμού είναι 2,5 – 4 cm ($1^2 - 1\ 1/2^2$).

Ο ατμός παράγεται στο λέβητα και μεταφέρεται στο θερμοκήπιο μέσω των σωλήνων μεταφοράς. Η ροή του ατμού στις σωληνώσεις ρυθμίζεται από ηλεκτρική βαλβίδα. Ένας θερμοστάτης που βρίσκεται στο θερμοκήπιο, ανοίγει τη βαλβίδα όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από το επιθυμητό επίπεδο και αντίθετα.

Μειονεκτήματα της θέρμανσης με ατμό είναι:

- 1) Συχνά παρουσιάζονται καψίματα στα φυτά και ατυχήματα στους εργαζόμενους, επειδή οι σωλήνες βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασία.
- 2) Απαιτούνται παγίδες νερού που να συγκεντρώνουν το συμπυκνωμένο νερό το οποίο πρέπει να επιστρέψει στο καυστήρα.
- 3) Σε περιοχές όπου η εξωτερική θερμοκρασία μπορεί να πέσει σε χαμηλά επίπεδα για πολλές ώρες, όταν συμβεί ξαφνική διακοπή του συστήματος θέρμανσης με ατμό η θερμοκρασία του θερμοκηπίου θα μειωθεί πολύ πιο απότομα απ' ό τι στο σύστημα με ζεστό νερό, διότι στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει μεγάλη ποσότητα νερού μέσα στις σωληνώσεις, που αποδίδουν σιγά – σιγά τη θερμότητα του στο χώρο.

Θέση των σωλήνων θέρμανσης

Οι κεντρικές σωληνώσεις που φέρνουν το νερό από το λέβητα και οι σωληνώσεις επιστροφής που μαζεύουν το νερό, το οποίο επιστρέφει από το θερμοκήπιο και το οδηγούν στο λέβητα, τοποθετούνται συνήθως στην περιφέρεια του θερμοκηπίου.

Επειδή τα ρεύματα του αέρα που δημιουργούνται από τις ψυχρές επιφάνειες της οροφής και το θερμό κέντρο προκαλούν κατά τόπους ψυχρές θέσεις στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, μόνο το ένα τρίτο των σωληνώσεων (όχι όμως πάνω από 8 σειρές σωλήνων ή λιγότερες από 2), τοποθετείται περιμετρικά. Το υπόλοιπο τοποθετείται στο εσωτερικό, χαμηλά μεταξύ των φυτών, ή ένα μέρος στην οροφή και το άλλο χαμηλά μεταξύ των φυτών.

Οι σωλήνες θέρμανσης θα πρέπει να κατευθύνονται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών, για να μην εμποδίζουν την κυκλοφορία στο θερμοκήπιο.

Η σύνδεση των σωλήνων μεταξύ τους στις σειρές μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- ♦ Με το σύστημα του ορθογωνίου, όπου δύο μεγάλης διαμέτρου κατακόρυφοι αγωγοί στην αρχή και στο τέλος μιας σειράς συνδέονται με τους σωλήνες

θέρμανσης κι έτσι το καυτό νερό έρχεται από το λέβητα στον αγωγό μεγάλης διατομής και κατανέμεται στη σειρά των σωλήνων που διατρέχουν το θερμοκήπιο, στην άλλη άκρη των οποίων καταλήγει σε αγωγό συλλέκτη. Οι σειρές των σωλήνων μπαίνουν με μικρή κλίση από το οριζόντιο επίπεδο και στα υψηλότερα σημεία τοποθετούνται παγίδες αέρα, ώστε να απομακρύνονται τυχόν φυσαλίδες αέρος που υπάρχουν στις σωληνώσεις.



Εικ. 5.3. Σύνδεση σωλήνων με το σύστημα ορθογωνίου.

- ♦ Με το σύστημα τρομπονιού, όπου η κυκλοφορία του νερού ή του ατμού γίνεται σε συνεχή σωλήνα. Κατά την διαδρομή υπάρχουν παγίδες νερού, που επιτρέπουν στον ατμό να συνεχίζει την κυκλοφορία του και στο νερό να επιστρέφει στο λέβητα. Έτσι η θερμοκρασία είναι ίδια σ' όλο το μήκος του συστήματος.



Εικ. 5.4. Σύνδεση σωλήνων με το σύστημα τρομπονιού.

Εκτός από τους κοινούς σιδηροσωλήνες, για θέρμανση θερμοκηπίων κυκλοφορούν στο εμπόριο και οι περυγιοφόροι σωλήνες, έτσι ώστε η μεταφορά θερμότητας ανά μονάδα μήκους στο χώρο να είναι πολύ μεγαλύτερη, τετραπλάσια ή και παραπάνω από τους συνηθισμένους.

Η θέση των σωλήνων θέρμανσης που τοποθετούνται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, εξαρτάται από τον τύπο του θερμοκηπίου και από το είδος της καλλιέργειας:

- i. Στα θερμοκήπια με μικρό πλάτος κατασκευαστικού στοιχείου, με προσανατολισμό Βορρά – Νότου, όταν χρησιμοποιείται ο κλασικός τρόπος τοποθέτησης, οι σωληνώσεις θέρμανσης στο εσωτερικό τοποθετούνται κατά μήκος των στύλων και στηρίζονται σ' αυτούς, αφήνοντας έτσι το έδαφος ελεύθερο προς μια κατεύθυνση για την καλλιέργεια. Η διάμετρος των μεταλλικών σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως 5 cm (2").
- ii. Όπου χρησιμοποιούνται τραπέζια καλλιέργειας για τα γλαστρικά φυτά και τον πολλαπλασιασμό φυτών, οι σωλήνες θέρμανσης τοποθετούνται κάτω από το τραπέζι. Στα γαρίφαλα, τριαντάφυλλα και χρυσάνθεμα που φυτεύονται σε λεκάνες, ο σωλήνας θέρμανσης τοποθετείται περιμετρικά της λεκάνης. Όταν καλλιεργούνται φυτά για δρεπτά άνθη, συνήθως τοποθετούνται ψηλά στο θερμοκήπιο μερικοί σωλήνες θέρμανσης, έτσι ώστε το ισοζύγιο θερμικής ακτινοβολίας να είναι θετικό για τα φυτά και να αποφεύγεται η συμπύκνωση υδρατμών σ' αυτά και κατ' ακολουθία οι προσβολές από μυκητολογικές ασθένειες. Αντί αυτών πολλές φορές τοποθετούνται αερόθερμα θερμού νερού.
- iii. Η τομάτα και η αγγουριά φυτεύονται σε δίδυμες γραμμές. Για τη θέρμανση αυτών των καλλιεργειών τοποθετούνται συνήθως περιμετρικά της δίσημης γραμμής φύτευσης μια σειρά μεταλλικών σωληνώσεων διαμέτρου 2,5 cm ή δύο τρεις σειρές 1,25 cm, που κρέμονται από το σκελετό του θερμοκηπίου και μπορούν να μετακινούνται καθ' ύψος παράλληλα με την ανάπτυξη των φυτών. Με αυτό το σύστημα το έδαφος και τα φυτά επωφελούνται από τη θερμική ακτινοβολία των σωλήνων και ταυτόχρονα ο γύρω από αυτά αέρας θερμαίνεται με επαγωγή.
- iv. Όταν το θερμοκήπιο βρίσκεται σε περιοχή όπου συσσωρεύεται αρκετό χιόνι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η τοποθέτηση μερικών σωλήνων ψηλά, έτσι ώστε να λιώνει γρηγορότερα το χιόνι, προστατεύει το θερμοκήπιο από τον κίνδυνο κατάρρευσης
- v. Συχνά οι μεταλλικοί σωλήνες θέρμανσης συνδυάζονται με τη μηχανική μετακίνηση στο θερμοκήπιο και τοποθετούνται στην επιφάνεια του

εδάφους, όπου χρησιμεύουν και ως σιδηροτροχιές κάποιου βαγονέτου μεταφοράς. Επακόλουθο αυτής της τοποθέτησης είναι η πολύ καλή θέρμανση του εδάφους και του ριζικού συστήματος των φυτών. Οι σωλήνες τοποθετούνται στους διαδρόμους. Μπορούν μάλιστα να είναι και μετακινούμενοι προς τα επάνω ή και να λύνονται για να μην εμποδίζουν τις καλλιεργητικές φροντίδες πριν και κατά τη φύτευση.

Συστήματα θέρμανσης με νερό χαμηλής θερμοκρασίας

Αφορούν συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν νερό θερμοκρασίας 20 – 60 °C, που προέρχονται κυρίως από τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας, ή και από συμβατικά καύσιμα όταν χρησιμοποιούνται σωλήνες πολυαιθυλενίου για τη διανομή της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου.

Τα διάφορα συστήματα θέρμανσης με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, μπορεί να ταξινομηθούν όπως παρακάτω:

- **Απόδοση θερμότητας στο έδαφος:** Στα συστήματα θέρμανσης του εδάφους, επειδή η άριστη θερμοκρασία της ρίζας είναι γύρω στους 22 °C, η θερμοκρασία του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 – 35 °C. Οι υψηλές θερμοκρασίες δημιουργούν προβλήματα στα φυτά, αυξημένη σχετική υγρασία στο χώρο, καθώς επίσης και ευνοϊκό περιβάλλον για γρήγορη ανάπτυξη νηματωδών. Η απαίτηση για χαμηλή θερμοκρασία νερού δεν επιτρέπει την απόδοση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές να απαιτείται συμπληρωματικό σύστημα για τη θέρμανση του αέρα του θερμοκηπίου. Συνήθως χρησιμοποιούνται σωλήνες PE, διαμέτρου 2 έως 10 cm, σ' ένα βάθος 5 έως 50 cm και με απόσταση μεταξύ τους 20 έως 80 cm.
- **Απόδοση θερμότητας στο τσιμεντένιο πάτωμα:** Το θερμαινόμενο τσιμεντένιο πάτωμα γίνεται από μπετόν ή πορώδες μπετόν, πάχους 9,5 – 10,5 cm, μέσα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί σωλήνες PE διαμέτρου 16 – 20 mm, σε αποστάσεις 30 cm. Από το κάτω μέρος του πατώματος έχει τοποθετηθεί χοντρή άμμος ή χαλίκι και πλάκες πολυστερίνης 5 cm για μόνωση. Η θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί είναι μέχρι 40 °C και

η απόδοση ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 5,1 – 8,8 W/m²·K. Ο συντελεστής θερμικής επαγωγής είναι 3,5 W/m²·K. Η μέγιστη απόδοση του συστήματος είναι 120 W/m².

- **Απόδοση θερμότητας στο έδαφος και αέρα:** Συνήθως τοποθετούνται σωλήνες PE διαμέτρου 16 – 20 mm και τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές, δεξιά και αριστερά από τη γραμμή των φυτών. Οι πλαστικοί σωλήνες μπορεί να είναι με λεία τοιχώματα ή αυλακωτά. Ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ανά μέτρο τέτοιου σωλήνα, κυμαίνεται από 0,67 W/m·K έως 1,6 W/m·K.
- **Απόδοση θερμότητας στον αέρα:** Χρησιμοποιούνται σωλήνες από χάλυβα, αλουμίνιο ή πλαστικοί PE. Η διαφορά από τα προηγούμενα δύο συστήματα είναι ότι το έδαφος θερμαίνεται μόνο από την ακτινοβολία των σωλήνων και όχι με αγωγιμότητα. Η ταχύτητα του νερού στους σωλήνες αυτού του είδους μπορεί να κυμανθεί έτσι ώστε να κυκλοφορεί νερό από 0,25 έως 1,5 m³/h.
- **Απόδοση θερμότητας με αερόθερμα:** Στα αερόθερμα ο μεταλλάκτης είναι μικρής έκτασης και αυξάνεται η απόδοσή του με την αυξημένη ταχύτητα του αέρα που δημιουργεί ένας ηλεκτρικός ανεμιστήρας. Επειδή η απόδοση αυτών των συστημάτων μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί και η μεταφορά ενέργειας στο χώρο γίνεται πολύ γρήγορα, γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά συστήματα στις ώρες αιχμής. Το κόστος λειτουργίας τους εξαρτάται σημαντικά από το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Ως ένδειξη μπορούμε να αναφέρουμε ότι όταν χρησιμοποιείται νερό 28 °C, η κατανάλωση ενέργειας είναι μία ηλεκτρική μονάδα κάθε 20 – 30 θερμικές μονάδες (KJ).
- **Θέρμανση στην οροφή:** Στην θέρμανση από την οροφή παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα υψηλής σχετικής υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου και μειωμένης περατότητας στο φως.
- **Συνδυασμός συστημάτων:** Είναι η συνηθέστερη μέθοδος, ιδιαίτερα για συστήματα θέρμανσης με ήπιες μορφές ενέργειας. Συνήθως εφαρμόζονται σωλήνες θέρμανσης πάνω στο έδαφος που λειτουργούν το μεγαλύτερο διάστημα και επί πλέον χρησιμοποιούνται αερόθερμα που λειτουργούν τις ώρες αιχμής.

Θερμοστατική λειτουργία

Με εξαίρεση τις απλές θερμάστρες, η λειτουργία όλων των άλλων συστημάτων θέρμανσης ελέγχεται από έναν θερμοστάτη. Θερμοστάτης είναι ένας διακόπτης ηλεκτρικού ρεύματος που ενεργοποιείται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία στην οποία ο θερμοστάτης ανοίγει και κλείνει το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ρυθμιζόμενη. Όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο, τότε ο θερμοστάτης κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και ενεργοποιείται η κυκλοφορία του ζεστού νερού, ή στην περίπτωση του αερόθερμου η ανάφλεξη και ο ανεμιστήρας του. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από το επιθυμητό επίπεδο, τότε ο θερμοστάτης ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα και η μεταφορά και η παραγωγή θερμότητας σταματά.

Ο θερμοστάτης συνήθως τοποθετείται στο κέντρο του θερμοκηπίου, στο ύψος του φυλλώματος. Στα γαστρικά φυτά 15 – 30 cm πάνω από το χείλος της γλάστρας, ενώ στα λαχανικά και τα κομμένα λουλούδια το αισθητήριο θα πρέπει να μετακινείται προς τα πάνω, παράλληλα με την ανάπτυξη των φυτών.

Το αισθητήριο του θερμοστάτη πρέπει να προστατεύεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, διαφορετικά δεν θα αναφέρεται στη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου. Στο ίδιο σημείο με το αισθητήριο του θερμοστάτη, αλλά ρυθμισμένος χαμηλότερα, είναι χρήσιμο να τοποθετείται και δεύτερος θερμοστάτης, συνδεδεμένος με σύστημα συναγερμού που λειτουργεί με μπαταρία, ώστε να ηχήσει σε περιπτώσεις που κινδυνεύει η καλλιέργεια αν δεν λειτουργήσει το σύστημα θέρμανσης.

Επειδή οι θερμοστάτες δεν είναι πάντα μεγάλης ακρίβειας, θα πρέπει να συνδέονται και από υδραργυρικό θερμομέτρο, βάσει του οποίου θα ρυθμίζονται.

Εφεδρική γεννήτρια

Στα μεγάλα θερμοκήπια, καθώς και στα μικρότερα που βρίσκονται σε περιοχές με πολλές χιονοπτώσεις, ή ισχυρούς παγετούς, ή έχουν μόνο δυναμικό εξαερισμό, είναι απαραίτητο να συνδεθεί στο ηλεκτρικό δίκτυό τους μια εφεδρική γεννήτρια, που να μπαίνει αυτόματα σε λειτουργία σε περίπτωση

διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος και να ενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης και εξαερισμού.

Συμβατικά καύσιμα

Η θέρμανση των θερμοκηπίων με συμβατικά καύσιμα περιλαμβάνει:

- Τη θέρμανση με πετρέλαιο
- Τη θέρμανση με αέριο (φυσικό ή υγραέριο)
- Τη θέρμανση με ηλεκτρική ενέργεια

Θέρμανση με πετρέλαιο

Η θέρμανση των θερμοκηπίων επιτυγχάνεται κυρίως με Μαζούτ, το οποίο καίγεται σε ειδικούς καυστήρες και η παραγόμενη θερμότητα μέσω κάποιου ρευστού (νερού ή αέρα) θερμαίνει το θερμοκήπιο.

Στην περίπτωση θέρμανσης νερού, αυτό κυκλοφορεί συνήθως σε επιδαπέδιους πλαστικούς σωλήνες που βρίσκονται μέσα στο θερμοκήπιο και επιτυγχάνεται η θέρμανση του χώρου.

Στην περίπτωση θέρμανσης αέρα, αυτός κυκλοφορεί με τη βοήθεια ανεμιστήρων εντός πλαστικών διάφανων σωλήνων καθ' όλο το μήκος του θερμοκηπίου και έτσι επιτυγχάνεται η θέρμανση του χώρου.

Τα συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων με πετρέλαιο είναι αρκετά διαδεδομένα και μπορούν να αυτοματοποιηθούν πλήρως, ενώ επιτυγχάνουν σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Το χρησιμοποιούμενο πετρέλαιο αποθηκεύεται σε δεξαμενές έξω από το χώρο του θερμοκηπίου, ενώ για την αποφυγή ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα καυσαέρια, λαμβάνονται μέτρα όπως και στην περίπτωση θέρμανσης κτιρίων με πετρέλαιο.

Θέρμανση με αέριο

Η θέρμανση των θερμοκηπίων με αέριο (υγραέριο) είναι ανάλογη της θέρμανσης με υγρά καύσιμα. Χρησιμοποιούνται βέβαια διαφορετικά συστήματα καύσης, ενώ το υγραέριο αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές έξω από το θερμοκήπιο. Με τη λειτουργία του δικτύου διανομής του φυσικού αερίου σε μεγάλο μέρος της χώρας θα είναι δυνατή η χρήση φυσικού αερίου σύντομα

για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Με τη χρησιμοποίηση υγραερίου μπορεί να επιτευχθεί πολύ ικανοποιητικός έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου του θερμοκηπίου, ενώ το σύστημα θέρμανσης αυτοματοποιείται πλήρως.

Όταν η θέρμανση του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία θερμού νερού σε σωληνώσεις, ένας θερμοστάτης εντός του χώρου του θερμοκηπίου ενεργοποιεί τον κυκλοφορητή και τις ηλεκτροβάνες, ενώ ένας άλλος θερμοστάτης στο κύκλωμα του θερμού νερού ενεργοποιεί το σύστημα καύσης. Όταν η θέρμανση του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία θερμού αέρα, ένας θερμοστάτης στο χώρο του θερμοκηπίου ενεργοποιεί το σύστημα καύσης και τον ανεμιστήρα μεταφοράς του θερμού αέρα.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης πλαστικών σωλήνων νερού, τοποθετημένων πάνω στο έδαφος του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 40 – 60 °C. στην περίπτωση χρησιμοποίησης θερμού αέρα που μεταφέρεται δια μέσου πλαστικών αεραγωγών εντός του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία του θερμού αέρα θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 35 – 40 °C.

Το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίου με υγραέριο ισχύος 150.000 kcal/h ανέρχεται σήμερα σε 2.000.000 δραχμές περίπου.

Θέρμανση με ηλεκτρική ενέργεια

Η θέρμανση θερμοκηπίων με ηλεκτρική ενέργεια είναι μια ακριβή μέθοδος και δεν εφαρμόζεται σήμερα παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές σόμπες τοποθετημένες κατάλληλα σε διάφορα σημεία του θερμοκηπίου. Βρίσκει όμως κάποιες εφαρμογές σε μικρούς θερμοκηπιακούς χώρους, που διαθέτουν συστήματα υδρονέφωσης. Οι προοπτικές ευρύτερης εφαρμογής αυτής της μεθόδου στο μέλλον είναι μηδαμινές.

Θέρμανση θερμοκηπίων με εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους για τη θέρμανση των θερμοκηπίων. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες.

A. Παθητικά συστήματα θέρμανσης

Παθητικά ηλιακά θερμοκήπια ονομάζουμε τα θερμοκήπια εκείνα στα οποία το σύστημα συλλογής θερμότητας είναι ενσωματωμένο στην κατασκευή του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ενέργεια αφού συλλεχθεί πρέπει να αποθηκευτεί και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης της θερμότητας, τα θερμοκήπια κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες όπως:

Συστήματα αποθήκευσης θερμότητας σε νερό εντός του θερμοκηπίου

Ένα τέτοιο ηλιακό παθητικό σύστημα για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελείται από πλαστικές σακούλες με νερό, που τοποθετούνται στο έδαφος ανάμεσα στα φυτά του θερμοκηπίου. Κάτω από τις σακούλες τοποθετείται ένα μαύρο φύλλο πολυαιθυλενίου που απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και ένα μονωτικό πλαστικό που μειώνει τις απώλειες θερμότητας από το νερό στο έδαφος.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα απορροφάται και αποθηκεύεται στο νερό που βρίσκεται μέσα στις σακούλες. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν η θερμοκρασία εντός του χώρου του θερμοκηπίου είναι χαμηλή, θερμότητα μεταφέρεται από τις σακούλες με το νερό εντός του χώρου του θερμοκηπίου.

Οι σακούλες με το νερό πρέπει να καλύπτουν το 35 – 40 % του εδάφους του θερμοκηπίου και να περιέχουν 80 – 100 m³ νερού για κάθε στρέμμα θερμοκηπίου.

Παθητικό σύστημα θέρμανσης με αποθήκευση θερμότητας στο υπέδαφος και με υπόγειο εναλλάκτη θερμότητας

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, σε βάθος 2 μέτρων μέσα στο έδαφος εγκαθίσταται ένας εναλλάκτης θερμότητας εδάφους – αέρα, που αποτελείται από 20 αλουμινοσωλήνες μήκους 15 m και διαμέτρου 20 cm.

Η θερμότητα του χώρου του θερμοκηπίου ρυθμίζεται με την κυκλοφορία του αέρα στον εναλλάκτη και στο χώρο του θερμοκηπίου. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται με τη λειτουργία ενός ανεμιστήρα οποτεδήποτε η θερμοκρασία του χώρου πέφτει κάτω από 12 °C ή ανεβαίνει πάνω από 28 °C.

Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι το γεγονός ότι σε ένα υπάρχον θερμοκήπιο δεν μπορεί να γίνει εκσκαφή σε βάθος μόνο λίγων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Το έδαφος επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αποθήκη θερμότητας. Με την χρησιμοποίηση πλαστικών σωλήνων ή σωλήνων αλουμινίου το χειμώνα, η θερμότητα μεταφέρεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποθηκεύεται στο υπέδαφος και τη νύχτα μεταφέρεται από το υπέδαφος στο θερμοκήπιο.

Οι σωληνώσεις αυτές συνήθως τοποθετούνται σε βάθος 0,5 – 2 m από την επιφάνεια σε 2 σειρές.

Παθητικό σύστημα θέρμανσης με αποθήκευση θερμότητας σε χαλίκι

Ένα απλό και αποτελεσματικό μέσο αποθήκευσης θερμότητας είναι το χαλίκι, που αποτελείται από πέτρες διαμέτρου 20 – 100 mm. Το χαλίκι τοποθετείται στο χώρο κάτω του θερμοκηπίου σε βάθος 40 – 50 cm και σε ένα χώρο που περιβάλλεται από μπετόν, το οποίο έχει μονωθεί. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου είναι υψηλή και ο αέρας με έναν ανεμιστήρα διοχετεύεται στο χώρο που είναι το χαλίκι προσδίδοντας του θερμότητα. Τη νύχτα, όπου η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου είναι χαμηλή, πάλι με τη βοήθεια του ανεμιστήρα κυκλοφορεί ο αέρας αντίστροφα και μεταφέρει θερμότητα από το χαλίκι στο χώρο του θερμοκηπίου.

Υπολογίζεται ότι ο όγκος του χαλικιού πρέπει να είναι $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ θερμοκηπίου, δηλαδή για ένα θερμοκήπιο 1.000 m^2 αντιστοιχούν 300 m^3 χαλικιού. Η παροχή του ανεμιστήρα υπολογίζεται σε $5 \text{ m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$. Η κατασκευή ενός τέτοιου παθητικού συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να γίνει πριν την κατασκευή του θερμοκηπίου, οπότε ανασκάπτεται ο χώρος κάτω από το καλλιεργούμενο έδαφος.

Παθητικό σύστημα θέρμανσης με αποθήκευση θερμότητας σε υλικά με υψηλή λανθάνουσα θερμότητα

Υλικά με υψηλή λανθάνουσα θερμότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση θερμότητας. Ένα τέτοιο υλικό είναι ο χλιαρόλιθος με χημική σύσταση $\text{CaCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, με σημείο τήξεως $25 \text{ }^\circ\text{C}$ και λανθάνουσα θερμότητα 154900 kJ/m^3 . Το υλικό συνήθως τοποθετείται κάτω από το έδαφος σε χώρο καλά μονωμένο ή σε ένα τοίχο στο βόρειο μέρος του θερμοκηπίου. Θερμός αέρας μέσα από το θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας κυκλοφορεί δια μέσου του υλικού αποθήκευσης.

Θερμότητα απορροφάται από το υλικό και αποθηκεύεται ενώ το υλικό αλλάζει φάση. Τη νύχτα κρύος αέρας από το χώρο εντός του θερμοκηπίου κυκλοφορεί δια μέσου του υλικού αποθήκευσης θερμότητας και αφού θερμανθεί επιστρέφει στο χώρο του θερμοκηπίου. Το υλικό αποθήκευσης αλλάζει πάλι φάση.

Αντικατάσταση του υλικού αποθήκευσης πρέπει να γίνεται κάθε 1 – 2 χρόνια, κάτι που πολλές φορές είναι δύσκολο. Εκτός του χλιαρόλιθου άλλα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι $\text{NaOH} + \text{Cr}_2\text{N}$, $\text{CaBr}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ κ.α.

Άλλα συστήματα αποθήκευσης θερμότητας

Ένα απλό παθητικό σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει την κατασκευή ενός τοίχου στη βόρεια πλευρά του θερμοκηπίου. Ο τοίχος πάχους περίπου 60 cm μπορεί να κατασκευασθεί από πέτρες ή μπετόν ή και τσιμεντόπλινθους και εξωτερικά να είναι καλά μονωμένος ενώ εσωτερικά βαμμένος μαύρος.

Ο τοίχος αυτός χρησιμεύει σαν αποθήκη θερμότητας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία του αέρα εντός του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του τοίχου αλλά και ο τοίχος δέχεται κατ' ευθείαν τις ακτίνες του ηλίου, με αποτέλεσμα θερμότητα να αποθηκεύεται στον τοίχο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία του αέρα εντός του θερμοκηπίου είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του τοίχου και τότε η θερμότητα μεταφέρεται από τον τοίχο στο χώρο εντός του θερμοκηπίου.

Αυτά τα συστήματα είναι φθηνά στην κατασκευή τους και μπορούν να καλύψουν ένα μέρος των ετήσιων αναγκών θέρμανσης των θερμοκηπίων.

Δεν έχουν κόστος λειτουργίας, όμως για την πλήρη κάλυψη των θερμικών αναγκών θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και ένα συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης. Σε μια εναλλακτική κατασκευή ο τοίχος στη βόρεια πλευρά του θερμοκηπίου μπορεί να είναι κατασκευασμένος από πέτρες.

B. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων περιλαμβάνουν ένα σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας, η οποία κατάλληλα αποθηκευμένη μπορεί να καλύψει σε σημαντικό βαθμό τις θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χαρακτηρίζονται και διαφοροποιούνται ανάλογα με:

1. Τον τύπο των ηλιακών συλλεκτών.

Διάφοροι τύποι συλλεκτών έχουν χρησιμοποιηθεί όπως γυάλινοι ή πλαστικοί συλλέκτες επιπέδου επιφάνειας, καθώς και με μεταλλική επιφάνεια απορρόφησης. Συγκεντρωτικοί συλλέκτες ή ηλιακές λίμνες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί.

- **Μεταλλικοί συλλέκτες ηλιακής ενέργειας:** Μεταλλικοί συλλέκτες νερού καλυπτόμενοι από γυαλί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση θερμοκηπίων σε συνδυασμό με δεξαμενές αποθήκευσης νερού. Το νερό θερμαίνεται στους συλλέκτες και είτε κυκλοφορεί αμέσως εντός του θερμοκηπίου με κατάλληλες σωληνώσεις ή αποθηκεύεται κάπου για να χρησιμοποιηθεί όταν χρειασθεί. Ο λόγος της επιφάνειας των συλλεκτών προς την επιφάνεια του θερμοκηπίου ποικίλουν από $0,05 - 0,32 \text{ m}^2/\text{m}^2$, ενώ ο λόγος της δεξαμενής αποθήκευσης νερού προς την επιφάνεια του θερμοκηπίου ποικίλει από $0,02$ σε $0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης συλλεκτών θέρμανσης αέρα και αποθήκευσης της θερμότητας σε κλίνη από πέτρες, που συνήθως κατασκευάζονται κάτω από το θερμοκήπιο, η επιφάνεια των συλλεκτών ποικίλει από $0,08$ έως $0,46 \text{ m}^2/\text{m}^2$, ενώ ο όγκος της κλίνης ποικίλει από $0,05$ έως $0,28 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

- **Πλαστικοί συλλέκτες ηλιακής ενέργειας:** Οι πλαστικοί ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να θερμάνουν αέρα ή νερό, που στη συνέχεια είτε αμέσως ή εμμέσως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Το κύριο χαρακτηριστικό των πλαστικών ηλιακών συλλεκτών είναι η απλότητα και το φθινό κόστος κατασκευής τους. Μπορούν να επιτύχουν κάλυψη των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου κατά $30 - 50 \%$. Το βασικό μειονέκτημά τους είναι ότι φθείρονται εύκολα και έχουν υψηλό κόστος συντήρησης.

- **Θέρμανση θερμοκηπίων με ηλιακές λίμνες:** Ηλιακή λίμνη θεωρείται κάθε διάταξη αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας που σχετίζεται με την απορρόφηση και την αποθήκευσή της σε μάζες νερού. Σε μια ηλιακή λίμνη μπορούν να επιτευχθούν θερμοκρασίες που πλησιάζουν τους $100 \text{ }^\circ\text{C}$, ενώ για τη θέρμανση θερμοκηπίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί θερμό νερό θερμοκρασίας $50 - 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ή και χαμηλότερης.

Ο βαθμός απόδοσης της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας στην ηλιακή λίμνη είναι σχετικά χαμηλός και κυμαίνεται μεταξύ $15 - 22 \%$. Ένας υπόγειος εναλλάκτης θερμότητας τοποθετημένος στον πυθμένα της ηλιακής λίμνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή

θερμού νερού, το οποίο στη συνέχεια με ένα επιδαπέδιο σύστημα σωλήνων μπορεί να θερμάνει το θερμοκήπιο.

Η ηλιακή λίμνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την κάλυψη όλων των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου είτε για την κάλυψη μόνο των βασικών θερμικών αναγκών.

2. Το υλικό μεταφοράς θερμότητας που κυκλοφορεί εντός του συλλέκτη.

Σαν υλικό μεταφοράς της θερμότητας εντός των συλλεκτών έχει χρησιμοποιηθεί αέρας, νερό και άλμη.

3. Το υλικό αποθήκευσης της θερμότητας.

Η αποθήκευση της θερμότητας μπορεί να επιτευχθεί σε νερό, βράχο, χαλίκι, τούβλα ή και στο έδαφος.

4. Την τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών.

Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών εκτός του θερμοκηπίου σημαίνει οικονομική επιβάρυνση λόγω του κόστους απόκτησης της γης. Εναλλακτικά τα συστήματα συλλογής της ηλιακής ενέργειας μπορούν να τοποθετηθούν στην οροφή του θερμοκηπίου, παρουσιάζονται όμως τότε άλλα προβλήματα σχετιζόμενα με τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου.

Εφαρμογές της βιομάζας στη θέρμανση θερμοκηπίων

Η θέρμανση θερμοκηπίων με βιομάζα περιλαμβάνει:

Τη θέρμανση με ξύλο

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή σε κατάλληλα σημεία του θερμοκηπίου τοποθετούνται ξυλόσομπες, όπου με την καύση ξύλων παράγεται θερμότητα και επιτυγχάνεται η ανύψωση της θερμοκρασίας εντός του χώρου του θερμοκηπίου. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με καυστήρες που καταναλώνουν ξύλο και το παραγόμενο θερμό νερό με κατάλληλο σύστημα επιδαπέδιας θέρμανσης θερμαίνει τον χώρο του θερμοκηπίου.

Σήμερα μια ρεαλιστική προοπτική αποτελεί η δημιουργία ενεργειακών φυτειών και η χρήση του ξύλου για θέρμανση θερμοκηπίων. Σε μια τέτοια περίπτωση επιθυμητό είναι να χρησιμοποιούνται είδη δέντρων ταχείας ανάπτυξης για την επίτευξη υψηλής παραγωγικότητας των εδαφών σε βιομάζα.

Επίσης υπολείμματα ξύλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Έτσι ξύλα από κτίρια που κατεδαφίζονται, υπολείμματα ξυλουργείων, υπολείμματα κήπων αφού πρώτα τεμαχισθούν σε μικρά κομμάτια με ειδική μηχανή, μεταφέρονται σε ένα φούρνο καύσης. Ο λέβητας παράγει θερμό νερό θερμοκρασίας 90 – 110 °C που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του θερμοκηπίου. Τα οικονομικά οφέλη από τη μέθοδο αυτή είναι ικανοποιητικά για μεγάλου μεγέθους μονάδες.

Ένας άλλος τρόπος είναι η αεριοποίηση του ξύλου και η χρήση του παραγόμενου καυσίμου για θέρμανση θερμοκηπίων. Το σύστημα αποτελείται από:

- i. Μια αποθήκη ξύλου
- ii. Ένα σύστημα μεταφοράς του ξύλου με ατέρμονα κοχλία
- iii. Το σύστημα αεριοποίησης του ξύλου
- iv. Το φούρνο καύσης των αερίων που παράγονται
- v. Το σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων

Στο σύστημα αεριοποίησης το ξύλο καίγεται σε αναλογία μικρότερη από τη στοιχειομετρική και παράγεται CO. Το παραγόμενο αέριο καίγεται σε ένα φούρνο υποκαθιστώντας το φυσικό αέριο. Τα καυσαέρια μετά το φούρνο διέρχονται δια μέσου κυκλώνα και φίλτρου πριν διατεθούν στην ατμόσφαιρα. Έτσι κατακρατώνται διάφορα στερεά σωματίδια. Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος κυμαίνεται μεταξύ 67 – 89 % και εξαρτάται από το ποσοστό H₂ στο αέριο καύσης. Το σύστημα αυτό θέρμανσης θερμοκηπίου συμφέρει οικονομικά για μεγάλες θερμοκηπιακές μονάδες.

Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο

Μια σχετικά νέα μέθοδος θέρμανσης θερμοκηπίων με χρήση βιομάζας αποτελεί θ θέρμανση με ελαιοπυρηνόξυλο. Το πυρηνόξυλο από κατάλληλα σιλό μεταφέρεται σε ένα καυστήρα / λέβητα και το θερμό νερό που παράγεται κυκλοφορώντας σε επιδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται εντός του θερμοκηπίου θερμαίνει το χώρο. Στην περίπτωση επιδαπέδιου συστήματος πλαστικών σωληνώσεων η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται στους 55 °C περίπου και η θερμοκρασία του νερού επιστροφής 5 - 8 °C χαμηλότερα. Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι αυτοματοποιούνται πλήρως και μπορούν να επιτύχουν πλήρη έλεγχο της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα θερμοκήπια βρίσκονται κοντά σε ελαιοπαραγωγικές περιοχές, που υπάρχει διαθέσιμο ελαιοπυρηνόξυλο, διαφορετικά η μεταφορά του κοστίζει αρκετά.

Τα συστήματα αυτά θέρμανσης βρίσκουν τελευταία πολλές εφαρμογές στην Κρήτη αλλά και αλλού για θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων, καθώς παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος καυσίμου, δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού κ.α. Επίσης το ελαιοπυρηνόξυλο αποτελεί μια εγχώρια ενεργειακή πρώτη ύλη.

Όταν το θερμοκήπιο που χρησιμοποιεί ελαιοπυρηνόξυλο βρίσκεται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, μπορούν να παρουσιαστούν προβλήματα με τους κατοίκους της περιοχής λόγω της δυσοσμίας του πυρηνόξυλου που βρίσκεται στην αποθήκη και λόγω του καπνού που εξέρχεται από την καμινάδα του καυστήρα. Για να περιοριστεί το πρόβλημα του καπνού, ο καλλιεργητής θα πρέπει να εγκαταστήσει ένα σύστημα μείωσης του καπνού και των σωματιδίων που εξέρχονται από την καμινάδα του καυστήρα. Ο καυστήρας του ελαιοπυρηνόξυλου θα πρέπει να συντηρείται τακτικά και σωστά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

Παραγωγή ελαιοπυρηνόξυλου σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

	ΤΝ/ΕΤΟΣ
ΑΤΤΙΚΗ	8081
ΥΠ. ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	46925
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	134908
ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ	37405
ΗΠΕΙΡΟΣ	4331
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	16786
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	7087
ΘΡΑΚΗ	913
ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ	37280
ΚΡΗΤΗ	109038
ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΑΣ	402754

Θέρμανση θερμοκηπίων με βιοαέριο

Η θέρμανση θερμοκηπίων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση βιοαερίου. Το σύστημα θέρμανσης με βιοαέριο είναι ανάλογο με το σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιεί υγραέριο. Το βιοαέριο μπορεί να προέρχεται από:

1. Χώρους υγειονομικής ταφής στερεών καυσίμων
2. Εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης ιλύος μονάδων επεξεργασίας αστικών λημμάτων
3. Εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης κτηνοτροφικών αποβλήτων.
4. Εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης βιομηχανικών αποβλήτων πλούσιων σε οργανικό φορτίο π.χ. αποβλήτων ελαιουργείων.

Στην Ελλάδα σήμερα βιοαέριο παράγεται σε λίγες εγκαταστάσεις με τις μεθόδους 1 και 2.

Το βιοαέριο είναι πλούσιο σε μεθάνιο (CH_4) και συνήθως όταν παράγεται περιέχει προσμίξεις δύσοσμών και διαβρωτικών αερίων.

Τα αέρια αυτά θα πρέπει να απομακρυνθούν πριν από τη χρήση του, διότι διαφορετικά θα προκαλέσουν διάβρωση του καυστήρα και του λέβητα. Η θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου είναι περίπου $5000 \text{ kcal/n}\cdot\text{m}^3$.

Για να είναι συμφέρουσα η χρήση του βιοαερίου θα πρέπει το θερμοκήπιο που θα θερμανθεί να βρίσκεται πλησίον της εγκατάστασης παραγωγής του, για να αποφεύγεται η αποθήκευση και η μεταφορά του.

Εφαρμογές της γεωθερμίας στη θέρμανση θερμοκηπίων

Η θέρμανση θερμοκηπίων μπορεί να επιτευχθεί σχετικά εύκολα με τη χρήση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας, δηλαδή ρευστών με θερμοκρασία κάτω των $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να μεταφερθεί από την πηγή στο χώρο του θερμοκηπίου και να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση είτε άμεσα είτε έμμεσα. Εφ' όσον το γεωθερμικό ρευστό είναι καθαρό από χημικές προσμίξεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας για θέρμανση με την κυκλοφορία του σε επιδαπέδιους σωλήνες από ειδικό πλαστικό. Εάν όμως περιέχει αρκετές ρυπογόνες ουσίες, ενδείκνυται η χρησιμοποίηση εναλλάκτη θερμότητας για θέρμανση νερού και χρήση του θερμού νερού για τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Σε ορισμένες περιπτώσεις το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των βασικών θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου και μια άλλη πηγή θέρμανσης π.χ. μαζούτ για κάλυψη των αναγκών αιχμής.

Τα αέρια που συνήθως εξέρχονται από μια γεωθερμική πηγή είναι H_2S , CO_2 , CH_4 και NH_3 και συνεπώς δημιουργούν προβλήματα αέριας ρύπανσης εφ' όσον δεν αντιμετωπισθούν κατάλληλα.

Τα γεωθερμικά ρευστά μετά τη χρησιμοποίησή τους στο θερμοκήπιο πρέπει να διατεθούν στο περιβάλλον. Δεδομένου ότι συνήθως περιέχουν ρυπογόνες ουσίες π.χ. άλμη, διαλυμένα στερεά, μέταλλα εν διαλύσει κ.α., δημιουργούνται προβλήματα για τη διάθεσή τους σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη όπως λίμνη, ποτάμι, θάλασσα. Η πιο πρακτική λύση συνιστάται στη δημιουργία μιας νέας

γεώτρησης σε κάποια απόσταση από την αρχική και η άντληση του χρησιμοποιημένου γεωθερμικού ρευστού μέσω της νέας αυτής γεώτρησης στο υπόγειο στρώμα του γεωθερμικού ρευστού.

Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει στο κόστος κατασκευής του γεωθερμικού συστήματος θέρμανσης να συνεκτιμηθεί το κόστος επαναφοράς του γεωθερμικού ρευστού στο υπόγειο στρώμα.

Εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμοκήπια

Οι κυριότερες μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας στα θερμοκήπια είναι:

- ***Η χρήση θερμοκουρτίνων:*** Είναι η πιο συνηθισμένη τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας στο θερμοκήπιο. Πρόκειται για μια κουρτίνα που απλώνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας εσωτερικά του θερμοκηπίου στη μεριά της οροφής και των πλευρών του. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται κατά τη διάρκεια της νύχτας οι θερμικές απώλειες με ακτινοβολία και επαγωγή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας πρέπει η θερμοκουρτίνα να μαζεύεται, γιατί η ύπαρξη της μειώνει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στα φυτά. Σήμερα υπάρχουν συστήματα θερμοκουρτίνων πλήρως αυτοματοποιημένα.
- ***Το διπλό κάλυμμα πλαστικού:*** Εφ' όσον το κάλυμμα του θερμοκηπίου είναι διπλό πλαστικό, μειώνονται οι θερμικές απώλειες του θερμοκηπίου καθώς μειώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Βέβαια, μειώνεται η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στα φυτά.
- ***Η ελαχιστοποίηση των διαρροών του αέρα από το θερμοκήπιο:*** Συνήθως στα περισσότερα θερμοκήπια παρατηρείται διαφυγή του αέρα από σημεία διαρροών. Η διαφυγή θερμού αέρα και η αντικατάστασή του με ψυχρό σημαίνει απώλειες θερμότητας, επομένως πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα πιθανά σημεία διαρροών του αέρα από το θερμοκήπιο.
- ***Η μόνωση της βορινής πλευράς του θερμοκηπίου:*** Η μόνωση της βορινής πλευράς του θερμοκηπίου που είναι εκτεθειμένη σε βορινούς ανέμους, μειώνει τις θερμικές απώλειές του, χωρίς να μειώνεται σημαντικά η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στα φυτά μέσα στο θερμοκήπιο. Μια καλή πρακτική

είναι το κτίσιμο ενός τοίχου στη βορινή πλευρά και η μόνωσή του εξωτερικά με ένα μονωτικό υλικό π.χ. υαλοβάμβακα κ.α.

- ***Η μείωση της ταχύτητας του ανέμου εξωτερικά του θερμοκηπίου:***
Αυξημένοι άνεμοι έξω από το θερμοκήπιο αυξάνουν τις απώλειες θερμότητας. Ένας αποτελεσματικός ανεμοθραύστης στη βόρεια πλευρά του θερμοκηπίου μειώνει την ταχύτητα των βόρειων ψυχρών ανέμων και συνεπώς τις απώλειες θερμότητας, χωρίς να μειώνει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία του θερμοκηπίου. Τελευταία χρησιμοποιούνται τεχνητοί ανεμοθραύστες από πλαστικό ή και άλλο υλικό. Ο ανεμοθραύστης πρέπει να έχει περατότητα, διαφορετικά δημιουργούνται στρόβιλοι του ανέμου και μπορούν να προκληθούν ζημιές. Συνήθως χρησιμοποιούνται ανεμοθραύστες με περατότητα 70 % ή 50 % αν υπάρχουν χιονοπτώσεις στην περιοχή.

Εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στη θέρμανση των θερμοκηπίων

Θέρμανση θερμοκηπίων με αντλίες θερμότητας

Η αντλία θερμότητας αποτελείται από:

- i. Το ρευστό που αλλάζει φάση (Freon)
- ii. Σωλήνες μεταφοράς του ρευστού
- iii. Το συμπιεστή που ενεργεί στο ρευστό
- iv. Το συμπυκνωτή (το τμήμα όπου υγροποιείται το ρευστό και αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον).
- v. Τον εξατμιστή (το τμήμα όπου εξαερώνεται το ρευστό και απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον)
- vi. Ανεμιστήρες η αντλίες και συστήματα αυτοματισμού

Με την αντλία θερμότητας, όταν λειτουργεί με σκοπό τη θέρμανση, μεταφέρεται θερμότητα (Q) από μια πηγή που είναι συνήθως το νερό ή ο αέρας έξω από το θερμοκήπιο, μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Η αξία της αντλίας θερμότητας έγκειται στο γεγονός ότι (μέσω του εξατμιστή) μπορεί να αποσπάσει θερμότητα, από μέσα με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες όπως το νερό και ο ατμοσφαιρικός αέρας και να την αποδώσει (μέσω του συμπυκνωτή)

σε πολύ υψηλότερη θερμοκρασία, μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Η ίδια αντλία θερμότητας μπορεί να κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργεί και αντίστροφα, για να μπορεί να συμβάλει και στην ψύξη του θερμοκηπίου.

Η λειτουργία του συμπιεστή της αντλίας θερμότητας μπορεί να γίνεται με ηλεκτροκινητήρα ή με κινητήρα συμβατικών καυσίμων. Αν η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη λειτουργία της αντλίας είναι W , τότε η θερμότητα που μεταφέρεται στο χώρο του θερμοκηπίου είναι $Q + W$. Ο βαθμός απόδοσης της αντλίας είναι:

$$n = (Q + W)/W = Q/W + 1 > 1$$

Η αποτελεσματικότερη λειτουργία της αντλίας γίνεται όταν η μεταφερόμενη θερμότητα Q είναι η μεγαλύτερη δυνατή και η καταναλισκόμενη ενέργεια η μικρότερη δυνατή.

Στο θερμοκήπιο η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

- Για θέρμανση μόνο
- Για ψύξη μόνο
- Για θέρμανση και ψύξη
- Για αφύγρανση μόνο
- Για αφύγρανση σε συνδυασμό με θέρμανση
- Για αφύγρανση σε συνδυασμό με ψύξη

Σχετικά με την πηγή θερμότητας που χρησιμοποιούν και το μέσο διανομής της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε:

1. Νερού – νερού. Στην περίπτωση που η πηγή έχει σταθερή θερμοκρασία και η διαφορά θερμοκρασίας εξατμιστή και συμπυκνωτή δεν είναι μεγάλη η μέγιστη απόδοση είναι $n = 5$, η μέση τιμή του n είναι 3,5 και η ελάχιστη τιμή του 2,5 – 3,0.
2. Νερού – αέρα. Η μέση τιμή του βαθμού απόδοσης είναι 3,5.
3. Αέρα – νερού. Η μέγιστη τιμή του n είναι 3,0 – 4,0 και η μέση τιμή είναι 2,5.
4. Αέρα – αέρα. Η μέση τιμή του n είναι 2,0.

Για την επιλογή της αντλίας θερμότητας ως σύστημα θέρμανσης στο θερμοκήπιο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η διαθέσιμη πηγή θερμότητας, το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος ή του συμβατικού καυσίμου, το αρχικό κόστος εγκατάστασης και οι δαπάνες συντήρησης που δεν φαίνεται να είναι ευκαταφρόνητες.

Τα πλεονεκτήματα της θέρμανσης θερμοκηπίων με αντλίες θερμότητας είναι:

1. Επιτυγχάνεται ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου και το σύστημα αυτοματοποιείται πλήρως.
2. Επειδή ο βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος του 1, το κόστος λειτουργίας του συστήματος δεν είναι τόσο υψηλό όσο όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές σόμπες για τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Τα μειονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι:

1. Το υψηλό κόστος εγκατάστασης.
2. Το σύστημα είναι σύνθετο και στην περίπτωση βλάβης απαιτείται ειδικό συνεργείο αποκατάστασης.
3. Για αντλίες νερού – νερού ή νερού – αέρα απαιτείται η ύπαρξη πηγής νερού π.χ. γεώτρηση, λίμνη ή ποτάμι.

Θέρμανση θερμοκηπίων με υβριδικό σύστημα ηλιακής ενέργειας και αντλία θερμότητας

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για να θερμαίνουν νερό το οποίο αποθηκεύεται σε μια καλά μονωμένη δεξαμενή.

Μια αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται για να θερμάνει το νερό στα επιθυμητά επίπεδα, ούτως ώστε να είναι κατάλληλο για τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και χρήση της παραγόμενης θερμότητας για θέρμανση θερμοκηπίων.

Η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού έναντι της χωριστής παραγωγής βρίσκει σήμερα όλο και περισσότερες εφαρμογές, γιατί επιτυγχάνει πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης μέχρι 85 – 90 %. Επομένως για την ίδια

ποσότητα καυσίμου παράγονται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, με αποτέλεσμα το κόστος της ενέργειας να είναι χαμηλότερο και η ρύπανση του περιβάλλοντος ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας μικρότερη.

Για την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή υγραέριο και βιομάζα. Σήμερα στην αγορά διατίθενται και μικρά συστήματα συμπαραγωγής ισχύος και κάτω των 100 KW. Η παραγόμενη θερμότητα από τα συστήματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση νερού και αυτό για τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Κατά τη συμπαραγωγή η σχέση της παραγόμενης θερμότητας προς την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι συνήθως 1 KWh ηλεκτρισμού έναντι 1,5 KWh θερμότητας. Στα θερμοκήπια η σχέση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς την καταναλισκόμενη θερμότητα είναι περίπου 1:16.

Συνεπώς όταν εγκαθίσταται ένα σύστημα συμπαραγωγής για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του θερμοκηπίου, θα πρέπει να διατεθεί η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια που δεν μπορεί να καταναλωθεί εντός του θερμοκηπίου. Μια λύση αποτελεί η πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ. Αυτό το σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίων χρησιμοποιείται ευρύτατα σε θερμοκήπια της Ολλανδίας.

Ανάκτηση θερμότητας από βιομηχανίες και χρησιμοποίησή της για θέρμανση θερμοκηπίων

Πολλές φορές θερμότητα χαμηλής ενθαλπίας απορρίπτεται από διάφορες βιομηχανίες στο περιβάλλον είτε υπό μορφή νερού ψύξεως, είτε ατμού, είτε θερμών αερίων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα θερμικής ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Όταν η εκροή μιας βιομηχανίας είναι θερμό νερό, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου με επιδαπέδιο σύστημα θέρμανσης ή με κάποιο άλλο τρόπο. Όταν η εκροή είναι ατμός ή καυσαέρια, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση νερού με εναλλάκτη θερμότητας και στη συνέχεια αυτό για τη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Η μέθοδος αυτή θέρμανσης είναι παρόμοια με τη μέθοδο θέρμανσης των θερμοκηπίων με γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας, πλεονεκτεί δε στο ότι δεν απορρίπτονται χημικές ρυπογόνες ουσίες στο περιβάλλον κάτι σύνηθες στην εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων.

Χρησιμοποίηση στοιχείων καυσίμου για τη θέρμανση θερμοκηπίων

Η χρησιμοποίηση στοιχείων καυσίμου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του θερμοκηπίου θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει στο μέλλον μια ενδιαφέρουσα προοπτική.

Το στοιχείο καυσίμου είναι ένα ηλεκτροχημικό σύστημα που μετατρέπει τη χημική ενέργεια που εκλύεται από μια χημική αντίδραση απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αντίθεση με ένα συμβατικό σύστημα μετατρέπει πρώτα τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε μηχανική ενέργεια και στη συνέχεια με έναν ηλεκτρικό κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ένα εμπορικό στοιχείο καυσίμου έχει απόδοση 36 % σε ηλεκτρική ενέργεια και 54 % σε θερμική ενέργεια, ενώ τα αέρια που εκλύονται έχουν ελάχιστη συγκέντρωση οξειδίων του Αζώτου και του Θείου. Έτσι σε μια πιθανή εφαρμογή στοιχείων καυσίμου για θέρμανση θερμοκηπίου, θα μπορούν να καλύπτονται οι θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου, καθώς και οι ανάγκες του σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ η περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας θα πωλείται.

Βέβαια οι τιμές των στοιχείων καυσίμου είναι αρκετά υψηλές σήμερα για τέτοιες εφαρμογές, όμως η χρησιμοποίηση στις ΗΠΑ στοιχείων καυσίμου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών θερμοκηπίων ντομάτας, έδωσαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

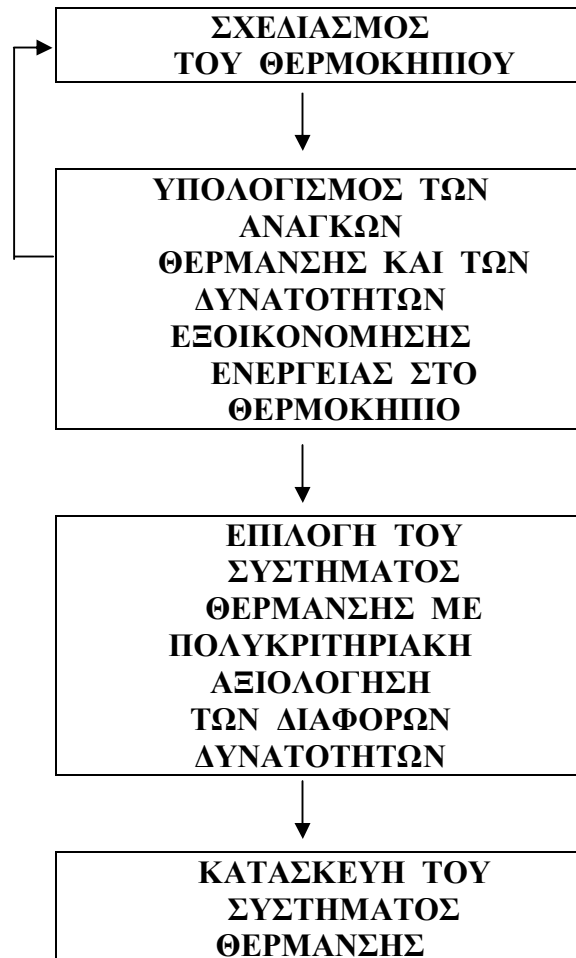
Εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης του θερμοκηπίου

Κατά την εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

Ø Η μείωση του φυσικού φωτισμού που προκαλείται στο χώρο του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή.

- Ø Ο χώρος που καταλαμβάνει το σύστημα θέρμανσης δεν θα πρέπει να είναι σε βάρος του χώρου καλλιέργειας.
- Ø Η θέση όπου τοποθετείται δεν θα πρέπει να δυσχεραίνει τις καλλιεργητικές εργασίες ή την απόδοση εργασίας (εμπόδια στους διαδρόμους, υψηλούς θορύβους κλπ.).
- Ø Μια πιθανή αύξηση της ταχύτητας του αέρα δεν θα πρέπει να προκαλεί τοπικούς κραδασμούς ή τοπικές αφυδατώσεις των φυτών.
- Ø Να μην αυξάνεται υπερβολικά ο ολικός συντελεστής απωλειών του θερμοκηπίου. Πολύ μεγάλες ταχύτητες του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο ή πολύ μεγάλες επιφάνειες θερμαντικών στοιχείων, αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας.
- Ø Η κατανομή της θερμότητας στο χώρο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομοιόμορφη, ώστε να αποφευχθούν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας τοπικά και επομένως ανομοιομορφία κατανάλωσης νερού και ρυθμού αύξησης των φυτών.
- Ø Το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να μειώνει αποτελεσματικά και τη συμπύκνωση υδρατμών επάνω στα φυτά.
- Ø Θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλο σύστημα ελέγχου, ώστε το σύστημα θέρμανσης να αντιδρά γρήγορα στις μεταβολές των κλιματικών παραμέτρων.
- Ø Η καπνοδόχος του κεντρικού συστήματος θέρμανσης πρέπει να τοποθετείται αρκετά ψηλά, ώστε να μην επιστρέφουν με τον αέρα οι καπνοί μέσα στο θερμοκήπιο και σε τέτοια θέση, που να μην σκιάζει τις καλλιέργειες.
- Ø Σημαντικό επίσης στοιχείο είναι η ασφάλεια και αξιοπιστία στη λειτουργία του, καθώς και το μικρό κόστος συντήρησης.

Στο επόμενο σχήμα παρατηρούμε τα διάφορα στάδια από το σχεδιασμό του θερμοκηπίου μέχρι την κατασκευή του συστήματος θέρμανσης, όπου απαιτείται συνεργασία του γεωπόνου με εξειδικευμένο μηχανικό.



Σχ. 5.1. Τα διάφορα στάδια από το σχεδιασμό του θερμοκηπίου μέχρι την κατασκευή του συστήματος θέρμανσης, όπου απαιτείται συνεργασία του γεωπόνου με εξειδικευμένο μηχανικό.

Απαιτούμενη ισχύς του συστήματος θέρμανσης

Για τον υπολογισμό των στοιχείων ενός συστήματος θέρμανσης που πρέπει να εγκατασταθεί σε ένα θερμοκήπιο ώστε να παρέχει τη δυνατότητα ικανοποιητικής ρύθμισης της θερμοκρασίας του, είναι απαραίτητο να βρούμε πρώτα τη μέγιστη απαίτηση σε θερμότητα στη μονάδα του χρόνου του συγκεκριμένου θερμοκηπίου. Η απαίτηση αυτή συνήθως συμβαίνει τη νύχτα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία φθάνει στην ελάχιστη τιμή της.

Ένας πολύ απλός τρόπος για την εκτίμηση της απαιτούμενης θερμότητας είναι αυτός που χρησιμοποιεί μία μόνο σχέση και αφορά το σύνολο των απωλειών του θερμοκηπίου σε ενέργεια:

$$Q = A_s \cdot U \cdot (t_i - t_e)$$

όπου:

$Q \rightarrow$ η μέγιστη απαίτηση θερμότητας σε Watt

$U \rightarrow$ ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σε $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$A_s \rightarrow$ η επιφάνεια του καλύμματος σε m^2

$t_i \rightarrow$ η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο σε $^\circ C$

$t_e \rightarrow$ η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία του δυσμενέστερου μηνός (ή στις περισσότερες περιπτώσεις $0 \text{ } ^\circ C$) σε $^\circ C$.

Η απαιτούμενη θερμότητα ανά τετραγωνικό μέτρο θερμοκηπίου θα είναι:

$$q = (A_s/A_f) \cdot U \cdot (t_i - t_e)$$

όπου A_f είναι η επιφάνεια του καλυμμένου εδάφους σε m^2 .

Ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας U εξαρτάται κυρίως από το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου, τη στεγανότητα του θερμοκηπίου, την ταχύτητα του αέρα έξω, το ποσοστό κάλυψης του ουρανού με σύννεφα, την ύπαρξη βροχής και από το σύστημα θέρμανσης. Οι συνήθεις τιμές του U δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

Μέσες τιμές του ολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας στα διάφορα θερμοκήπια.

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΛΥΜΜΕΝΟ ΜΕ:	ΤΙΜΗ ΤΟΥ U ΣΕ $W/m^2 \cdot ^\circ C$
Υαλοπίνακες Νέα κατασκευή	6,3
>> Παλαιά κατασκευή	7,2
Απλό πολυαιθυλένιο στεγανή τοποθέτηση	6,8
>> με όχι καλή στεγανότητα	7,8
Διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	4,2
Fiber glass τοποθετημένο με πολύ καλή στεγανότητα	6,0
Ακρυλικό διπλής επιφάνειας, πάχους 15 mm με καλή στεγανότητα	5,0

Μείωση της θερμοκρασίας

Για τη μείωση της θερμοκρασίας στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται κατάλληλα συστήματα εξαερισμού, σκίασης και ψύξης με εξάτμιση νερού. Και αυτό γιατί οι υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν δυσμενώς στην μορφολογία και φυσιολογία των φυτών, με αποτέλεσμα πτώση των ανθέων, κάψιμο των φύλλων, κατώτερη ποιότητα των φρούτων, υπερβολική διαπνοή, μειωμένη φωτοσύνθεση λόγω εντατικής αναπνοής, συντόμευσης της ζωής των φυτών κ.λ.π.

Εξαερισμός

Στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες, οι ανάγκες για εξαερισμό είναι μεγάλες, από νωρίς την άνοιξη μέχρι και αργά το φθινόπωρό. Ακόμα και το χειμώνα που με απλή ανάδευση του αέρα, επιδιώκεται η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο, υπάρχουν περιπτώσεις που απαιτείται εξαερισμός για μείωση της θερμοκρασίας, ιδιαίτερα στις νότιες περιοχές, στις ηλιόλουστες ώρες.

Ο εξαερισμός των θερμοκηπίων επιτυγχάνει όχι μόνο περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας, αλλά και μείωση της σχετικής υγρασίας διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα εξαερισμού πρέπει:

- Να έχει ικανοποιητική ισχύ, ώστε να μπορεί αλλάζοντας τον αέρα του θερμοκηπίου, να περιορίζει στο ελάχιστο την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τις θερμές ώρες της ημέρας.
- Να δημιουργεί ομοιόμορφες συνθήκες.
- Να είναι απλό και αξιόπιστο και να διαθέτει αυτοματισμούς.
- Να έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

Ο εξαερισμός ενός θερμοκηπίου μπορεί να είναι:

1. Φυσικός, όταν προκαλείται από διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου, που προκαλούνται λόγω του ανέμου και της διαφοράς θερμοκρασίας.
2. Δυναμικός, όταν οι διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου δημιουργούνται με μηχανικά μέσα.

Φυσικός εξαερισμός

Ο φυσικός εξαερισμός του θερμοκηπίου γίνεται από τα παράθυρα που υπάρχουν στα πλάγια και στην οροφή του, με την διαφορά πίεσης που δημιουργείται:

- Από τον άνεμο, αφού ο αέρας μπαίνει από τα παράθυρα της πλευράς με τη μεγαλύτερη πίεση και βγαίνει από εκείνα της απέναντι πλευράς με την μικρότερη πίεση.
- Από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου, καθώς ο θερμός αέρας μέσα στο θερμοκήπιο, επειδή είναι ελαφρύς, ανεβαίνει προς τα πάνω και βγαίνει από τα ανοίγματα της οροφής. Έτσι δημιουργείται υποπίεση και από τα πλευρικά ανοίγματα εισέρχεται στο θερμοκήπιο ψυχρός αέρας, ο οποίος επειδή είναι βαρύτερος παραμένει χαμηλά μέχρι να ζεσταθεί, οπότε ανεβαίνει μέχρι την οροφή και βγαίνει από τα ανοίγματα οροφής, κ.λ.π.

Στην Ελλάδα τα περισσότερα θερμοκήπια εξαερίζονται με φυσικό τρόπο. Ο φυσικός εξαερισμός για να λειτουργήσει ικανοποιητικά έχει ανάγκη από μεγάλα ανοίγματα, τα οποία πρέπει να τοποθετηθούν στις κατάλληλες θέσεις στο θερμοκήπιο.

Αν το θερμοκήπιο είναι στενόμακρο, με πλάτος έως 10 m ο εξαερισμός μπορεί να γίνεται μόνο με πλευρικά ανοίγματα, αν και αυτός δεν είναι επαρκής πάντα, ιδίως όταν τα καλλιεργούμενα φυτά είναι ψηλά. Τα θερμοκήπια αυτά στοιχίζουν φθηνότερα, αλλά εάν το πλάτος τους υπερβαίνει τα 16m δεν εξαερίζονται ικανοποιητικά, ιδιαίτερα σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Αντίθετα, τα θερμοκήπια με ανοίγματα πλευρικά και οροφής στοιχίζουν ακριβότερα, αλλά έχουν πολύ καλύτερο εξαερισμό από τα προηγούμενα.

Τα ανοίγματα εξαερισμό για να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα με το φυσικό εξαερισμό, πρέπει να είναι μεγάλης επιφάνειας, αλλά και ρυθμιζόμενα, ώστε να επιτρέπουν μικρότερες παραδοχές όταν δεν απαιτείται μεγάλος εξαερισμός. Ο αυτοματισμός εδώ είναι απαραίτητος, διότι οι απαιτήσεις σε αερισμό διαρκώς μεταβάλλονται, ιδίως την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Τα ανοίγματα εξαερισμού (παράθυρα), κατασκευάζονται συνήθως συνεχόμενα κατά μήκος των κατακόρυφων πλευρών και της οροφής. Η προσαρμογή του παραθύρου στο σκελετό γίνεται από την επάνω πλευρά και είναι αρθρωτή. Το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων οροφής γίνεται μέσω οδοντωτών ή σπαστών βραχιόνων. Οι βραχίονες αυτοί συγκρατούν την κάτω πλευρά του παραθύρου καθ' όλο το μήκος του και συνδέονται μεταξύ τους με ένα σωληνωτό άξονα, έτσι ώστε με την περιστροφή αυτού του άξονα να μετακινούνται όλοι οι βραχίονες μαζί και να ανοίγουν ή να κλείνουν το παράθυρο. Η περιστροφή του άξονα μπορεί να γίνεται με χειροκίνητο μηχανισμό ή με ηλεκτροκίνητο δεξιόστροφο και αριστερόστροφο, στον οποίο έχει παρεμβληθεί μειωτήρας στροφών. Στους ηλεκτροκίνητους μηχανισμούς η εντολή για το άνοιγμα ή το κλείσιμο δίνεται με χειροκίνητο διακόπτη ή με θερμοστάτη χώρου, υπάρχει όμως πάντα η δυνατότητα ανοίγματος με το χέρι στην περίπτωση που θα υπάρξει διακοπή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα παράθυρα των κατακόρυφων πλευρών στα υαλόφρακτα θερμοκήπια και σε μερικά πλαστικής κάλυψης έχουν την ίδια κατασκευή όπως και της οροφής. Στα περισσότερα όμως πλαστικής κάλυψης θερμοκήπια με φύλλο πολυαιθυλενίου είναι πολύ απλούστερη. Σ' αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει σκελετός παραθύρου, αλλά το πλαστικό φύλλο που καλύπτει το άνοιγμα συγκρατείται σταθερά στο σκελετό από την επάνω πλευρά, ενώ στην κάτω πλευρά τυλίγεται μέχρι ενός σημείου σε ανεξάρτητο από το σκελετό σωλήνα 1/2". Στη μια άκρη του σωλήνα προσαρμόζεται μια μανιβέλα, έτσι ώστε περιστρέφοντάς την το πλαστικό να τυλίγεται στο σωλήνα. Με το τύλιγμα του πλαστικού στο σωλήνα, αυτός μετακινείται προς τα επάνω και αφήνει ανοικτό το άνοιγμα του εξαερισμού. Με αντίθετη περιστροφή το ξανακλείνει. Η περιστροφή και εδώ μπορεί να γίνει με ηλεκτροκινητήρα που παίρνει εντολή από θερμοστάτη και χειροκίνητα όπως γίνεται συνηθέστερα.

Η επιφάνεια εξαερισμού του θερμοκηπίου δίνεται από τη σχέση:

$$S = N \times L \times h \quad [m^2]$$

όπου:

$S \rightarrow$ η μέγιστη επιφάνεια ανοιγμάτων εξαερισμού σε m^2

$N \rightarrow$ ο αριθμός των ανοιγμάτων

$L \rightarrow$ το μήκος του ανοίγματος σε m

$h \rightarrow$ το μέγιστο πραγματικό πλάτος του ανοίγματος σε m

Η επιφάνεια ανοιγμάτων εξαερισμού εκφράζεται συνήθως επί τοις % της καλυπτόμενης επιφάνειας εδάφους:

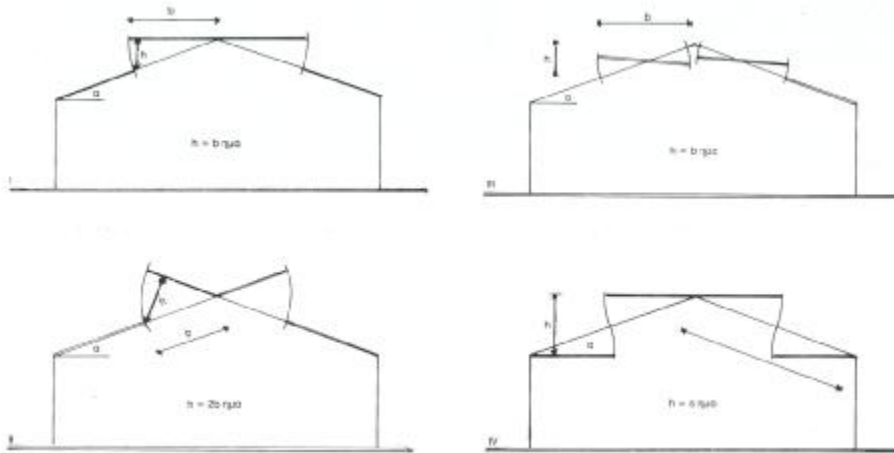
$$\Sigma A = (S/A_s) \times 100$$

όπου:

$\Sigma A \rightarrow$ η σχετική επιφάνεια των ανοιγμάτων εξαερισμού

$A_s \rightarrow$ η καλυμμένη επιφάνεια του εδάφους

Το μέγιστο πραγματικό πλάτος του ανοίγματος δεν είναι πάντα αυτό που αντιστοιχεί στο πλάτος του παραθύρου ως κατασκευή, αλλά προσδιορίζεται από την κάθετο που φέρεται από το χείλος του ανοίγματος στο σκελετό προς την επιφάνεια του παραθύρου όταν βρίσκεται στο μέγιστο του ανοίγματος του (βλ. παρακάτω).



Εικ. 5.5. Ανοιγμα εξαερισμού και υπολογισμός του h του τύπου $S=N \times L \times h$

Η ελάχιστη σχετική επιφάνεια ανοιγμάτων εξαερισμού που θα πρέπει να διαθέτει ένα θερμοκήπιο είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών της περιοχής, καθώς και του είδους των φυτών που θα καλλιεργηθούν. Υπολογίζεται ότι στις δικές μας συνθήκες για τον εξαερισμό κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου, η έκταση των ανοιγμάτων θα πρέπει να επιτρέπει περισσότερες από 40 αλλαγές του αέρα την ώρα.

Κατά το χειμώνα, η θερμοκρασία του θερμοκηπίου μπορεί να ρυθμιστεί και πρέπει να ρυθμίζεται μόνο με τα ανοίγματα εξαερισμού της οροφής. Τα

ανοίγματα των πλευρών αυτή την εποχή έχουν αποτέλεσμα την εισαγωγή ψυχρού αέρα αμέσως στη ζώνη των φυτών, με δυσμενή αποτέλεσμα γι' αυτά.

Στον επόμενο πίνακα αναφέρεται η έκταση των ανοιγμάτων ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης του θερμοκηπίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

Τάξη μεγέθους των ανοιγμάτων εξαερισμού σε σχέση με την περιοχή του θερμοκηπίου.

Περιοχή εγκατάστασης του θερμοκηπίου	Έκταση ανοιγμάτων αερισμού (%)		
	Οροφής	Πλευρών	Σύνολο
Ορεινές περιοχές Β. Ελλάδας	18	4	22
Πεδινές περιοχές Β. Ελλάδας	22	5	27
Πεδινές περιοχές κεντρικής και νότιας Ελλάδας	24	6	30

Ύ Ο αερισμός που αναφέρεται στον παραπάνω πίνακα, πολύ πιθανό να αποδειχθεί ανεπαρκής για θερμοκήπια με καλλιέργειες κατά τους μήνες Μάιο ως Σεπτέμβριο. Τους μήνες αυτούς πιθανόν να απαιτηθεί υδρονέφωση ή μικρή σκίαση.

Δυναμικός εξαερισμός

Στις θερμές περιοχές, όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι υψηλή, για να επιτευχθεί μια διαφορά θερμοκρασιών μέσα – έξω 6 °C, απαιτούνται 60 αλλαγές του αέρα την ώρα. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί μόνο με μηχανικά μέσα, δεδομένου ότι συχνά επικρατούν χαμηλές ταχύτητες ανέμων.

Με την τοποθέτηση ηλεκτροκίνητων ανεμιστήρων ή εξαεριστήρων ο αέρας του θερμοκηπίου μπορεί να ανανεώνεται ανεξάρτητα από τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι εξαεριστήρες απορροφούν αέρα από το περιβάλλον εκτός του θερμοκηπίου και τον διοχετεύουν στο εσωτερικό, απωθώντας τον αέρα που πρέπει να ανανεωθεί (εξαερισμός με υπερπίεση). Συνηθέστερα όμως απομακρύνουν τον αέρα από το εσωτερικό του θερμοκηπίου προς το εξωτερικό, δημιουργώντας υποπίεση, οπότε φρέσκος αέρας εισέρχεται από τα παράθυρα που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά.

Στον εξαερισμό με υπερπίεση χρησιμοποιούνται πολύτροφοι ανεμιστήρες, τοποθετημένοι στο ύψος των υδρορροών, που επιταχύνουν ταχύτητα αέρα 3 – 4 m/sec. Αντίθετα οι εξαεριστήρες που δημιουργούν υποπίεση είναι αξονικοί με λίγες στροφές, χαμηλότερης ισχύος, με παροχή 30000 m³/h περίπου. Οποσδήποτε όμως η ισχύς και ο αριθμός των εξαεριστήρων πρέπει να εξασφαλίζουν 45 – 60 ανανεώσεις του αέρα σε μια ώρα. Περισσότερο από 60 αλλαγές θεωρούνται αντιοικονομικές, γι' αυτό αν χρειάζεται ακόμα μείωση της θερμοκρασίας πρέπει να σκιάζεται το θερμοκήπιο ή να τοποθετείται σύστημα δροσισμού με εξάτμιση νερού.

Ο εξωτερικός αέρας, που είναι ζεστός και ξηρός, δεν πρέπει να πέφτει κατευθείαν πάνω στα φυτά, αλλά να διοχετεύεται ομοιόμορφα σε όλο το χώρο. Για να είναι ομοιογενής η κατανομή του αέρα χρησιμοποιούνται συχνά σωλήνες πολυαιθυλενίου, διαφανείς και διάτρητοι, που τοποθετούνται κατά μήκος της οροφής και ξεκινούν από τα σημεία εισόδου του αέρα, ενώ το άλλο άκρο τους είναι κλειστό. Έτσι ο αέρας εξέρχεται από τις τρύπες του σωλήνα, που υπάρχουν κατά μήκος σε κανονικά διαστήματα. Όταν δεν λειτουργεί το σύστημα ο σωλήνας ξεφουσκώνει και κρέμεται από την οροφή, σκιάζοντας ελάχιστα το χώρο.

Στα πολλαπλά δίκρινα ή τοξωτά θερμοκήπια οι εξαεριστήρες τοποθετούνται στις πλευρές, σε αποστάσεις 6 – 10 m μεταξύ τους, ενώ η απέναντι πλευρά με τα παράθυρα δεν πρέπει να απέχει περισσότερο από 40 m.

Αντίθετα στα απλά θερμοκήπια μικρού μήκους η είσοδος του αέρα γίνεται από τα μέτωπα και η έξοδος από τις πλευρές. Γενικά τα παράθυρα είναι συνήθως διπλάσια σε αριθμό από τους εξαεριστήρες ή το άνοιγμα είναι συνεχές.

Μια τυπική εγκατάσταση δυναμικού εξαερισμού απαιτεί ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 15 – 50 MJ·m² και ισχύ 5 – 15 W/m², ανάλογα με τον τύπο του εξαεριστήρα. Οι απαιτήσεις σε εξαερισμό, για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, επηρεάζονται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, τη μέγιστη ανεκτή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο και το μέγεθος του θερμοκηπίου. Ο ρυθμός εξαερισμού, για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη θερμοκρασία εξαρτάται από την προσπίπτουσα ακτινοβολία του αέρα, την

εξατμισοδιαπνοή στο χώρο του θερμοκηπίου και από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής.

Ανάλογα με την εποχή διαφέρει ο ρυθμός εξαερισμού. Το χειμώνα χρειάζεται προσοχή, ώστε ο ψυχρός αέρας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο, να αναμειγνύεται με τον εσωτερικό ζεστότερο αέρα, πριν να έρθει σε επαφή με τα φυτά, για να μην δημιουργηθούν προβλήματα κακής ανάπτυξης. Γι' αυτό αν το θερμοκήπιο διαθέτει μόνο παθητικό σύστημα εξαερισμού πρέπει να λειτουργούν μόνο τα παράθυρα οροφής, ενώ αν έχει δυναμικό σύστημα, η είσοδος του αέρα πρέπει να γίνεται από τα ανοίγματα που βρίσκονται στα υψηλότερα σημεία.

Κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο, οπότε είναι συνεχές οι εναλλαγές περιόδων με υψηλές θερμοκρασίες και περιόδων με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, εναλλάσσονται αντίστοιχα και οι απαιτήσεις σε εξαερισμό ή ανάδευση μόνο του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Έτσι αν υπάρχει δυναμικός εξαερισμός, στην αρχή της ημέρας μπαίνει σε λειτουργία ένα μέρος μόνο των εξαεριστήρων στην πρώτη βαθμίδα λειτουργίας τους και η είσοδος του αέρα γίνεται από ψηλά, ενώ αργότερα η λειτουργία των ανεμιστήρων εξαρτάται από το θερμικό φορτίο και η είσοδος του αέρα γίνεται από το συνεχόμενο άνοιγμα. Αντίστοιχα, στον παθητικό εξαερισμό χρησιμοποιούνται στην αρχή της ημέρας τα παράθυρα οροφής και αργότερα προστίθενται τα πλευρικά.

Το καλοκαίρι επιδιώκεται κυρίως η μείωση της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μέσα στο χώρο από την αυξημένη ακτινοβολία του ήλιου. Στα παθητικά συστήματα εξαερισμού, αυτή την εποχή χρησιμοποιούνται και τα πλευρικά και τα παράθυρα οροφής, ενώ στα δυναμικά συστήματα χρησιμοποιείται το συνεχόμενο άνοιγμα που βρίσκεται στην πλευρά απέναντι από τους εξαεριστήρες στο μέσο περίπου του ύψους του θερμοκηπίου. Σε κάθε περίπτωση η ταχύτητα του αέρα στην κόμη των φυτών δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλή, γιατί μπορεί να προκαλέσει έντονη διαπνοή, με αποτέλεσμα πρόσκαιρα να μαραθούν τα φυτά. Πρέπει όμως ο αέρας να μετακινείται μέσα από τα φυτά για να μπορεί να τα ψύχει. Ο δυναμικός εξαερισμός είναι η καλύτερη λύση για περιοχές με ισχυρούς ανέμους.

Τα θερμοκήπια με δυναμικό εξαερισμό παρέχουν ικανοποιητική ανανέωση του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου, ακόμα και σε περιπτώσεις άπνοιας και είναι η μόνη λύση σε θερμοκήπια όπου είναι τεχνικά και οικονομικά δύσκολη

η κατασκευή σωστού συστήματος παθητικού εξαερισμού. Επίσης, επειδή απαιτούν θερμοκήπια μικρότερου όγκου, οι απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της θέρμανσης είναι μικρότερες.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι επίσης το γεγονός ότι με μερικές προσθήκες μπορεί να λειτουργήσει σύστημα δροσισμού, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του χώρου να μπορεί να μειωθεί σε επίπεδα και κάτω της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα. Το βασικό του μειονέκτημα είναι ότι καταναλώνει σημαντική ποσότητα ενέργειας το καλοκαίρι και φυσικά ότι το θερμοκήπιο πρέπει να βρίσκεται σε περιοχές με παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένας σημαντικός κίνδυνος είναι και το ενδεχόμενο να καταστραφεί η φυτεία, αν το σύστημα υποστεί μια ξαφνική βλάβη που δεν μπορεί να επισκευαστεί εύκολα.



Εικ. 5.6. Ανεμιστήρες για δυναμικό εξαερισμό

Δροσισμός

Στις ελληνικές συνθήκες κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, η θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο ανεβαίνει σε πολύ υψηλά επίπεδα, προκαλώντας ζημιές στα φυτά, ακόμα και αν εφαρμόζεται δυναμικός εξαερισμός. Μάλιστα, αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ανέβει πάνω από τους 30 °C, η θερμοκρασία στο εσωτερικό δεν μπορεί να πέσει κάτω από τους 33 – 35 °C παρά μόνο με σύστημα δροσισμού.

Επειδή οι συνηθισμένοι ψυκτικοί μηχανισμοί (freon κ.λ.π.) είναι αντιοικονομικοί ή ακατάλληλοι, για μείωση της θερμοκρασίας στα θερμοκήπια, καταφεύγουμε στην εξάτμιση νερού, εφαρμόζοντας:

- Διαβροχή φυτών και εδάφους (ιδίως των διαδρόμων).
- Εκτόξευση νερού με μορφή λεπτών σταγόνων και αερισμός.
- Ροή του αέρα ανανέωσης μέσα από υγρό τοίχωμα (δυναμικός εξαερισμός και υγρό τοίχωμα).

Η εξάτμιση ενός κιλού νερού προκαλεί μείωση της θερμοκρασίας όσο 600 μονάδες ψύχους, γιατί όταν εξατμίζεται το νερό απορροφά ενέργεια από το περιβάλλον (λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης).

Η εξάτμιση συνδυάζεται με την εφαρμογή δυναμικού εξαερισμού για απομάκρυνση της περιττής υγρασίας.

Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν τα υγρά περάσματα (fan and pad system) και τα συστήματα ομίχλης (fog) ή υδρονέφωσης (mist). Επειδή όμως το κόστος των συστημάτων αυτών είναι σημαντικό, πρακτικά στην Ελλάδα χρησιμοποιείται μόνο σε ανθοκομικές καλλιέργειες και ιδιαίτερα για κομμένα λουλούδια (τριαντάφυλλα, ζέρμπερες κ.α.), το σύστημα της υδρονέφωσης.

Σύστημα ομίχλης ή υδρονέφωσης

Είναι το συνηθέστερα απαντώμενο σύστημα ψύξης του θερμοκηπίου. Στο σύστημα αυτό γίνεται ψύξη με εκτόξευση νερού υπό μορφή λεπτών σταγόνων, στο χώρο του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιείται σε μικρές και μεγάλες θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις και θεωρείται το οικονομικότερο από τα συστήματα ψύξης που μπορούν να αυτοματοποιηθούν. Εφαρμόζεται συνήθως σε θερμοκήπια εξοπλισμένα με παθητικό εξαερισμό.

Στο σύστημα αυτό το νερό ψεκάζεται στον αέρα επάνω από τα φυτά, με υψηλές πιέσεις και με εκτοξευτήρες συνήθως μικρής παροχής, 2 – 3 lit/h για κάθε 25 m² θερμοκηπίου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται σύστημα αντλιών ή τουρμπίνων σταθερής πίεσης και σωλήνων με ακροφύσια, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο ύψος των παραθύρων. Το νερό δεν πρέπει να έχει άλατα, γιατί προκαλεί τοξικότητες στα φυτά, φράξιμο στους εκτοξευτήρες και καταστροφή των σωλήνων. Ο έλεγχος του συστήματος γίνεται από θερμοστάτες και υγροστάτες.

Η υψηλή πίεση δημιουργεί πολύ λεπτές σταγόνες (διαμέτρου < 30μ), οι οποίες εξατμίζονται αμέσως, μειώνοντας τη θερμοκρασία μόνο κατά 5 – 14 °C σε σύγκριση με θερμοκήπιο που εξαερίζεται μόνο.

Στη χώρα μας συνήθως χρησιμοποιείται ένα απλό σύστημα ψεκασμού (sprayer) με μπέκ τοποθετημένα στην οροφή του θερμοκηπίου. Το σύστημα αυτό το οποίο λειτουργεί και σαν σύστημα άρδευσης, χρησιμοποιείται κυρίως σε καλλιέργειες γλαστρικών φυτών αλλά και κομμένων λουλουδιών.

Η εγκατάσταση, μικρού κόστους, αποτελείται από δίκτυο σωλήνων (Φ32) γαλβανιζέ ή από PVC, που διακλαδίζεται σ' ένα συγκεκριμένο ύψος πάνω από τα φυτά. Πάνω από τους σωλήνες ανά 1 m τοποθετούνται τα μπέκ τύπου πεταλούδας, με παροχή 1,6 lit/min που λειτουργούν με πίεση 3 atm. Ένα κομπιούτερ με εβδομαδιαίο πρόγραμμα, καθορίζει τη συχνότητα και διάρκεια ψεκασμού, καθώς και την ποσότητα του νερού. Παράλληλα γίνεται βρέξιμο των διαδρόμων και ασβέστωμα της οροφής για σκίαση, δίνοντας αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η ίδια εγκατάσταση με διαφορετικά μπέκ μικρότερης παροχής και αντλία πρεσαριστή (12 atm) λειτουργεί και σαν « ψευτουδρονέφωση » με καλύτερα αποτελέσματα, μειώνοντας τη θερμοκρασία κατά 2 – 3 °C περισσότερο.

Το σύστημα ομίχλης (fog system) είναι το πιο αποτελεσματικό σύστημα της κατηγορίας αυτής για μείωση της θερμοκρασίας. Αποτελείται από ένα δίκτυο σωλήνων PVC σε ύψος 2 – 2,20 m από το έδαφος, με ειδικά μπρούτζινα μπέκ παροχής 5 lit/h, τοποθετημένα ανά 2 m. Διαθέτει αντλία ειδικής κατασκευής και μεγάλης πίεσης, με τη βοήθεια της οποίας σχηματίζει ένα νέφος από λεπτότατες σταγόνες, σαν ομίχλη, δημιουργώντας ένα περιβάλλον με υψηλή σχετικά υγρασία, ενώ η θερμοκρασία μειώνεται 6 – 8 °C. Το νερό δεν πρέπει να περιέχει δεν πρέπει να περιέχει άλατα και γενικά πρέπει να είναι καθαρό, γι' αυτό η εγκατάσταση πρέπει να είναι εφοδιασμένη με φίλτρα καθαρισμού και με σύστημα χλωρίωσης του νερού.

Το σύστημα ομίχλης χρησιμοποιείται κυρίως σε καλλιέργειες ανθοκομικών για κομμένο λουλούδι, καλοκαιρινής παραγωγής, ενώ είναι ιδανικό για τα ριζωτήρια, γιατί εκτός από μείωση της θερμοκρασίας εξασφαλίζει και τις ιδανικότερες συνθήκες υγρασίας. Τέλος, αν μαζί με τους εκτοξευτήρες

χρησιμοποιηθούν και ανεμιστήρες, επιτυγχάνεται ένα αποτελεσματικό σύστημα δροσισμού πολύ οικονομικότερο από τα υγρά πετάσματα.

Δυναμικός εξαερισμός και υγρό τοίχωμα

Στο σύστημα με δυναμικό εξαερισμό και υγρό τοίχωμα χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες μικρής ταχύτητας και μεγάλου όγκου, που ρουφούν τον αέρα του θερμοκηπίου και τον βγάζουν έξω. Η υποπίεση που δημιουργείται στο χώρο του θερμοκηπίου αναγκάζει τον εξωτερικό αέρα να περάσει μέσα από ένα πορώδες και υγρό τοίχωμα, που βρίσκεται συνήθως στην απέναντι πλευρά του θερμοκηπίου. Το τοίχωμα αυτό παρουσιάζει μεγάλη ειδική επιφάνεια. Ο εξωτερικός αέρας περνώντας από τον υγρό τοίχο εμπλουτίζεται με υγρασία και ταυτόχρονα ψύχεται από την εξάτμιση του νερού που βρίσκεται στην πορώδη επιφάνεια. Ο ψυχρός αέρας, όπως διέρχεται κατά μήκος του θερμοκηπίου, αφαιρεί τη θερμότητα από την περιοχή των φυτών, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του χώρου κατά 3 – 12 °C συγκριτικά με θερμοκήπιο που έχει μόνο εξαερισμό. Η θερμοκρασία του χώρου είναι χαμηλότερη στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη βρεγόμενη πλευρά και αυξάνει βαθμιαία όσο πλησιάζουμε κοντά στους εξαεριστήρες. Αυτή η διαφορά σ' ένα αποτελεσματικό σύστημα κυμαίνεται μεταξύ 3 – 5 °C και ποικίλει ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έξω, τη σχετική υγρασία, την ταχύτητα του αέρα και το ποσοστό σκίασης του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι, για μια αποτελεσματική ψύξη σε θερμές περιοχές, απαιτείται και κάποια μικρή σκίαση του θερμοκηπίου.

Κατά τη λειτουργία του συστήματος, είναι αυτονόητο ότι δεν πρέπει να υπάρχει κανένα ανοιχτό παράθυρο ή άνοιγμα στα τοιχώματα του θερμοκηπίου, εκτός από αυτό του υγρού τοιχώματος.

Διακρίνουμε συστήματα με τοποθέτηση των εξαεριστήρων στη μικρή πλευρά, που είναι και η συνηθέστερη περίπτωση και συστήματα με τοποθέτηση των εξαεριστήρων στη μεγάλη πλευρά. Οι βρεγμένες πλευρές είναι πάντα στις απέναντι πλευρές από εκείνες των εξαεριστήρων.

Απαιτείται προσοχή, ώστε το τοίχωμα να υγραίνεται ομοιόμορφα σ' όλη του την επιφάνεια, γι' αυτό θα πρέπει να αποφευχθούν στεγνές επιφάνειες ή οπές στο υγρό τοίχωμα. Το πάχος του υγρού τοιχώματος πρέπει να είναι ομοιόμορφο. Υπάρχουν τοιχώματα που κατασκευάζονται από νήματα ξύλου

λεύκης (απόδοση 91 %), ή από χαρτί με χημική επεξεργασία σε σχήμα κηρύθρας (απόδοση 97 %).

Τα υλικά από τα οποία μπορεί να κατασκευασθεί ένα βρεχόμενο τοίχωμα από τον ίδιο τον καλλιεργητή είναι διάφορα, αλλά τα καλύτερα αποτελέσματα έχουν οι κατασκευές από λινάτσα ή ελαφρόπετρα με διάμετρο 1 – 4 cm, διότι είναι ελαφρά υλικά και παρουσιάζουν μεγάλη ειδική επιφάνεια. Άλλα υλικά με ικανοποιητικά αποτελέσματα είναι ο φλοιός πεύκου, το άχυρο, γιούτα, ξύλινα νήματα λεύκης, χαρτί κατεργασμένο με χημικά μέσα κ.λ.π. Εκτός από τις πλευρές κατακόρυφου τύπου, μπορούν να κατασκευαστούν και οριζόντιες.

Η διαβροχή των πλευρών γίνεται είτε με παροχή νερού σ' όλο το μήκος του επάνω μέρους της πλευράς είτε με ψεκασμό από το έξω μέρος σ' όλη την επιφάνεια της πλευράς. Οι ψεκαστές είναι συνήθως χαμηλής πίεσης.

Η τοποθέτηση συστήματος δροσισμού θα πρέπει να προβλέπεται από την αρχική μελέτη εγκατάστασης του θερμοκηπίου, ώστε να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Ειδικότερα:

- Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου να είναι τέτοιος ώστε να «αξιοποιούνται» οι επικρατούντες άνεμοι. Είναι προτιμότερο το υγρό τοίχωμα να τοποθετείται από την πλευρά του κυρίαρχου ανέμου και οι εξαεριστήρες από την αντίθετη (σε σύστημα υποπίεσης). Η απόσταση μεταξύ βρεχόμενης πλευράς και εξαεριστήρων, πρέπει να είναι μεταξύ 30 και 60 m. Σε πολύ μεγάλου μήκους θερμοκήπια οι εξαεριστήρες θα πρέπει να τοποθετούνται στο μέσον του θερμοκηπίου και να δημιουργούνται δύο βρεγμένα τοιχώματα στις άκρες.
- Η στεγανότητα του θερμοκηπίου να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερη, ειδικά σε περιοχές που επικρατούν ισχυροί άνεμοι και υπάρχει πολλή σκόνη.
- Για να μην προκληθούν ζημιές στα φυτά που βρίσκονται κοντά στα υγρά τοιχώματα, είναι καλό το ρεύμα αέρα να οδηγείται με μια μικρή παρέκκλιση πάνω από τα φυτά αν το ύψος τους ξεπερνά το ύψος τοποθέτησης των τοιχωμάτων.
- Να υπάρχει υπόγεια δεξαμενή, όπου μπορεί να διατηρείται για λίγο το νερό που έχει διασχίσει ένα τοίχωμα, ώστε όταν χρησιμοποιηθεί και πάλι να

έχει αρκετά μικρότερη θερμοκρασία αφού με το κρύο νερό το σύστημα δίνει καλύτερα αποτελέσματα απ' ότι με το ζεστό.

- Η πίεση με την οποία το νερό ψεκάζεται στο τοίχωμα, να διατηρείται ομοιόμορφη ώστε αυτό να υγραίνεται κανονικά.
- Καλό είναι να υπάρχει και σύστημα σκίασης στο θερμοκήπιο ή ακόμα καλύτερα σύστημα ομίχλης ώστε ο δροσισμός να γίνεται καλύτερα. Με τον τρόπο αυτό γίνεται μια σημαντική εξοικονόμηση νερού.
- Λόγω του κόστους του, το σύστημα δυναμικού εξαερισμού με υγρό τοίχωμα, σε συνδυασμό ή όχι με τα υπόλοιπα, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε καλλιέργειες υψηλής προσόδου, όπως τα ανθοκομικά. Άλλωστε οι καλλιέργειες κηπευτικών στη χώρα μας καλλιεργούνται το καλοκαίρι στο ύπαιθρο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4

Σύγκριση της αποτελεσματικότητας στη μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας των διαφόρων συστημάτων δροσισμού (Langhans R.W., 1985)

Σύστημα δροσισμού σε μέση εξωτερική θερμοκρασία $t_e = 25,3$ RH _r = 58,4 %	Μέση θερμοκρασία θερμοκηπίου από 8πμ. – 5 μμ. (°C)	Διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας (°C)
Υδρονέφωση σε διάτρητη οροφή	29,0	+4,0
Εξαερισμός και βρεχόμενη πλευρά	23,5	-2,0
Αερισμός και υδρονέφωση χαμηλής πίεσης	25,5	+0,0
Υδρονέφωση υψηλής πίεσης	25,8	+0,5
Εξαερισμός και υδρονέφωση υψηλής πίεσης	24,5	-0,8

Άρδευση θερμοκηπίων

Άρδευτικά συστήματα

1. Πότισμα με το χέρι

Επειδή είναι αντικοινωνικό εφαρμόζεται μόνο σε σπορεία, σε θέσεις που δεν ποτίστηκαν καλά με το αυτόματο πότισμα ή σε θέσεις που χρειάζεται πότισμα νωρίτερα από το υπόλοιπο θερμοκήπιο. Στα θερμοκήπια καλλωπιστικών φυτών, σε όσες περιπτώσεις γίνεται πότισμα με το χέρι, είναι

απαραίτητος ένας πλαστικός σωλήνας διαμέτρου 20 mm και μήκους περίπου 30 m, στη άκρη του οποίου είναι προσαρμοσμένο ακροφύσιο, που διασκορπίζει το νερό ώστε να πέφτει απαλά και να μην πετάει έξω το μίγμα της γλάστρας.

2. Πότισμα με σωλήνες που φέρουν ψεκαστές

Περιμετρικά της λεκάνης καλλιέργειας καλλωπιστικών φυτών τοποθετείται πλαστικός σωλήνας με μικρούς ψεκαστές που ψεκάζουν νερό στην επιφάνεια του μίγματος κάτω από τα φυτά. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται σωλήνας P.V.C. ή πολυαιθυλενίου. Για το σύστημα αυτό χρειάζονται μικροί ψεκαστές με γωνία ψεκασμού 180° και ένας διακόπτης νερού για κάθε λεκάνη μήκους μέχρι 30 m. για λεκάνες μεγαλύτερου μήκους, μέχρι 60 m, η παροχή σταματά μέχρι τη μέση και μπαίνουν δύο διακόπτες, ένας στην κάθε άκρη. Το ίδιο σύστημα συχνά χρησιμοποιείται και σε καλλιέργειες εδάφους.

3. Πότισμα με σωληνίσκους πολύ μικρής διαμέτρου

Είναι το συνηθέστερο σύστημα για το αυτόματο πότισμα γλαστρών. Το νερό φτάνει στην κάθε γλάστρα με σωλήνα πολύ μικρής διαμέτρου, που ποικίλει από 0,9 – 2 mm. Η τροφοδοσία γίνεται σωλήνα πλαστικό 20 mm. Από κάθε σωλήνα τροφοδοσίας μπορεί να ποτίζονται 1600 γλάστρες, όταν χρησιμοποιούνται μικρής διαμέτρου σωληνίσκοι, ή 400 γλάστρες όταν χρησιμοποιούνται μεγάλης διαμέτρου. Για να είναι ο σωληνίσκος πάντα στη θέση του στη γλάστρα και να μην τινάζεται όταν έρχεται το νερό, φέρει στην άκρη του ένα βάρος, που τον προστατεύει ταυτόχρονα από την είσοδο του εδαφικού μίγματος ή στερεώνεται με πλαστικό στυλίσκο που μπήγεται στη γλάστρα. Αυτό το σύστημα έχει εξαιρετική εφαρμογή στις κρεμαστές γλάστρες. Ο χρόνος εφαρμογής και η διάρκεια του ποτίσματος καθορίζονται είτε από τον ίδιο τον καλλιεργητή με χειροκίνητο διακόπτη, είτε από ρυθμιζόμενο χρονοδιακόπτη ή ακόμα και αυτόματα από διακόπτη- ζυγαριά, στην οποία τοποθετείται μια αντιπροσωπευτική γλάστρα που βρίσκεται σε θέση με μέσες συνθήκες εξατμισοδιαπνοής.

4. Ψεκασμός από πάνω

Είναι το φθηνότερο και ευκολότερο πότισμα. Σ' αυτό το σύστημα, τις περισσότερες φορές τοποθετείται ένας σωλήνας πάνω από κάθε λεκάνη ή τραπέζι, ψηλότερα από το τελικό ύψος των φυτών, συνήθως 0,8 m από το τραπέζι ή στην περίπτωση που οι γλάστρες είναι στο έδαφος, σε ύψος 2 m. Κατά μήκος του σωλήνα βρίσκονται οι ψεκαστές, που είναι διαφόρων τύπων, ομπρέλας ή περιστρεφόμενοι. Η διάμετρος ψεκασμού του κάθε ψεκαστή μπορεί να φθάσει τα 12 m ή και παραπάνω. Υπάρχει επίσης το σύστημα που χρησιμοποιεί ψεκαστές μικρής ακτίνας ψεκασμού και πολύ λεπτού διαμερισμού του νερού.

5. Πότισμα με τριχοειδές

Το σύστημα με τριχοειδές είναι μια πολύ καλή λύση για καλλιέργειες γλαστρικών φυτών σε περιπτώσεις που υπάρχουν στον ίδιο χώρο γλάστρες διαφόρων μεγεθών. Χρησιμοποιείται μια σπογγώδης επιφάνεια πάχους 0,55 – 1,25 cm, που κρατιέται συνεχώς υγρή. Οι γλάστρες τοποθετούνται πάνω σ' αυτή την επιφάνεια και το νερό ανεβαίνει τριχοειδώς στο εδαφικό μίγμα από την οπή της γλάστρας. Για να χρησιμοποιηθεί από το είδος ποτίσματος, θα πρέπει τα τραπέζια των γλαστρών να είναι οριζόντια. Επάνω στα τραπέζια τοποθετείται πρώτα ένα φύλλο πολυαιθυλενίου, κατά προτίμηση μαύρο για να μην αναπτύσσονται άλγη και επάνω του η σπογγώδης επιφάνεια. Για να κρατιέται αυτή η επιφάνεια υγρή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σωλήνας που να στάζει κατά μήκος. Μαζί με το νερό του ποτίσματος προστίθενται συχνά και τα θρεπτικά στοιχεία.

6. Πότισμα με κατάκλιση

Για την εγκατάσταση χρησιμοποιούνται συνήθως πλαστικές σωληνώσεις διαμέτρου 2,5 cm. Οι γλάστρες τοποθετούνται σε τραπέζια καλλιέργειας των οποίων η επιφάνεια είναι διαμορφωμένη σε λεκάνη. Όταν πρόκειται να γίνει πότισμα, γεμίζεται η λεκάνη με νερό και το νερό ανεβαίνει από την οπή της γλάστρας και κατακλύζει το εδαφικό υπόστρωμα της γλάστρας. Μετά από

μερικά λεπτά το νερό απάγεται από τη λεκάνη με βαρύτητα και οι γλάστρες στραγγίζουν από την περίσσεια του νερού.

7. Σύστημα στάγδην άρδευσης

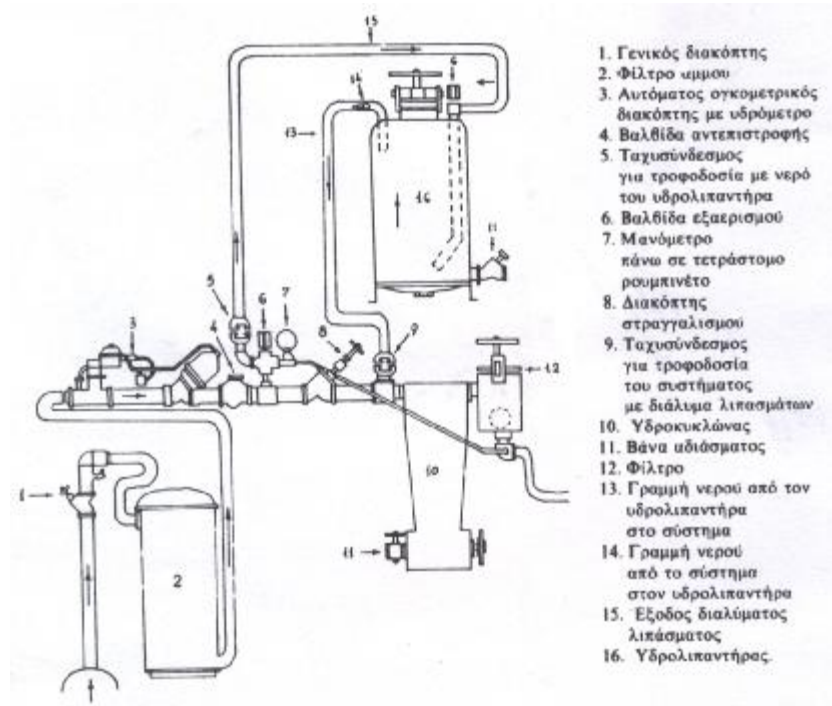
Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι μια μέθοδος κατά την οποία το νερό εφαρμόζεται στα φυτά σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά και προσφέρεται κατ'εξοχή για αυτοματισμούς.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου.

Μονάδα ελέγχου: Η μονάδα ελέγχου εγκαθίσταται αμέσως μετά την υδροληψία του συστήματος και αποτελεί βασικό στοιχείο του συστήματος στάγδην άρδευσης. Η μονάδα ελέγχου περιλαμβάνει:

- Μετρητές ροής
- Βαλβίδα αντεπιστροφής
- Κατάλληλα φίλτρα νερού
- Ρυθμιστές πίεσης
- Συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων

Κύριο στοιχείο της μονάδας ελέγχου είναι τα φίλτρα. Σκοπός της τοποθέτησης των φίλτρων είναι η πρόληψη των πιθανών φθορών και δυσλειτουργιών του δικτύου που μπορεί να προκληθούν από τα μεταφερόμενα με το νερό φερτά υλικά. Ανάλογα με τη φύση και το μέγεθός τους τα φερτά υλικά μπορεί να προκαλέσουν πλήρη ή μερική απόφραξη του συστήματος ή τμημάτων αυτού, φθορά ευαίσθητων εξαρτημάτων και ελάττωση της ροής. Ανάλογα με το είδος των φερτών υλικών, αυτά μπορεί να είναι αιωρούμενα



Εικ. 5.7. Εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται η μονάδα ελέγχου του συστήματος στάγδην άρδευσης.

σωματίδια σε διάφορες ποσότητες και μεγέθη και διαλυμένα στερεά που, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορεί να ιζηματοποιηθούν.

Τα φίλτρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα φίλτρα σήτας, τους υδροκυκλώνες και τα φίλτρα χαλικιών ή άμμου. Τα φίλτρα σήτας χρησιμοποιούνται συνήθως όταν το νερό περιέχει λεπτόκοκκα υλικά, οι υδροκυκλώνες χρησιμοποιούνται όταν το νερό περιέχει στερεά υλικά μεγάλης σχετικά διαμέτρου, όπως είναι η άμμος που παρατηρείται συνήθως στο νερό των γεωτρήσεων και τα φίλτρα χαλικιών ή άμμου προσαρμόζονται καλύτερα σε περιπτώσεις που το νερό περιέχει σε σημαντική ποσότητα οργανικές ύλες και μικροφύκη.

Η ροή του νερού μέσα από τα φίλτρα συνεπάγεται απώλεια φορτίου που οφείλεται στις τριβές του νερού μέσα στο φίλτρο. Όσο μεγαλύτερη είναι η παροχή που περνάει μέσα από ένα δεδομένο φίλτρο τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες και αντίστροφα. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να βρίσκεται η βέλτιστη λύση ανάμεσα στην επιθυμία να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες τριβών και στο κόστος του φίλτρου. Συνιστάται οι απώλειες στα φίλτρα να κυμαίνονται από 1 – 4 m και η μείωση της παροχής λόγω απόφραξης να μην υπερβαίνει το 10 %.

Δίκτυο μεταφοράς: Αποτελείται από τους κυρίους αγωγούς μεταφοράς που μεταφέρουν το νερό, από το σημείο που είναι διαθέσιμο στις αρδευτικές μονάδες για το πότισμα των φυτών του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα στους αγωγούς τροφοδοσίας οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, για να προστατεύονται από φθορές. Η επιλογή της διαμέτρου του αγωγού γίνεται σε συνάρτηση με την παροχή και τις απώλειες τριβών που συνεπάγεται.

Αν ο αγωγός ξεκινάει από υδροληψία ενός συλλογικού δικτύου, το διαθέσιμο φορτίο στην υδροληψία αυτή είναι δεδομένο και οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες είναι ίσες με τη διαφορά φορτίου ανάμεσα στην υδροληψία και την αρχή του αγωγού τροφοδοσίας, συν ή πλην την υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού. Αν ο αγωγός ξεκινάει από πηγάδι, η επιλογή του ύψους των απωλειών γίνεται με κριτήρια οικονομικά, έτσι ώστε να υπάρχει μια εξισορρόπηση ανάμεσα στο κόστος αγοράς του αγωγού και το κόστος αγοράς και λειτουργίας του απαιτούμενου αντλητικού συγκροτήματος. Αν το έδαφος έχει κλίση πρέπει να συνυπολογίζεται και η υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού, θετική ή αρνητική. Ένας αγωγός μεταφοράς μπορεί να μεταφέρει νερό σε περισσότερους από ένα αγωγούς τροφοδοσίας. Στην περίπτωση αυτή ο αγωγός υπολογίζεται κατά τμήματα.

Η παροχή του αγωγού μεταφοράς κατά κανόνα είναι σταθερή και ίση με αυτή που απαιτείται για την άρδευση μιας αρδευτικής μονάδας και όταν η άρδευση της μονάδας εξασφαλίζεται από έναν αγωγό τροφοδοσίας, η παροχή του αγωγού μεταφοράς είναι ίση με την παροχή στην αρχή του αγωγού τροφοδοσίας. Σε πολύπλοκα δίκτυα, η παροχή των αγωγών μεταφοράς μπορεί να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής που απαιτείται για την άρδευση μιας μονάδας.

Οι γραμμικές απώλειες του αγωγού υπολογίζονται με τη σχέση των Hazen – Williams:

$$H_f = 1,13 \times 10^{11} \times (Q/C)^{1,852} \times D^{-4,87} \quad \text{σε m/100m}$$

όπου:

$$Q \text{ ® η παροχή του αγωγού σε } m^3/h$$

$D \rightarrow$ η εσωτερική διάμετρος σε mm

$C \rightarrow$ συντελεστής που εξαρτάται από τη διάμετρο του αγωγού ($C = 140$ αν η διάμετρος είναι ≤ 75 mm και $C = 150$ αν η διάμετρος είναι > 75 mm)

Οι ολικές γραμμικές απώλειες των αγωγών μεταφοράς (P) υπολογίζονται με τη σχέση:

$$P = (H_f \cdot L) / 100$$

όπου P , H_f και L είναι σε μέτρα.

Η διάμετρος του αγωγού υπολογίζεται με μια διαδικασία προσεγγίσεων. Επιλέγεται αρχικά μια διάμετρος και με βάση την παροχή Q και το μήκος L , υπολογίζονται τα H_f , P από τις δύο παραπάνω σχέσεις. Γίνεται η σύγκριση των απωλειών του αγωγού P με τις μέγιστες επιτρεπόμενες P_{max} και αν $P > P_{max}$, δοκιμάζεται η αμέσως μεγαλύτερη διάμετρος και επαναλαμβάνονται οι υπολογισμοί. Αν $P < P_{max}$, δοκιμάζεται η αμέσως μικρότερη διάμετρος. Σαν οριστική επιλέγεται η διάμετρος εκείνη κατά την οποία $P \cong P_{max}$.

Ο υπολογισμός του αγωγού μεταφοράς γίνεται έτσι που να εξασφαλίζει την παροχή και το φορτίο που χρειάζεται κάθε αγωγός τροφοδοσίας που τροφοδοτείται απ' αυτόν. Βασική αρχή είναι το φορτίο στο τέλος του αγωγού μεταφοράς (P_{end}) να είναι ίσο με το απαιτούμενο φορτίο στην είσοδο του τελευταίου αγωγού τροφοδοσίας (P_{min}), δηλαδή $P_{end} = P_{min}$.

Ο αγωγός τροφοδοσίας μιας αρδευτικής μονάδας είναι κατά κανόνα κατασκευασμένος από PVC και καλό είναι να τοποθετείται υπόγεια, τόσο για την προστασία του όσο και για την διευκόλυνση της κίνησης ανθρώπων και μηχανημάτων στο χώρο του θερμοκηπίου. Ο αγωγός αυτός τροφοδοτεί με νερό και εξασφαλίζει το απαιτούμενο φορτίο των αγωγών εφαρμογής, οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με S_1 . Ο αριθμός των αγωγών εφαρμογής (N) που τροφοδοτούνται από τον αγωγό τροφοδοσίας είναι:

$$N = L_m / S_1$$

όπου L_m είναι το μήκος του αγωγού τροφοδοσίας σε m και S_1 είναι σε m.

Η παροχή στην αρχή του αγωγού (Q_m) είναι συνάρτηση του αριθμού των αγωγών εφαρμογής (N) και της παροχής τους (Q_1) και δίνεται από την σχέση:

$$Q_m = N \cdot Q_1$$

Οι γραμμικές απώλειες του αγωγού τροφοδοσίας (H_f) υπολογίζονται συνήθως από την σχέση των Hazen – Williams όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για την περίπτωση που η παροχή του αγωγού είναι σταθερή σε όλο το μήκος του και ίση με Q_m . Ο αγωγός τροφοδοσίας όμως έχει μεταβαλλόμενη παροχή που κυμαίνεται από Q_m στην αρχή του μέχρι Q_1 στο τέλος, γεγονός που συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των απωλειών. Σ' αυτή την περίπτωση οι ολικές γραμμικές απώλειές του (P_m) υπολογίζονται με τη σχέση:

$$P_m = (H_f \cdot L_m \cdot F) / 100$$

όπου P_m , H_f , L_m είναι σε m και το F είναι συντελεστής περιορισμού. Ο συντελεστής περιορισμού F είναι συνάρτηση του αριθμού των αγωγών εφαρμογής που τροφοδοτούνται από τον αγωγό τροφοδοσίας.

Η διάμετρος του αγωγού τροφοδοσίας υπολογίζεται με την ίδια διαδικασία προσεγγίσεων, όπως και η διάμετρος του αγωγού μεταφοράς.

Οι σωλήνες αναφέρονται στο εμπόριο με την εξωτερική τους διάμετρο. Η εσωτερική διάμετρος, ανάλογα με την αντοχή των σωμάτων δίνεται από τους κατασκευαστές. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι εσωτερικές διαμέτροι αγωγών για τρεις τυποποιημένες αντοχές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5

Εσωτερικές διαμέτροι σωλήνων από σκληρό PVC σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο και την αντοχή.

Εξωτερική διάμετρος, mm	Εσωτερική διάμετρος, mm			
	(1)	(2)	(3)	(4)
40	37,0	36,2	34,0	
50	46,4	45,2	42,6	
63	59,2	57,0	53,6	
75	70,6	67,8	63,8	
90	84,6	81,4	76,6	
110	103,6	99,4	93,6	
125	117,6	113,0	106,4	

Δίκτυο εφαρμογής: Αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12 – 16 mm, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τα 25 mm, στους οποίους σε προκαθορισμένες θέσεις, τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων.

Οι αγωγοί εφαρμογής τοποθετούνται επιφανειακά στο θερμοκήπιο και έχουν αντοχή 4 ή 6 atm. Ο αριθμός των σταλακτάρων (n) σε κάθε αγωγό εφαρμογής είναι:

$$n = L/S_e$$

όπου:

L_1 ® το μήκος του αγωγού σε m

S_e ® η απόσταση μεταξύ των σταλακτάρων σε m

Η παροχή στην αρχή του αγωγού (Q_1) είναι συνάρτηση του αριθμού των σταλακτάρων που φέρει (n) και της παροχής τους (q) και δίνεται από τη σχέση:

$$Q_1 = (nq)/3600 \text{ [lit/s]} \quad \text{ή} \quad Q_1 = (nq)/1000 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

όπου q είναι σε lit/h.

Οι γραμμικές απώλειες των αγωγών εφαρμογής σε m/100m αγωγού, υπολογίζονται συνήθως με τη σχέση των Hazen – Williams:

$$H_f = 1,13 \cdot 10^{11} \cdot (Q_1/C)^{1,852} \cdot D^{-4,87}$$

όπου:

Q_1 ® σε m³/h

D ® η εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε mm

C = 140

Οι αγωγοί εφαρμογής αναφέρονται στο εμπόριο με την εξωτερική τους διάμετρο. Η εσωτερική διάμετρος δίνεται από πίνακες των κατασκευαστών σε σχέση με την αντοχή τους. Ο παρακάτω πίνακας είναι αντιπροσωπευτικός των στοιχείων αυτών και μπορεί να χρησιμοποιείται όταν δεν είναι διαθέσιμα τα στοιχεία αυτά από τους κατασκευαστές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6

Εσωτερικές διαμέτροι σωλήνων από πολυαιθυλένιο σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο και την αντοχή τους.

Εξωτερική διάμετρος,mm	Εσωτερική διάμετρος,mm	
	4 atm	6 atm
(1)	(2)	(3)
12	10,7	10,4
16	41,4	14,1
20	18,2	17,6
25	22,9	22,0
32	29,4	28,1

Η σχέση των Hazen – Williams αφορά την περίπτωση που η παροχή του αγωγού είναι σταθερή σε όλο το μήκος του και ίση με Q_i . Επειδή στους αγωγούς εφαρμογής η παροχή μεταβάλλεται από Q_i στην αρχή τους μέχρι q στο τέρμα, οι απώλειες περιορίζονται ανάλογα. Η εκτίμηση των μειωμένων απωλειών γίνεται με τη βοήθεια του συντελεστή περιορισμού F , που είναι συνάρτηση του αριθμού των σταλακτών (n) και δίνεται από τη σχέση:

$$F = \sum_1^{1,85} / n^{2,85} \quad (\text{i από 1 έως } n)$$

Με βάση τα παραπάνω, οι ολικές γραμμικές απώλειες (P_l) ενός αγωγού εφαρμογής, που έχει μήκος (L_l) και αριθμό σταλακτών (n), μπορούν να υπολογιστούν με τη σχέση:

$$P_l = (H_f \cdot L_l \cdot F) / 100$$

όπου P_l , H_f και L_l είναι σε m.

Η διάμετρος των αγωγών εφαρμογής υπολογίζεται με μια διαδικασία προσεγγίσεων, όπως και η διάμετρος των αγωγών μεταφοράς και τροφοδοσίας.

Στον επόμενο πίνακα δίνονται τιμές του F για διάφορους αριθμούς σταλακτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7

Τιμές του συντελεστή F σε σχέση με τον αριθμό των σταλακτήρων.

Αριθμός σταλακτήρων	F	Αριθμός σταλακτήρων	F
1	1,000	14	0,387
2	0,639	16	0,382
3	0,535	18	0,379
4	0,486	20	0,376
5	0,457	25	0,371
6	0,435	30	0,368
7	0,423	40	0,364
8	0,415	50	0,361
10	0,402	100	0,356
12	0,394	>100	0,355

Σταλακτήρες: Βάση του συστήματος στάγδην άρδευσης είναι οι σταλακτήρες. Το νερό εμφανίζεται στην έξοδο των σταλακτήρων με τη μορφή σταγόνων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε σε κάθε θέση να διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα νερού την ώρα. Για να μπορεί να εκπληρώσει σωστά την αποστολή του κάθε σταλακτήρας πρέπει να εξασφαλίζει μικρή και οικονομική παροχή που να μην επηρεάζεται από περιορισμένες μεταβολές της πίεσης στον αγωγό εφαρμογής, να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ροής ώστε να μην αποφράζεται εύκολα, να είναι κατασκευασμένος από υλικό που να μην επηρεάζεται σημαντικά και να μην παθαίνει μόνιμες αλλοιώσεις από τις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την έκθεση του στο χωράφι, να είναι ευκολόχρηστος και να έχει μικρό κόστος.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια έχει σχεδιαστεί μια μεγάλη ποικιλία σταλακτήρων που, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Έτσι, ανάλογα με το είδος της ροής του νερού, διακρίνονται σε σταλακτήρες με στρωτή ροή, με μερικά στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή. Ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης ή στραγγαλισμού της πίεσης διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και σε επιστόμιο ή οπή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης

ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι.

Αν η ροή ενός σταλακτήρα είναι στρωτή, η παροχή του επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Επειδή οι διακυμάνσεις αυτές είναι σημαντικές κατά τη διάρκεια της ημέρας, η ενστάλαξη του νερού γίνεται ανομοιόμορφα. Για το λόγο αυτό στα δίκτυα με σταγόνες πρέπει να χρησιμοποιούνται σταλακτήρες με στροβιλώδη ροή. Γενικά, η παροχή ενός σταλακτήρα είναι κάποια συνάρτηση του φορτίου που μπορεί να εκφρασθεί από μια σχέση της μορφής

$$q = KH^x$$

όπου:

q → η παροχή του σταλακτήρα που εκφράζεται συνήθως σε l/h

H → το φορτίο με το οποίο λειτουργεί ο σταλακτήρας σε m

K → αναλογική σταθερά χαρακτηριστική του κάθε σταλακτήρα

x → εκθέτης που η τιμή του καθορίζεται από το είδος της ροής (για $x=1$, η ροή είναι στρωτή ενώ για $x=0,5$ η ροή είναι στροβιλώδης.)

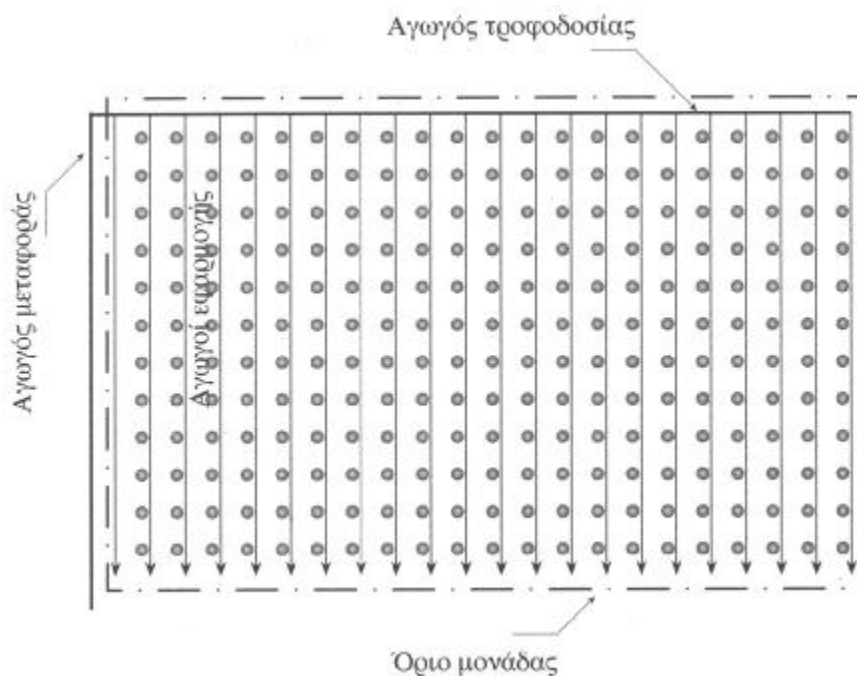
Στους αυτορυθμιζόμενους σταλακτήρες η τιμή του x τείνει προς το μηδέν. Για ένα συγκεκριμένο σταλακτήρα η τιμή του x μπορεί να υπολογιστεί αν μετρηθούν οι παροχές κάτω από δύο διαφορετικά φορτία με τη σχέση:

$$x = \log(q_1/q_2) / \log(H_1/H_2)$$

Διατάξεις άρδευσης

Οι αγωγοί εφαρμογής τοποθετούνται στο έδαφος με διάφορες διατάξεις ανάλογα με σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσουν. Η πιο κοινή διάταξη είναι η απλή ευθύγραμμη στην οποία οι αγωγοί ακολουθούν τις γραμμές των φυτών της καλλιέργειας και σχεδιάζονται έτσι που κατά την άρδευση να σχηματίζεται μια συνεχής ζώνη διαβροχής του εδάφους με το επιθυμητό κατά περίπτωση πλάτος. Η συνέχεια της υγρής ζώνης εξασφαλίζεται αν τοποθετηθούν οι σταλακτήρες σε απόσταση μεταξύ τους κατά τι μικρότερη από τη διάμετρο διαβροχής. Η απόσταση αυτή, κατά κοινή πρακτική, παίρνεται ίση με 0,8 της διαμέτρου. Αν η απόσταση μεταξύ των φυτών είναι μεγάλη, η διάταξη με απλούς ευθύγραμμους αγωγούς δεν είναι επαρκής για την ύγρανση

της επιθυμητής επιφάνειας του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθούν διατάξεις με δύο παράλληλους αγωγούς εφαρμογής, με βοηθητικούς ελικοειδείς αγωγούς ή με σταλακτήρες πολλαπλών εξόδων.



Εικ. 5.8. Τυπική διάταξη αρδευτικής μονάδας με ένα αγωγό τροφοδοσίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8

Ποσοστό % ύγρανσης του αγρού (p) σε σχέση με τον τύπο του εδάφους και την παροχή του σταλακτήρα για απλή ευθύγραμμη διάταξη.

Παροχή σταλακτήρα $l \cdot h^{-1}$	Κατηγορία εδάφους	S_e , m	S_l , m									
			0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1,5	Ελαφρό	0,2	38	33	25	20	15	12	10	8	6	5
	Μέσο	0,5	88	70	58	47	35	28	23	18	14	12
	Βαρύ	0,9	100	100	92	73	55	44	37	28	22	18
2,0	Ελαφρό	0,3	50	40	33	26	20	16	13	10	8	7
	Μέσο	0,7	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	Βαρύ	1,0	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
4,0	Ελαφρό	0,6	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	Μέσο	1,0	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	Βαρύ	1,3	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
8,0	Ελαφρό	1,0	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	Μέσο	1,3	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	Βαρύ	1,7	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
12,0	Ελαφρό	1,3	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	Μέσο	1,6	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
	Βαρύ	2,0	100	100	100	100	100	100	80	60	48	40

Ό Στον παραπάνω πίνακα όπου S_e είναι απόσταση μεταξύ των σταλακτρήρων στον αγωγό εφαρμογής και S_l είναι η απόσταση των αγωγών εφαρμογής μεταξύ τους.

Ρύθμιση λειτουργίας του δικτύου

Η σωστή λειτουργία ενός δικτύου άρδευσης με σταγόνες απαιτεί ορισμένους χειρισμούς. Οι χειρισμοί αυτοί έχουν σχέση με την έναρξη και παύση της λειτουργίας του δικτύου, τη διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων του και τη ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής και των φορτίων στην αρχή του δικτύου και των αγωγών τροφοδοσίας.

Η πιο απλή ρύθμιση γίνεται με την τοποθέτηση στις κατάλληλες θέσεις χειροκίνητων διακοπών (βανών). Στην περίπτωση αυτή όλοι οι χειρισμοί γίνονται με το χέρι από τον υδρονομέα.

Μια άλλη ρύθμιση μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ογκομετρικών βαλβίδων. Οι βαλβίδες αυτές κλείνουν αυτόματα όταν περάσει μια ορισμένη ποσότητα νερού για την οποία έχουν ρυθμιστεί. Τέτοιες βαλβίδες μπορεί κατά περίπτωση να τοποθετηθούν στην αρχή του δικτύου και στην αρχή των μονάδων του.

Στην περίπτωση που ένα δίκτυο αποτελείται από περισσότερες της μιας μονάδες, η διαδοχική χορήγηση νερού μπορεί να γίνει αυτόματα με διαφραγματικές βαλβίδες.

Αυτοματοποίηση της λειτουργίας ενός δικτύου μπορεί να γίνει με έναν προγραμματιστή, ο οποίος ρυθμίζει, σύμφωνα με το πρόγραμμα άρδευσης, τη διαδοχική λειτουργία των ηλεκτρικών διαφραγματικών βαλβίδων που είναι τοποθετημένες στην αρχή κάθε μονάδας.

Σε ορισμένες περιπτώσεις δικτύων με περισσότερες της μιας μονάδες, είναι πιθανό, κατά τον υπολογισμό του δικτύου, να προκύψουν φορτία στον αγωγό μεταφοράς στις θέσεις υδροληψίας των αγωγών τροφοδοσίας μεγαλύτερα από αυτά που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία τους. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται περιοριστές πίεσης που ρυθμίζονται για σταθερή κατάντη πίεση ίση με αυτή που χρειάζεται ο αγωγός τροφοδοσίας.

Κεντρική εγκατάσταση συστήματος άρδευσης σε θερμοκήπιο

Για την εγκατάσταση ενός συστήματος άρδευσης θα πρέπει πρώτα να προηγηθεί μια σωστή μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθέσιμη ποσότητα νερού, τις απαιτήσεις των φυτών και τις κατασκευαστικές δυνατότητες.

Μια έκταση δύο στρεμμάτων θερμοκηπίου απαιτεί έναν κεντρικό σωλήνα διαμέτρου 5 cm, ενώ έκταση πέντε στρεμμάτων 8,5 cm. Συνήθως

χρησιμοποιούνται πλαστικοί σωλήνες από PVC, διότι είναι φθηνότεροι από τους μεταλλικούς. Οι σωληνώσεις αυτές τοποθετούνται υπόγεια και όχι εναέρια, για να αποφεύγεται η σκίαση στο θερμοκήπιο. Ο κεντρικός σωλήνας διασχίζει κατά μήκος το θερμοκήπιο και διακλαδίζεται δεξιά και αριστερά. Σε κάθε διακλάδωση ή ανά τρεις διακλαδώσεις υπάρχει συνήθως διακόπτης παροχής νερού, ο οποίος λειτουργεί είτε με το χέρι είτε αυτόματα από τον κεντρικό πίνακα λειτουργίας του συστήματος άρδευσης. Όσο περισσότερα φυτά διαφορετικής ηλικίας και είδους είναι στο θερμοκήπιο, τόσο περισσότερες διακλαδώσεις ανεξάρτητης λειτουργίας θα πρέπει να υπάρχουν.

Ο τύπος του φίλτρου που χρησιμοποιείται στην αρχή της εγκατάστασης, εξαρτάται από την καθαρότητα του χρησιμοποιούμενου νερού. Στα τραπέζια των ανθοκομικών φυτών το νερό διανέμεται με πλαστικό σωλήνα, διαμέτρου 20 mm, ο οποίος δέχεται το νερό στο μέσον του. Στις καλλιέργειες εδάφους η διανομή του νερού στις γραμμές των φυτών γίνεται με πλαστικό σωλήνα διαμέτρου 10 mm ή 12 mm, που φέρει σταλακτήρες στις αποστάσεις των φυτών.

Τα πιο ευαίσθητα εξαρτήματα του συστήματος άρδευσης, όπως οι σωλήνες πολυαιθυλενίου με τοιχώματα πάχους 0,2 mm, οι πλαστικοί ψεκαστές κ.λ.π., διαρκούν 5 – 6 χρόνια. Οι άλλοι σωλήνες με παχύτερα τοιχώματα, οι ορειχάλκινοι ψεκαστές και οι διακόπτες, διαρκούν πολύ περισσότερο.

Διακόπτες λειτουργίας

Στις μικρές επιχειρήσεις χρησιμοποιούνται κυρίως οι χειροκίνητοι διακόπτες νερού. Ο καλλιεργητής ελέγχει καθημερινά όλο το θερμοκήπιο για να διαπιστώσει την κατάσταση της εδαφικής υγρασίας. Στις μεγάλες επιχειρήσεις, όπου η καθημερινή ενασχόληση με την λειτουργία της άρδευσης κοστίζει ακριβά και δεν εγγυάται προσεκτική εργασία, προτιμούνται οι αυτοματισμοί.

Ο απλούστερος αυτοματισμός, που δεν απαιτεί την ύπαρξη ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελείται από ογκομετρικούς και υδραυλικούς διακόπτες που λειτουργούν σαν καταφράκτες, ο ένας μετά τον άλλο. Επάνω σε κάθε βάνα ρυθμίζεται η επιθυμητή δόση.

Ένας άλλος απλός αυτοματισμός είναι αυτός που δημιουργείται από χρονοδιακόπτη. Μπορεί να ανοίγει και να κλείνει τους διακόπτες ποτίσματος

σε χρόνο που ρυθμίζεται ενός λεπτού και 30 λεπτών και σε διάστημα ανά μία ώρα, ανά μια ημέρα και μέχρι 15^η ημέρο.

Επειδή η απαίτηση σε νερό στο θερμοκήπιο είναι κυρίως συνάρτηση της ηλιακής ενέργειας που μπαίνει στο θερμοκήπιο, κυκλοφορούν στην αγορά όργανα στα οποία υπάρχει αισθητήριο πυρανόμετρο που μετρά την ηλιακή ενέργεια. Όταν φθάσει σ' ένα ορισμένο επίπεδο, κλείνει το κύκλωμα για πότισμα και το πότισμα σταματά ογκομετρικά ή με χρονοδιακόπτη.

Οποιοσδήποτε αυτοματισμός κι αν υπάρχει, ρυθμίζεται έτσι ώστε να μην ανοίγουν όλοι οι διακόπτες μαζί για πότισμα, αλλά διαδοχικά. Όταν ποτιστεί το ένα τμήμα, αρχίζει να ποτίζεται το άλλο, ώστε να αποφεύγονται οι μεγάλες κεντρικές εγκαταστάσεις.

Λίπανση

Μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων δίνονται στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, τόσο σαν αρχική βασική λίπανση, όσο και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι λιπάνσεις θα πρέπει να είναι εξισορροπημένες από πλευράς θρεπτικών στοιχείων, ενώ η συνεχής προσθήκη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας, έτσι ώστε τα φυτά δεν αυξάνουν κανονικά, σκληραίνουν και μπορεί να ξεραθούν. Για να υπολογιστούν οι σωστές ποσότητες λιπασμάτων που θα πρέπει να προστεθούν στο έδαφος είναι απαραίτητο να έχει προηγηθεί ανάλυση του εδάφους. Η δειγματοληψία καλό είναι να γίνεται μετά την απόπλυση και την απολύμανση του εδάφους.

Τα κύρια λιπαντικά στοιχεία είναι το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το μαγνήσιο και το ασβέστιο. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να χορηγούνται στα φυτά στις σωστές ποσότητες, στις σωστές μεταξύ τους αναλογίες και στον κατάλληλο χρόνο.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους που απαιτούνται για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι η αυξημένη διαπερατότητα σε νερό και αέρα καθώς και οργανική ουσία 6 – 8 %.

Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων εξαρτάται από το pH του εδάφους. Με πολύ χαμηλό pH < 5 μειώνεται η διαθεσιμότητα των P, N, K,

Mg, Ca, S, Fe, Mo, B και Cu, ενώ με πολύ ψηλό pH > 8 μειώνεται η διαθεσιμότητα των P, N, Mn, Co, Fe, B, Zn και Cu. Η διόρθωση του pH σε όξινα και αλκαλικά εδάφη, σε βάθος 30 cm και με περιεκτικότητα 1 – 2 % σε οργανική ουσία μπορεί να γίνει με προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου, θείου και γύψου. Οι ποσότητες πρέπει να αυξάνονται όταν η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι μεγαλύτερη. Σε περίπτωση που προστίθενται αντί του ανθρακικού ασβεστίου CaCO₃, άσβηστη άσβεστος CaO, οι ποσότητες πρέπει να πολλαπλασιάζονται με 0,56, ενώ όταν προστίθεται σβησμένη άσβεστος Ca(OH)₂ πρέπει να πολλαπλασιάζονται με 0,74.

Η διανομή των λιπασμάτων στο θερμοκήπιο παρουσιάζει δυσκολίες λόγω του περιορισμένου χώρου και της καθορισμένης απόστασης μεταξύ των φυτών.

Η τοπική διανομή είναι επικίνδυνη, όταν στο έδαφος έχουν συγκεντρωθεί άλατα, γι' αυτό είναι απαραίτητο να είναι γνωστός ο δείκτης αλατότητας του εφαρμοζόμενου λιπάσματος. Ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος με τα λιπάσματα σε σκόνη παρά με τα χονδρόκοκκα, που είναι βραδείας δράσης και το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται ευκολότερα με την εφαρμογή υδροδιαλυτών λιπασμάτων μέσω του συστήματος υδρολίπανσης.

Η διαφυλλική λίπανση συνιστάται σε περιπτώσεις που απαιτείται ταχύτερη δράση και έχουν παρουσιαστεί προβλήματα στο ριζικό σύστημα.

Η λίπανση μαζί με το νερό του ποτίσματος

Σήμερα στο θερμοκήπιο η χορήγηση των λιπαντικών στοιχείων γίνεται συνήθως μαζί με το νερό του ποτίσματος.

Η αρχή της μεθόδου αφορά τη διάλυση στο νερό του ποτίσματος των αναγκαίων ανόργανων στοιχείων, για να μεταφερθούν έτσι μαζί με το νερό στο επίπεδο των ριζών. Στην εφαρμογή της μεθόδου όμως υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί, από διάφορες δυσκολίες που συνδέονται με τις συνθήκες του περιβάλλοντος (έδαφος, κλίμα) και τη συμπεριφορά των λιπασμάτων. Ο καλλιεργητής επομένως πρέπει να έχει συνείδηση των δυνατοτήτων και των ορίων αυτής της τεχνικής.

Η σύνθεση του διαλύματος των λιπασμάτων εξαρτάται κυρίως από το ισοζύγιο απορρόφησης των ανόργανων στοιχείων από το φυτό. Αυτό το ισοζύγιο μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη φύση του φυτού. Για να προσδιορίσουμε τη συνολικά απαιτούμενη ποσότητα λιπάσματος, είναι αναγκαίο να εκτιμήσουμε τις πραγματικές ανάγκες σε νερό και θρεπτικά στοιχεία της καλλιέργειας σ' όλη την διάρκεια του φυτικού κύκλου.

Στην πράξη, στην αρχή της καλλιέργειας γίνεται ανάλυση του εδάφους και συμπληρώνεται η περιεκτικότητά του ώστε να έχει τις κανονικές ποσότητες N, P₂O₅, K₂O. μετά γίνεται το λιπαντικό πρόγραμμα της καλλιέργειας και οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων υπολογίζεται να δοθούν ανάλογα με τη συχνότητα και την ποσότητα των ποτισμάτων, το βαθμό ανάπτυξης του φυτού και την καρποφορία του.

Γενικά προστίθεται στο έδαφος με τη βασική λίπανση ένα ποσόν K₂O σχεδόν το σύνολο του φωσφόρου και από την εγκατάσταση του νέου φυτού και όσο συνεχίζεται η βλάστηση και ιδιαίτερα όταν βγούνε οι καρποί και οι ανάγκες του φυτού γίνουν μεγαλύτερες, το νερό της άρδευσης εμπλουτίζεται με ένα διάλυμα που περιέχει άζωτο, κάλιο και συχνά μαγνήσιο.

Για μια σωστή λίπανση σε εντατικά καλλιεργούμενα εδάφη θερμοκηπίων, είναι χρήσιμο η λίπανση να γίνεται συναρτήσει της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η συχνότητα των λιπάνσεων και η συγκέντρωση των λιπασμάτων που προστίθενται στο νερό του ποτίσματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού διαλύματος. Στην πράξη σε συνήθους ποιότητας νερό διαλύονται ½ - 1 gr λιπάσματος ανά λίτρο νερού άρδευσης. Σε καλής ποιότητας νερό άρδευσης χρησιμοποιούνται καμιά φορά πιο πυκνές διαλύσεις μέχρι και 2 gr/lit, αλλά είναι προτιμότερο να περιορίζεται σε κατώτερη πυκνότητα, αν δεν παρακολουθείται συστηματικά η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.

Το νερό που είναι εμπλουτισμένο με τα λιπαντικά στοιχεία, δίνεται συνήθως στην καλλιέργεια με στάγδην άρδευση ή με καταιονισμό. Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει είναι το νερό να κατανεμηθεί όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα στην έκταση των φυτών που πρόκειται να ποτιστούν. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος διάβρωσης ή και προσκολλησεως αλάτων στο σύστημα μεταφοράς και διανομής χρησιμοποιούνται συνήθως πλαστικά υλικά.



Εικ. 5.9. Αυτόματη άρδευση και υδρολίπανση που ελέγχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9

Χαρακτηριστικά και δόσεις εφαρμογής των λιπασμάτων							
Λιπάσματα	Περιεκτικότητα %			Σχέση N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Διαθεσιμότητα και δείκτης αλατότητας (νιτρικό νάτριο = 100)	Δόσεις εφαρμογής στο θερμοκήπιο	
	Αζωτο N	Φώσφο ρος P ₂ O ₅	Κάλιο K ₂ O			gr/m ²	gr/l ver.
Αζωτούχα							
Θεική αμμωνία	20-21			-	ταχεία (69,0)	25-50	2-3
Νιτρική αμμωνία	26-27			-	ταχεία (104,7)	15-30	1-2
Ουρία	46			-	ταχεία (104,7)	15-25	1-2
Νιτρικό νάτριο	16			-	ταχεία (75,4)	50	2-3
Νιτρικό ασβέστιο	15-16			-	ταχεία (100)	25-50	2-3
Ασβεστοκυαναμίδες	20-21			-	ταχεία (52,5)	50	-
Φοσφορικά							
Υπερφοσφορικό		18-20		-	βραδεία (7,8)	100-200	-
Υπερφοσφορικό τριπλό		46-48		-	βραδεία (10,1)	60-120	-
Καλιούχα							
Χλωριούχο κάλιο			50-52	-	ταχεία (116,3)	15-25	1-2
Θεικό κάλιο			50-52	-	ταχεία (46,1)	15-25	1-2
Σύνθετα							
Νιτρικό κάλιο	13	-	44	1:0:3,4	ταχεία (73,6)	15-25	1-2
Φοσφορικό διαμώνιο	18	47	-	1:2,6:0	ταχεία (34,2)	50	2-3
Πολυφωσφορικό αμμώνιο	15	61	-	1:4:0	μέση - ταχεία	30	1-2
9-9-18	9	9	18	1:1:2	μέση - ταχεία	30	1-2
10-10-10	10	10	10	1:1:1	μέση - ταχεία	30	1-2
11-22-16	11	22	16	1:2:1,45	μέση - ταχεία	30	1-2
20-10-10	20	10	10	2:1:1	μέση - ταχεία	30	1-2
Υδατοδιαλυτά							
Fertidro 122	11	22	22	1:2:2	ταχεία	30	1-2
Fertisol F.B.	6	15	22	1:2,5:3,66	ταχεία	25	1-2
Fertisol F.R.	20	6	18	1:0,3:0,9	ταχεία	25	1-2
Polycrescal	14	10	14	1:0,7:1,1	ταχεία	25	1-2
Nitrophoska ble	12	12	17	1:1:1,42	ταχεία	25	1-2
Βραδείας δράσης							
Triabon (C.D.U.)	16	8	12	1:0,5:0,75	βραδεία	30-60	-
Osmocote	15	12	15	1:0,8:1	βραδεία	30-60	-
Nitrophoska Gold	15	9	15	1:0,6:1	βραδεία	30-60	-
Azorit (U.F.)	14	6	18	1:0,43:1,3	βραδεία	30-60	-
Οργανικά							
Κοπριά φρέσκια αγελάδας	0,34	0,16	0,40	1:0,47:1,18	μέση - ταχεία	4-6 kg/m ²	-
Κοπριά φρέσκια αλόγου	0,60	0,28	0,53	1:0,47:0,88	μέση - ταχεία	4 kg/m ²	-
Κοπριά φρέσκια προβάτου	0,82	0,22	0,67	1:0,27:0,81	μέση - ταχεία	4-6 kg/m ²	-
Κοπριά φρέσκια πτηνών	1,6	1,7	1,0	1:1,06:0,62	μέση - ταχεία	1-2 kg/m ²	-
Οστεάλευρα	3,5	13,0	-	1:3,7:0	βραδεία	60-100	-
Ιχθυάλευρα	8,1	13,7	0,4	1:1,7:0,05	βραδεία	50-100	-
Αίμα ξηρό	11-12	-	-	-	μέση - ταχεία	50-100	5-10
Δευτερεύοντα στοιχεία							
Θεικό μαγνήσιο	10 Mg			-	μέση	60-100gr/m ²	8-16
Γύψος	29Ca 20S			-	βραδεία	0,5-4 kg/m ²	8-16
Υδροξειδίο ασβεστίου	60-80 Ca			-	μέση	0,7-4 kg/m ²	-
Ανθρακικό ασβέστιο σε σκόνη	32 Ca			-	βραδεία	0,5-3 kg/m ³	-
Θείο	95 S			-	βραδεία	80-800 gr/m ²	-
Ιχνοστοιχεία							
Βόρακας	11 B			-	μέση	9-10 gr/m ³	1
Χηλικός σίδηρος	12 Fe			-	ταχεία	20-30 gr/m ³	1
Θεικός σίδηρος	20 Fe			-	βραδεία	40-100 gr/m ³	1
Θεικό μαγγάνιο	24-65Mn			-	βραδεία	10-15 gr/m ³	0,1
Θεικός χαλκός	25 Cu			-	βραδεία	14-16 gr/m ³	0,1
Θεικός ψευδάργυρος	22-35 Zn			-	βραδεία	10-14 gr/m ³	0,1
Νιτρικός μόλυβδος	22 Mo			-	βραδεία	2,5-5 gr/m ³	0,1

Υδρολιπαντήρες

Τα λιπάσματα ή ακόμα και διάφορα φυτοφάρμακα εδάφους εισάγονται στα συστήματα της στάγδην άρδευσης με τους υδρολιπαντήρες, που λειτουργούν είτε με διαφορική πίεση είτε με αντλία.

Οι υδρολιπαντήρες με διαφορική πίεση αποτελούνται από ένα δοχείο που κλείνει υδατοστεγώς στο οποίο τοποθετείται το λίπασμα σε διάλυση. Το δοχείο συνδέεται με τον κύριο αγωγό νερού του συστήματος με δύο πλαστικούς σωλήνες με συνήθη διάμετρο 12 mm ή 16 mm. Στον κύριο αγωγό, σε θέση μεταξύ των σημείων σύνδεσης των πλαστικών σωλήνων, τοποθετείται διακόπτης με τον οποίο στραγγαλίζεται η ροή έτσι που να δημιουργείται διαφορά πίεσης μεταξύ των σημείων άρδευσης. Με τον τρόπο αυτό ένα μέρος της ροής εξαναγκάζεται να περάσει μέσα από τον υδρολιπαντήρα και να επανέλθει στον κύριο αγωγό, μεταφέροντας διαλυμένη μια ποσότητα λιπάσματος ή οποία διανέμεται στο χωράφι μέσω του δικτύου.

Η χωρητικότητα των υδρολιπαντήρων που διατίθενται στο εμπόριο κυμαίνεται από 50 – 250 lit. Η επιλογή του όγκου (V) του υδρολιπαντήρα που είναι κατάλληλος για μια συγκεκριμένη περίπτωση εξαρτάται από την ποσότητα του λιπάσματος (W) που πρέπει να χορηγηθεί κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, την έκταση του αρδευτικού δικτύου (A), τον αριθμό των αρδεύσεων (N) κατά τις οποίες θα γίνει λίπανση και το ειδικό βάρος (γ) του λιπαντικού διαλύματος. Ο όγκος αυτός μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση

$$V = (W \cdot A) / (\gamma \cdot N)$$

όπου W είναι σε kg/m^2 και A είναι σε m^2 .

Η ποσότητα του λιπάσματος που μεταφέρεται από τον υδρολιπαντήρα στο δίκτυο σε ένα συγκεκριμένο χρόνο είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση του λιπάσματος κατά το χρόνο αυτό. Η συγκέντρωση ελαττώνεται προοδευτικά όσο προχωράει η άρδευση. Για να εξαντληθεί όλο το λίπασμα στο λιπαντήρα χρειάζεται να περάσει από το δοχείο πενταπλάσια ποσότητα νερού απ' ότι είναι ο όγκος του. Η σχέση που δίνει το χρόνο (t) που χρειάζεται για να εξαντληθεί όλο το λίπασμα είναι

$$t = 5V/q$$

όπου t είναι σε ώρες και q είναι η παροχή μέσω του λιπαντήρα σε l/h . Η παροχή αυτή δίνεται από διαγράμματα των κατασκευαστών σε συνάρτηση με τη διάμετρο των πλαστικών σωλήνων και τη διαφορά πίεσης στον κύριο αγωγό μεταξύ των σημείων σύνδεσης των πλαστικών σωλήνων.

Υδρολιπαντήρες μπορεί να λειτουργήσουν και με τη βοήθεια αντλιών, που διακρίνονται σε αντλίες αναρρόφησης ή κατάθλιψης. Στην πρώτη περίπτωση το λίπασμα διαλύεται σε ανοιχτά δοχεία και εισάγεται σε κάποιο σημείο του κύριου αγωγού όπου δημιουργείται πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Τέτοιες αντλίες μπορεί να είναι τύπου Ventouri ή κοινές φυγοκεντρικές. Στη δεύτερη περίπτωση το λίπασμα διαλύεται πάλι σε ανοιχτά δοχεία και εισάγεται με κατάθλιψη σε κάποιο σημείο του κύριου αγωγού όπου η πίεση είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Τέτοιες αντλίες είναι υδραυλικές ή ηλεκτρικές. Στο εμπόριο υπάρχει πληθώρα τύπων αντλιών από τις οποίες μπορεί να γίνει επιλογή της καταλληλότερης κατά περίπτωση.

Η έναρξη εφαρμογής του λιπάσματος πρέπει να γίνεται αφού πρώτα αποκατασταθεί ή ομαλή λειτουργία του αρδευτικού δικτύου, κάτι που επιτυγχάνεται μετά από κάποιο χρόνο από την έναρξη της άρδευσης. Επίσης η λίπανση πρέπει να διακόπτεται κάποιο χρόνο πριν το τέλος της άρδευσης ώστε, ώστε κατά τον εναπομείναντα χρόνο, να επιτυγχάνεται η πλήρης απομάκρυνση από το δίκτυο των υπολειμμάτων του λιπάσματος. Μια καλή πρακτική είναι η χορήγηση του λιπάσματος να αρχίσει μισή τουλάχιστον ώρα μετά την έναρξη της άρδευσης και να διακόπτεται μια ώρα πριν το τέλος της.

Αυτοματισμοί

Στο χώρο του θερμοκηπίου η είσοδος της ηλεκτρονικής έγινε πολύ νωρίτερα από κάθε άλλο κλάδο της γεωργίας. Έτσι στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις οι παραγωγοί έχουν την δυνατότητα, με την βοήθεια ειδικών μηχανισμών να επεμβαίνουν στους παράγοντες που συνθέτουν το κλίμα του θερμοκηπίου και να δημιουργήσουν κλιματολογικές συνθήκες διαφορετικές από το εξωτερικό περιβάλλον και μάλιστα τις βέλτιστες για την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών.

Το θερμοκήπιο άλλωστε προσφέρεται ιδιαίτερα για την εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος ρύθμισης και ελέγχου των παραμέτρων του κλίματος.

Σήμερα η εκτίμηση και η ρύθμιση των παραγόντων αυτών γίνεται αποκλειστικά από ηλεκτρονικούς υπολογιστές ελέγχου κλίματος και αυτό γιατί οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν την ικανότητα να υπολογίζουν σωστά τις υπάρχουσες κλιματολογικές συνθήκες μέσα στο θερμοκήπιο και συνεκτιμώντας πολλούς παράγοντες μπορούν να πετύχουν το καλύτερο αποτέλεσμα για την καλλιέργεια, χωρίς σπατάλη ενέργειας.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα μπορούν όλο και πιο συχνά να αντικαθιστούν την ανθρώπινη μνήμη στις πολλαπλές καθημερινές επαναλαμβανόμενες ανάγκες του θερμοκηπίου πέρα από γιορτές και αργίες.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος είναι να προσφέρονται για αυτοματοποίηση τόσο το θερμοκήπιο όσο και τα διάφορα συστήματα εξοπλισμού του όπως θέρμανση, αερισμός, άρδευση, λίπανση κ.λ.π. ή να χρειάζονται γι' αυτό το σκοπό ορισμένες οικονομικά συμφέρουσες μετατροπές.

Η απαραίτητη αυτή προϋπόθεση που με μια λέξη λέγεται «συμβατότητα», συντελεί στο να μεταφραστούν σε έργο οι διάφορες εντολές που έρχονται από τον υπολογιστή και στη συνέχεια να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος σκοπός δηλαδή η μέγιστη ποιοτικά παραγωγή με τον οικονομικότερο τρόπο.

Διαθέσιμοι τύποι Η/Υ ελέγχου κλίματος

Ανάλογα με τις απαιτήσεις – ανάγκες του παραγωγού, τον τύπο του θερμοκηπίου, το είδος της καλλιέργειας, αλλά και με το διαθέσιμο αρχικό κεφάλαιο, υπάρχουν διάφοροι τύποι Η/Υ ελέγχου κλίματος που πλέον απευθύνονται σε όλους τους καλλιεργητές. Προσεγγιστικά κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- i. **Συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης θερμοκηπίου, με πλήρες σύστημα ελέγχου κλίματος**

Ένα τέτοιο σύστημα Η/Υ ελέγχου κλίματος ελέγχει και ρυθμίζει το σύνολο των διαφόρων συστημάτων θερμοκηπίου, ελέγχοντας πλήρως τις παραμέτρους που επηρεάζουν το κλίμα. Τα συστήματα που ελέγχει είναι:

- Σύστημα βασικής θέρμανσης (πρωτεύον).
- Σύστημα συμπληρωματικής θέρμανσης (δευτερεύον).
- Σύστημα εξαερισμού παραθύρων (υπήνεμης και προσήνεμης πλευράς).
- Σύστημα θερμοκουρτίνων.
- Σύστημα σκίασης.
- Σύστημα τεχνητού φωτισμού.
- Σύστημα εμπλουτισμού διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- Σύστημα άρδευσης.
- Σύστημα ανεμιστήρων ανακυκλοφορίας.
- Σύστημα τεχνητής ομίχλης.

Τα παραπάνω συστήματα ελέγχονται όχι ανεξάρτητα αλλά σε αυστηρό συνδυασμό μεταξύ τους, έτσι ώστε να επιτευχθούν με ακρίβεια οι απαραίτητες κλιματολογικές συνθήκες στο χώρο της θερμοκηπιακής μονάδας.

Ένας πλήρης μετεωρολογικός σταθμός με αισθητήρια εξωτερικών συνθηκών (ταχύτητας ανέμου, ανίχνευσης βροχής, ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας) είναι συνδεδεμένες με τον Η/Υ κλίματος υποστηρίζοντας το σύστημα, δίνοντας συνεχώς στοιχεία των εξωτερικών συνθηκών, ώστε αφενός μεν να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για την αποφυγή ζημιών (π.χ. με την εμφάνιση ισχυρού ανέμου ή βροχής να κλείσουν άμεσα τα παράθυρα) και αφετέρου να γίνουν έγκαιρα ενέργειες βασιζόμενες στην πρόβλεψη του μετεωρολογικού σταθμού (π.χ. σε περίπτωση ελάττωσης της εξωτερικής θερμοκρασίας, τότε έγκαιρα και πριν ελαττωθεί η εσωτερική θερμοκρασία θα πρέπει να κλείσουν τα παράθυρα, να τραβηχτούν οι θερμοκουρτίνες και αν ο ρυθμός ελάττωσης της εξωτερικής θερμοκρασίας είναι μεγάλος να ενεργοποιηθεί και το σύστημα θέρμανσης).

Τα συστήματα αυτά μπορούν να ελεγχθούν κεντρικά (με την σύνδεση με Personal computer) ή και αποκεντρωμένα (ευέλικτο σύστημα).

Οι διάφορες παράμετροι – μετρήσεις αποθηκεύονται στη μνήμη του Η/Υ και μπορεί να εμφανιστούν σε μορφή πινάκων ή διαγραμμάτων έτσι ώστε ο παραγωγός να μπορεί να τα ελέγχει, να τα συγκρίνει και να τα αναλύει

προκειμένου να βγάλει τα συμπεράσματα του για την επίδρασή τους στην καλλιέργεια.

ii. *Συστήματα μερικής διαχείρισης του θερμοκηπίου*

Σε περίπτωση που ένα μόνο μέρος των διαφόρων συστημάτων του θερμοκηπίου πρόκειται να ελεγχθεί, όταν σε υπάρχουσες μονάδες είναι εγκατεστημένο μέρος μόνο των συστημάτων (π.χ. εξαερισμός παραθύρων οροφής, θέρμανση και θερμοκουρτίνες), τότε θα μπορούσε να εγκατασταθεί απλούστερο σύστημα Η/Υ κλίματος για μερική διαχείριση του θερμοκηπίου.

Τα συστήματα αυτά είναι επεκτάσιμα, έχουν δηλαδή την δυνατότητα σε επόμενη φάση να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες της θερμοκηπιακής μονάδας, με την τοποθέτηση επιπρόσθετων Η/Υ ελέγχου κλίματος. Είναι μια οικονομική λύση, όπου ο παραγωγός έχει την δυνατότητα να εγκαταστήσει σύστημα Η/Υ ελέγχου κλίματος, ελέγχοντας τα συστήματα που ήδη είναι εγκαταστημένα στη μονάδα του, διατηρώντας όμως την δυνατότητα επέκτασης του και ολοκλήρωσής του σε επόμενη φάση.

Τα συστήματα αυτά έχουν όλες τις δυνατότητες – λειτουργίες, όπως και αυτά ολοκληρωμένης διαχείρισης.

iii. *Αναλογικοί ρυθμιστές*

Στην περίπτωση που ο παραγωγός αδυνατεί οικονομικά ή δεν ενδιαφέρεται να εγκαταστήσει ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης θερμοκηπίου, έχει την δυνατότητα να προμηθευτεί αναλογικούς ρυθμιστές που θα του επιτρέπουν τον έλεγχο συγκεκριμένων συστημάτων, όπως για παράδειγμα το σύστημα εξαερισμού παραθύρων (υπήνεμης και προσήνεμης πλευράς με αισθητήρες ταχύτητας ανέμου, ανίχνευσης βροχής, θερμοκρασίας και υγρασίας ή τον έλεγχο του συστήματος θερμοκουρτίνων σκίασης με αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υγρασίας.

Οι ρυθμιστές αυτοί είναι ένας βασικός, απλός και οικονομικός τρόπος ελέγχου των διαφόρων συστημάτων του θερμοκηπίου, έχουν όμως περιορισμένες δυνατότητες.

Με τους αναλογικούς ρυθμιστές τα συστήματα ελέγχονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και όχι σε συνδυασμό μεταξύ τους και δεν υπάρχει δυνατότητα συλλογής και καταγραφής των στοιχείων.

Επιλογή αυτόματου συστήματος ελέγχου κλίματος

Στην προσπάθειά του ο παραγωγός να επιλέξει ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών του θερμοκηπίου πρέπει να έχει ικανοποιητικές και πειστικές απαντήσεις σε ορισμένα βασικά ερωτήματα όπως:

- Γιατί χρειάζεται το σύστημα ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών του θερμοκηπίου;
- Ποιες είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις από ένα τέτοιο σύστημα;
- Πότε πρέπει να εγκατασταθεί ένα τέτοιο σύστημα;
- Ποια είναι η τεχνική υποστήριξη που πρέπει να του εγγυηθεί ο προμηθευτής;

Παρακάτω θα δοθούν οι απαντήσεις σε καθένα από αυτά τα ερωτήματα.

Ø Τα συστήματα ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών στο θερμοκήπιο είναι σήμερα απαραίτητα γιατί εξασφαλίζουν:

1. Βελτίωση της παραγωγής,
2. Μείωση των εισροών,
3. Αυξημένη ασφάλεια,
4. Εξοικονόμηση χρόνου.

Ø Οι απαιτήσεις του παραγωγού από ένα σύστημα ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών στο θερμοκήπιο μπορούν να είναι πολλές και σύνθετες, οπωσδήποτε όμως το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω ελάχιστες απαιτήσεις:

1. **Τεχνολογία.** Το σύστημα πρέπει:
 - Να ενσωματώνει σύγχρονη τεχνολογία και συγχρόνως να είναι κατασκευασμένο από υλικά που πρώτον να αποδίδουν στις δύσκολες συνθήκες του θερμοκηπίου (υψηλή υγρασία, θερμοκρασία κ.λ.π.) και δεύτερον να είναι ικανά να λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο, 365 ημέρες τον χρόνο για πολλά χρόνια.

- Να είναι ευέλικτο και να προσαρμόζεται εύκολα σε διαφορετικού τύπου εγκαταστάσεις θέρμανσης, άρδευσης κ.α. που χρησιμοποιούνται στο θερμοκήπιο, αλλά και σε διαφορετικές κλιματολογικά περιοχές.
- Να είναι εύκολα επεκτάσιμο τόσο για τον έλεγχο νέων χώρων – επεκτάσεων όσο και για νέες εγκαταστάσεις που ενδέχεται να προστεθούν μελλοντικά στο θερμοκήπιο.

2. **Ολοκληρωμένη διαχείριση.** Το μικροκλίμα που δημιουργείται στον προστατευόμενο χώρο του θερμοκηπίου εξαρτάται κυρίως από τις τιμές των εξής παραμέτρων:

- Θερμοκρασία χώρου (ημερήσια και νυχτερινή).
- Θερμοκρασία εδάφους ή υποστρώματος καλλιέργειας.
- Σχετική υγρασία.
- Ένταση φωτεινότητας.
- Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα.

Μερικές από τις παραμέτρους αυτές είναι εύκολα τροποποιήσιμες, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, για άλλες όμως όπως για παράδειγμα η ένταση φωτεινότητας που μπορούμε εύκολα να την μειώσουμε αλλά δύσκολα να την αυξήσουμε, απαιτούνται πολύπλοκες εγκαταστάσεις.

3. **Απλότητα χρήσης και αξιοπιστία.** Ο προγραμματισμός και η καθημερινή διαχείριση του συστήματος πρέπει να γίνεται όσο γίνεται πιο απλά. Το σύστημα πρέπει έχει σχεδιαστεί και να απευθύνεται σε παραγωγούς που πιθανόν έχουν μικρή ως καθόλου εμπειρία σε Η/Υ και προγραμματισμό. Θα πρέπει επίσης να υπάρχει μεγάλη εμπειρία εφαρμογής και αποδεδειγμένη αξιοπιστία του συστήματος.

4. **Σχέση τιμής/επιδόσεων.** Ένα καλό ηλεκτρονικό σύστημα δεν μπορεί να κοστίζει ελάχιστα. Όμως οι επιδόσεις του πρέπει να επηρεάζουν σε τέτοιο βαθμό τα παραγόμενα προϊόντα, καθώς και το κόστος χρήσης του, έτσι ώστε να το κάνουν μια συμφέρουσα αγορά.

Ø Ένα σύστημα ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών στο θερμοκήπιο μπορεί να εγκατασταθεί, τόσο σε νέο όσο και σε υπάρχον θερμοκήπιο.

Η εγκατάσταση σε νέα θερμοκήπια είναι η πιο εύκολη περίπτωση με μηδαμινό κόστος αρχικής εγκατάστασης. Αρκεί μόνο η συνεργασία των

κατασκευαστών του θερμοκηπίου και των επιμέρους εγκαταστάσεών του με τον προμηθευτή του ηλεκτρονικού συστήματος.

Το κόστος εγκατάστασης σε υπάρχοντα θερμοκήπια είναι τις περισσότερες φορές μεγαλύτερο από αυτό της εγκατάστασης σε νέο θερμοκήπιο. Απαραίτητη προϋπόθεση για μια τέτοια εγκατάσταση είναι οι διάφορες μηχανολογικές εγκαταστάσεις του θερμοκηπίου να βρίσκονται σε καλή κατάσταση.

∅ Το ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης θερμοκηπίου παραμένει ένα πολύπλοκο τεχνολογικό σύστημα στο οποίο εμπιστευόμαστε ζωτικής σημασίας λειτουργίες του θερμοκηπίου.

Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να πωληθεί όπως μια κοινή ηλεκτρονική συσκευή. Ο προμηθευτής του πρέπει να μπορεί να εγγυηθεί μια σειρά παροχών που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του προϊόντος. Τέτοιες παροχές είναι:

1. Η τεχνική βοήθεια επιλογής.
2. Η σωστή εγκατάσταση του συστήματος.
3. Η τεχνική υποστήριξη για αποκατάσταση βλάβης.

Πλεονεκτήματα συστημάτων ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα συστήματα ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών και η συμβολή τους στην ολοκληρωμένη διαχείριση των εγκαταστάσεων του θερμοκηπίου μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Συνεχής έλεγχος του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, ανεξάρτητα από την παρουσία του παραγωγού ή άλλων ατόμων μέσα στο θερμοκήπιο. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα φτιαγμένα, ώστε να έχουν την ικανότητα να συλλέγουν και να εκτιμούν τα υπάρχοντα κλιματολογικά δεδομένα και να επεμβαίνουν στους παράγοντες εκείνους που πρέπει να διορθωθούν, με αποτέλεσμα η μονάδα να μπορεί να λειτουργήσει με το ελάχιστο προσωπικό.

- Σωστός έλεγχος και διόρθωση των παραγόντων που συνθέτουν το κλίμα. Ο υπολογιστής μπορεί να λαμβάνει υπόψη του όλες τις παραμέτρους που του έχουν δοθεί (μέγιστες – ελάχιστες τιμές) και εκτιμώντας ενδείξεις άλλων οργάνων που είναι συνδεδεμένα στο κύκλωμα (π.χ. μετεωρολογικών σταθμών, αισθητήρων), να «αποφασίζει» σε ποιόν παράγοντα πρέπει να επέμβει. Το δυσκολότερο κομμάτι εδώ είναι ότι ο κάθε παράγοντας δεν εξετάζεται και δεν διορθώνεται μεμονωμένα, αλλά σε σχέση πάντα με τους υπόλοιπους, μια που η αλληλεπίδραση των παραγόντων είναι δεδομένη στη σύνθεση του κλίματος στο θερμοκήπιο.
- Τα συστήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με συναγερμούς. Σε περίπτωση λάθους ή απόκλισης, ο παραγωγός μπορεί να επέμβει ώστε να αποφευχθούν τυχόν ζημιές αν έχει γίνει σωστός προγραμματισμός. Ακόμα όμως και σε περιπτώσεις που ο παραγωγός δεν ειδοποιηθεί έγκαιρα ο υπολογιστής είναι σε θέση να αντιδράσει κατά τον καλύτερο τρόπο, ώστε να αποφευχθούν καταστροφικές επιδράσεις στην καλλιέργεια, αλλά και στον χώρο του θερμοκηπίου.
- Ένας Η/Υ ελέγχου κλίματος αντιδρά πολύ γρήγορα και έτσι μπορεί να προλάβει έγκαιρα ανεπιθύμητες αλλαγές κλίματος στο χώρο του θερμοκηπίου.
- Καταγράφοντας επίσης τις εξωτερικές συνθήκες μπορεί να προβλέψει την επίπτωσή τους στο κλίμα του θερμοκηπίου και να δώσει εντολές για διορθωτικές ενέργειες. Επίσης ο υπολογιστής μπορεί να «θυμάται» τις επιλογές που τυχόν έγιναν στο παρελθόν σε σχέση με την θερμοκρασία, την υγρασία κ.λ.π. και να αντιδράσει ανάλογα.
- Μείωση του κόστους παραγωγής και αύξηση του κέρδους του παραγωγού, αφού η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων οδηγεί στη μείωση του χρόνου εποπτείας του θερμοκηπίου, στην αποφυγή ζημιών, στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και στην καλύτερη ποιοτικά και ποσοτικά παραγωγή.

ΜΕΡΟΣ Β'
ΜΕΡΟΣ Β'

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Γενική περιγραφή

Το θερμοκήπιο που θα μελετήσουμε είναι πολλαπλής γραμμής υαλόφρακτο θερμοκήπιο προηγμένης τεχνολογίας, με αμφικλινή χαμηλή οροφή.

Ο σκελετός του θερμοκηπίου είναι κατασκευασμένος από χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ και τα πλαίσια των υαλοπινάκων έχουν κατασκευασθεί από αλουμίνιο.

Η κατασκευή του σκελετού του θερμοκηπίου πλήρη τις προδιαγραφές της Αγροτικής τράπεζας της Ελλάδας και μπορεί να αντέξει ανέμους ταχύτητας μέχρι 120 χιλιομέτρων την ώρα. Τα σκελετικά του στοιχεία έχουν πάχος γαλβανίσματος 60 μm, το οποίο τους παρέχει χρόνο ζωής από 10 μέχρι και 25 χρόνια.

Ο σκελετός αποτελείται από στύλους ορθογώνιας διατομής (100mm × 50mm) μήκους 3,75m οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση 6,40m ο ένας από τον άλλο. Καθ' όλο το μήκος του θερμοκηπίου κάθε 2m υπάρχει και μία σειρά με χαλύβδινους γαλβανισμένους στύλους 100mm × 50mm. Η κάθε σειρά περιλαμβάνει 8 τέτοιους στύλους. Οι στύλοι της ίδιας σειράς συνδέονται μεταξύ τους με ένα δίκτυωμα το οποίο βρίσκεται κάτω από την υδρορροή.

Η υδρορροή είναι επίσης από γαλβανισμένο χάλυβα εν θερμώ. Σε όλο το θερμοκήπιο υπάρχουν συνολικά 15 υδρορροές. Η απόσταση της καθεμιάς υδρορροής από την άλλη είναι 3,20m.

Ο σκελετός της οροφής αποτελείται από δοκούς αλουμινίου μήκους 1,7m, οι οποίοι λέγονται αμείβοντες, είναι συνδεδεμένοι στην αρχή και στο τέλος του κορφιά και σχηματίζουν γωνία 30° με το οριζόντιο επίπεδο. Επίσης στην οροφή υπάρχουν και παράθυρα εξαερισμού (3m × 1m), τα οποία ανοίγουν και κλίνουν αυτόματα, εφόσον το θερμοκήπιο δεν έχει σύστημα εξαερισμού.

Στο επάνω μέρος της οροφής και κατά μήκος της υδρορροής υπάρχει ένας κορφιάς μεγάλου μήκους. Ο κορφιάς αποτελείται από δοκούς αλουμινίου μήκους 8m ο καθένας, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με πάκτωση.

Επίσης κατά μήκος της υδρορροής υπάρχουν αντιανέμια από χαλύβδινους σωλήνες με διάμετρο Φ10mm που συγκρατούν τους στύλους και την υδρορροή για ενίσχυση του θερμοκηπίου από πλευρικούς ανέμους.

Τέλος το θερμοκήπιο βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας και προορίζεται για την καλλιέργεια τριανταφυλλιάς.

Γενικά χαρακτηριστικά

Τα γενικά χαρακτηριστικά του θερμοκηπίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	Ολλανδία
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ	BOSCH IVENKA
ΤΥΠΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	Πολλαπλό πολύρρικτο
ΣΧΗΜΑ ΟΡΟΦΗΣ	Αμφικλινής χαμηλή οροφή
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	6,40m × 2m
ΥΨΟΣ ΣΤΥΛΩΝ	4,05m (3,75 + 0,30)
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	4,62m (3,75 + 0,30 + 0,57)
ΥΛΙΚΟ ΣΚΕΛΕΤΟΥ	Χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ
ΥΛΙΚΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΟΡΟΦΗΣ	Τζάμι απλό
ΥΛΙΚΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΘΕΤΩΝ ΠΛΕΥΡΩΝ	Τζάμι martelle
ΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	3059,2m ²
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ	Φυσικός εξαερισμός

Ū Στον παραπάνω πίνακα 0,30m είναι το ύψος του μπετόν πάνω στο οποίο είναι συνδεδεμένοι οι στύλοι μήκους 3,75m και 0,57m είναι το ύψος της οροφής (το ύψος αυτό μετρείται από το ύψος των 4,05 μέτρων μέχρι τον κορφιά).

Σκελετός

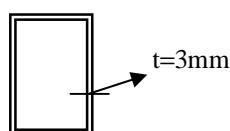
Ο σκελετός του θερμοκηπίου αποτελείται από χαλύβδινες κολώνες γαλβανισμένες εν θερμώ. Οι κολώνες αυτές είναι συνδεδεμένες επάνω σε μπετόν, με βίδες και μεταλλικό σύνδεσμο και μεταφέρουν άμεσα τα φορτία στα θεμέλια.

Αυτές οι κολώνες αποτελούν τα κατακόρυφα στοιχεία του σκελετού. Ένα άλλο κατασκευαστικό στοιχείο του σκελετού είναι οι υδρορροές επίσης από χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ, που τοποθετούνται στα σημεία τομής των επιφανειών της οροφής και συνδέονται με κατάλληλα μέσα συνδέσεως με την όλη κατασκευή. Οι υδρορροές έχουν κλίση 1% καθ' όλο το μήκος τους. Γενικά η όλη κατασκευή έχει μία κλίση κατά μήκος της υδρορροής για να απομακρύνονται εύκολα τα νερά της βροχής.

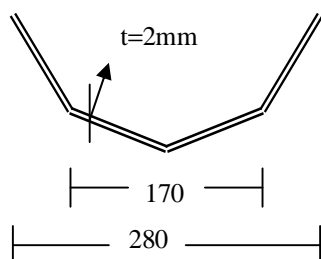
Ο σκελετός της οροφής αποτελείται από τους αμείβοντες και τον κορφιά. Τα στοιχεία αυτά κατασκευάζονται από αλουμίνιο για να είναι πιο ελαφριά η οροφή του θερμοκηπίου. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο σκελετός.

Στοιχεία σκελετού

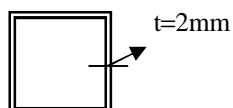
Ø Κατακόρυφη κολώνα 100mm×50mm×3mm×3,75m



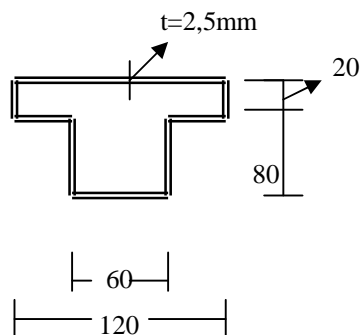
Ø Υδρορροή ανοίγματος 280mm, πλάτους 170mm και πάχους 2mm



Ø Αλουμινένια δοκός οροφής (αμείβοντας) 50mm×50mm×2mm×1,70m



Ø Κορυφιάς από αλουμίνιο 8 μέτρων διατομής "T" πάχους 2,5mm



Είναι πακτωμένοι μεταξύ τους και καλύπτουν όλο το μήκος του θερμοκηπίου

Βοηθητικά στοιχεία σκελετού

- Ø Οριζόντιοι δοκοί διατομής "H" 50mm×50mm×50mm×3mm οι οποίοι ενισχύουν περιμετρικά το θερμοκήπιο και είναι συνδεδεμένοι στους εξωτερικούς κατακόρυφους στύλους. Ο πρώτος είναι σε ύψος 1,7m από την βάση των στύλων, ενώ ο δεύτερος σε ύψος 3,40m.
- Ø Αντιανέμια διατομής Φ10mm τα οποία συνδέονται διαγώνια στους στύλους, για ενίσχυση αυτών και της υδρορροής και για αντίσταση στα φορτία του ανέμου. Αντιανέμια χιαστί δεν υπάρχουν σε όλο το θερμοκήπιο, αλλά μόνο σε ορισμένους στύλους.
- Ø Δικτυωτός δοκός ή αλλιώς δικτύωμα του θερμοκηπίου. Οι δικτυωτοί δοκοί συνδέουν τις κολώνες μεταξύ τους για ενίσχυση.
- Ø Όπου υπάρχουν αντιανέμια υπάρχουν δύο ενισχυτικά δοκάρια, ένα τετραγωνικής διατομής 50mm×50mm πάχους 3mm και μήκους 2 m, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τις κολώνες στο επάνω μέρος τους και ένα ορθογώνιας διατομής 100mm×50mm με πάχος 3mm και μήκος 2m, το οποίο είναι συνδεδεμένο και από τις δύο πλευρές με τα κολωνάκια από μπετόν που στηρίζουν τις κολώνες.
- Ø Κατακόρυφοι δοκοί 100mm×50mm×3mm×3,75m οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε μπετόν περιμετρικά του θερμοκηπίου για ενίσχυση της κατασκευής. Έτσι στα 70m υπάρχει κατακόρυφος στύλος κάθε 1m ενώ στα 44,8m υπάρχει ένας στύλος κάθε 3,20m.

Τα βοηθητικά στοιχεία που ενισχύουν τον σκελετό του θερμοκηπίου είναι και αυτά από χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ.

Όλα τα στοιχεία του σκελετού συνδέονται μεταξύ τους με χαλύβδινους μηχανικούς συνδέσµους και βίδες.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

ΠΛΑΤΟΣ	44,8m
ΜΗΚΟΣ	70m
ΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	3059,2m ²
ΑΚΑΛΥΠΤΟΣ ΧΩΡΟΣ	76,8m ² (6,40m×12m)

Κάλυψη

Η κάλυψη του θερμοκηπίου θα γίνει με απλό τζάμι για την οροφή και με τζάμι martelle για τις πλευρές του θερμοκηπίου. Ο λόγος που θα χρησιμοποιήσουμε τζάμι martelle για τις πλευρές του θερμοκηπίου είναι ότι το τζάμι αυτό έχει τη μία του επιφάνεια κυματοειδή έτσι ώστε να εμποδίζει να φαίνεται απέξω ο εσωτερικός χώρος του θερμοκηπίου. Η κυματοειδής επιφάνεια του υαλοπίνακα αυτού τοποθετείται προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου για να αποφεύγεται η συγκράτηση σκόνης.

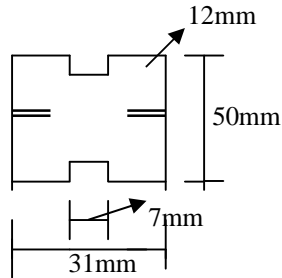
Το μέγεθος του υαλοπίνακα που θα χρησιμοποιηθεί για την οροφή είναι 0,97m×1,65m ενώ για τα παράθυρα θα χρησιμοποιηθούν τρεις υαλοπίνακες με διαστάσεις 0,97m×0,97m.

Για τις πλευρές του θερμοκηπίου θα χρησιμοποιηθούν υαλοπίνακες διαστάσεων 1,67m×0,79m.

Στις περιφερειακές ακμές επειδή ο κίνδυνος θραύσης είναι αυξημένος τοποθετούνται υαλοπίνακες με μικρότερο πλάτος (1,67m×0,39m). Στα 70m τοποθετούνται δώδεκα υαλοπίνακες διαστάσεων 1,67m×0,39m, έξι κοντά στην μία περιφερειακή ακμή και έξι στην άλλη. Στα 44,8m τοποθετούνται τέσσερις υαλοπίνακες διαστάσεων 1,67m×0,39m κοντά στην μία περιφερειακή ακμή και τέσσερις κοντά στην άλλη. Οι υαλοπίνακες που θα τοποθετηθούν κάτω από τα ζευκτά έχουν πλάτος 0,39m ή 0,79m, κόβονται σε μικρότερα μήκη και προσαρμόζονται ανάλογα.

Το πάχος των υαλοπινάκων που θα χρησιμοποιηθούν τόσο για την οροφή όσο και για τις πλευρές είναι 6,4mm.

Τα πλαίσια των υαλοπινάκων έχουν τη διατομή που φαίνεται παρακάτω:



Είναι αλουμίνιο με πάχος 1 mm. Η πλευρά του η οποία βρίσκεται εξωτερικά του θερμοκηπίου είναι λίγο πιο λεπτή και καλυμμένη με πλαστικό.

Υπολογισμός συστήματος θέρμανσης

Για τον υπολογισμό των στοιχείων του συστήματος θέρμανσης που θα εγκατασταθεί στο θερμοκήπιο θα υπολογίσουμε τη μέγιστη απαίτηση σε θερμότητα στη μονάδα του χρόνου για το συγκεκριμένο θερμοκήπιο.

Ο υπολογισμός θα γίνει για τη νύχτα, γιατί τότε η εξωτερική θερμοκρασία φθάνει την ελάχιστη τιμή της.

Από τον τύπο $Q = A_s \cdot U \cdot (t_i - t_e)$ (Μέρος Α' σελ.156) έχουμε:

$$Q = A_s \times U \times (t_i - t_e) = 3948,2\text{m}^2 \times 6,3(\text{W}/\text{m}^2) \cdot ^\circ\text{C} \times [19^\circ\text{C} - (-1^\circ\text{C})] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 497473,2 \text{ Watt} \Rightarrow \mathbf{Q @ 497,5 \text{ kWatt}} \rightarrow \text{η μέγιστη απαίτηση θερμότητας για το συγκεκριμένο θερμοκήπιο}$$

Όπου:

$$A_s = 3948,2 \text{ m}^2$$

$U = 6,3 (\text{W}/\text{m}^2) \cdot ^\circ\text{C} \rightarrow$ για θερμοκήπιο καλυμμένο με υαλοπίνακες - νέα κατασκευή (βλ. πίν 5.2 σελ.156 Μέρος Α')

$t_i = 19^\circ\text{C} \rightarrow$ η μέγιστη θερμοκρασία που χρειαζόμαστε για την καλλιέργεια

τριανταφυλλιάς

$t_e = -1\text{ }^\circ\text{C}$ → η ελάχιστη θερμοκρασία για την ευρύτερη περιοχή της Πάτρας
Η επιφάνεια του καλύμματος A_s υπολογίζεται ως εξής:

$$A_s = [(70\text{m} \times 3,75\text{m}) + (44,8\text{m} \times 3,75\text{m}) + (34\text{m} \times 3,75\text{m}) + (6,40\text{m} \times 3,75\text{m}) + (36\text{m} \times 3,75\text{m}) + (38,4\text{m} \times 3,75\text{m}) + ((1,7\text{m} \times 28 \times 70\text{m}) - (1,7\text{m} \times 4 \times 36\text{m}))] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow A_s = 262,5\text{m}^2 + 168\text{m}^2 + 127,5\text{m}^2 + 24\text{m}^2 + 135\text{m}^2 + 144\text{m}^2 + (3332\text{m}^2 - 244,8\text{m}^2) \Rightarrow$$

$\Rightarrow A_s = 861\text{m}^2 + 3087,2\text{m}^2 \Rightarrow A_s = 3948,2\text{m}^2$ → (είναι η επιφάνεια του καλύμματος μόνο για τον χώρο του θερμοκηπίου που καλλιεργείται γιατί μόνο σ' αυτό το χώρο πρόκειται να λειτουργήσει το σύστημα θέρμανσης και υπολογίζεται αν προσθέσουμε την επιφάνεια του καλύμματος της περιμέτρου 861m^2 με την επιφάνεια του καλύμματος της σκεπής του θερμοκηπίου $3087,2\text{m}^2$)

Επειδή $1\text{kW} = 859,8\text{ kcal/h}$ έχουμε:

$$497,5\text{kW} \times 859,8\text{ kcal/h} \Rightarrow Q = 427750,5\text{ kcal/h}$$

Επομένως για να καλύψουμε την απαίτηση αυτή σε θερμότητα θα χρησιμοποιήσουμε λέβητα με ονομαστική απόδοση γύρω στις 400.000 με 450.000 kcal/h.

Η απαιτούμενη θερμότητα ανά τετραγωνικό μέτρο του θερμοκηπίου θα είναι:

$$q = (A_s / A_f) \times U \times (t_i - t_e) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow q = (3948,2\text{m}^2 / 2905,6\text{m}^2) \times 6,3\text{ (W/m}^2) \cdot ^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C} = 171,21187\text{Watt} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow q \cong 171,2\text{Watt} = \mathbf{0,1712\text{kW}}$$

$$\text{Όπου } A_f = ((70\text{m} \times 44,8\text{m} - (6,40\text{m} \times 36\text{m})) = 2905,6\text{ m}^2$$

Χρησιμοποιούμε θέρμανση επιδαπέδια και περιμετρική με κυκλοφορία ζεστού νερού από λέβητα πυρηνόξυλου.

Το νερό θερμαίνεται στον λέβητα και προωθείται με κυκλοφορητή στους σωλήνες που έχουν εγκατασταθεί στο χώρο του θερμοκηπίου.

Οι κεντρικές σωληνώσεις που μεταφέρουν το νερό από το λέβητα και οι σωληνώσεις επιστροφής που μαζεύουν το νερό, το οποίο επιστρέφει από το θερμοκήπιο και το οδηγούν στο λέβητα, είναι διαμέτρου 2" (δύο ίντσες) από

γαλβανισμένο χάλυβα και τοποθετούνται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου. Για να μην προκαλούνται κατά τόπους ψυχρές θέσεις στο εσωτερικό του θερμοκηπίου υπάρχουν και άλλοι σωλήνες θέρμανσης τοποθετημένοι στο εσωτερικό χαμηλά μεταξύ των φυτών. Οι σωλήνες αυτοί είναι 1 1/4 " (1 ίντσα και 1/4) και είναι μαύροι. Ακόμα έχουμε και ένα γαλβανισμένο σωλήνα θέρμανσης διαμέτρου 3" στην οροφή του θερμοκηπίου.

Υπολογισμός καταπόνησης από τον άνεμο

Δυναμική πίεση του ανέμου " q_H "

Παίρνουμε για τον υπολογισμό μία μέση πυκνότητα αέρα $\rho = 1,23 \text{ kg/m}^3$. Η δυναμική πίεση σ' ένα ύψος H από την επιφάνεια του εδάφους θα είναι:

$$q_H = 0,0625 \times V^2 \times k_H \text{ όπου:}$$

$$k_H = (H/10)^{2,7} \rightarrow \text{για ύψος κατασκευής μέχρι 5m}$$

$$H = h_{\mu\pi} + h_{\kappa\omicron\lambda} + h_{\sigma\tau\epsilon\gamma} / 2 = 0,30\text{m} + 3,75\text{m} + 0,57 / 2 = 4,335\text{m} \quad (\text{βλ. σχ.4.3 σελ.108 Μέρος Α'})$$

Επομένως:

$$k_H = (H / 10)^{2,7} = (4,335 / 10)^{2,7} = 0,7875581 \Rightarrow k_H \cong 0,79$$

$V = 33,3 \text{ m/s} \rightarrow$ είναι η τιμή της ταχύτητας που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς

Άρα :

$$q_H = 0,0625 \cdot (33,3)^2 \cdot 0,79 = 54,751444 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow q_H @ 54,8 \text{ kg/m}^2$$

Η τιμή $q_H = 54,8 \text{ kg/m}^2$ είναι η δυναμική πίεση του ανέμου σε ύψος $H=4,33\text{m}$ από την επιφάνεια του εδάφους.

Ασκούμενη πίεση " p " του ανέμου στο θερμοκήπιο

Ανάλογα σε ποια διεύθυνση φυσά ο άνεμος, αναπτύσσονται στην κατασκευή αντίστοιχες ανεμοπιέσεις. Ο άνεμος όμως μπορεί να έχει οποιαδήποτε

διεύθυνση. Γι' αυτό το λόγο είναι αδύνατο να ελεγχθεί η κατασκευή με τα φορτία που δημιουργεί ο άνεμος για όλες τις διευθύνσεις του. Επομένως ο έλεγχος του θερμοκηπίου γίνεται για δύο διευθύνσεις του ανέμου. Η μία είναι η διεύθυνση του ανέμου κάθετη στον κορφιά και η άλλη παράλληλη στη διεύθυνση του κορφιά.

Για τον υπολογισμό πολλαπλασιάζεται η δυναμική πίεση του ανέμου με ένα συντελεστή C που καθορίζεται από το σχήμα του θερμοκηπίου και την κατεύθυνση του ανέμου.

$$p = C \times q_H$$

Ο συντελεστής C που προσδιορίζει το φορτίο σε κάθε επιφάνεια είναι η διαφορά μεταξύ του συντελεστή σχήματος για την εξωτερική και την εσωτερική επιφάνεια.

$$C = C_{pe} - C_{pi}$$

Για το συγκεκριμένο τύπο θερμοκηπίου οι τιμές του συντελεστή C_{pe} στις διάφορες εξωτερικές επιφάνειες (βλ. εικ. 4.10 σελ.111 Μέρος Α') είναι:

$C_{pe} = +0,7 \rightarrow$ για την πρόσοψη που χτυπάει ο άνεμος

$C_{pe} = -0,5$ και $C_{pe} = +0,4 \rightarrow$ για την πλευρά του θερμοκηπίου που χτυπάει ο άνεμος

$C_{pe} = -0,6 \rightarrow$ για τις δύο επόμενες πλευρές της στέγης

$C_{pe} = -0,4 \rightarrow$ για τις υπόλοιπες πλευρές της στέγης

$C_{pe} = -0,4 \rightarrow$ για την υπήνεμη πλευρά

Ο συντελεστής σχήματος C_{pi} για τις εσωτερικές επιφάνειες είναι $C_{pi} = +0,20$ για αμφικλινές θερμοκήπιο πολλαπλής γραμμής όταν η κατεύθυνση του ανέμου είναι κάθετη στην διεύθυνση του κορφιά.

Επομένως για το συγκεκριμένο θερμοκήπιο με $H = 4,335\text{m}$, $q_H = 54,8 \text{ kg/m}^2$ παίρνουμε για τους υπολογισμούς $V = 33,3 \text{ m/s}$ και έχουμε:

\rightarrow Για την πλευρά που χτυπάει ο άνεμος με $C_{pe} = +0,7$ έχουμε:

$$\begin{aligned} p &= C \times q_H \Rightarrow p = (C_{pe} - C_{pi}) \times q_H \Rightarrow \\ &\Rightarrow p = 0,5 \times 54,8 = \mathbf{27,4 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

\rightarrow Για την πλευρά της στέγης που χτυπάει ο άνεμος έχουμε:

♦ Για $C_{pe} = -0,5$

$$\begin{aligned} p &= C \times q_H \Rightarrow p = (C_{pe} - C_{pi}) \times q_H \Rightarrow \\ &\Rightarrow p = -0,7 \times 54,8 = \mathbf{-38,36 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

♦ Για $C_{pe} = +0,4$

$$p = C \times q_H \Rightarrow p = (C_{pe} - C_{pi}) \times q_H \Rightarrow \\ \Rightarrow p = 0,2 \times 54,8 = \mathbf{10,96 \text{ kg/m}^2}$$

→ Για τις δύο επόμενες πλευρές της στέγης με $C_{pe} = -0,6$ έχουμε:

$$p = C \times q_H \Rightarrow p = (C_{pe} - C_{pi}) \times q_H \Rightarrow \\ \Rightarrow p = -0,8 \times 54,8 = \mathbf{-43,84 \text{ kg/m}^2}$$

→ Για τις υπόλοιπες πλευρές της στέγης με $C_{pe} = -0,4$ έχουμε:

$$p = C \times q_H \Rightarrow p = (C_{pe} - C_{pi}) \times q_H \Rightarrow \\ p = -0,6 \times 54,8 = \mathbf{-32,88 \text{ kg/m}^2}$$

→ Για την υπήνεμη πλευρά με $C_{pe} = -0,4$ έχουμε επίσης:

$$p = \mathbf{-21,92 \text{ kg/m}^2}$$

Υπολογίσαμε τις ασκούμενες πιέσεις στην κατασκευή όταν η κατεύθυνση του ανέμου είναι κάθετη στη διεύθυνση του κορφιά.

Για κατεύθυνση ανέμου παράλληλη προς τη διεύθυνση του κορφιά έχουμε :

$$C_{pi} = -0,20$$

$C_{pe} = -0,4$ → για όλη την κατασκευή (βλ. εικ.4.11 σελ.112 Μέρος Α')

Άρα:

$$p = C \times q_H \Rightarrow p = (C_{pe} - C_{pi}) \times q_H \Rightarrow \\ \Rightarrow p = -0,2 \times 54,8 = \mathbf{-10,96 \text{ kg/m}^2}$$

Δεν θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε ανεμοθραύστες γιατί η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή της Πάτρας δεν ξεπερνάει τα 120 km/h.

Υπολογισμός των δυνάμεων τριβής του ανέμου πάνω στις εξωτερικές επιφάνειες

Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με τον Βρετανικό κανονισμό ανεμοφόρτισης CP₃ : Chapter V : Part 2 : 1972 , εφόσον δεν υπάρχουν στοιχεία από τον Ελληνικό κανονισμό γι' αυτό.

Η δύναμη που δημιουργείται λόγω των τάσεων τριβής στην οροφή δίδεται από την σχέση:

$$F = C_f \times L_2 \times (L_1 - 4H) \times q_H$$

Η δύναμη που δημιουργείται λόγω των τάσεων τριβής στις πλευρές του θερμοκηπίου δίδεται από την σχέση:

$$F = C_f \times 2H \times (L_1 - 4H) \times q_H$$

Η συνολική δύναμη λόγω τριβής του ανέμου προκύπτει από το άθροισμα των δύο παραπάνω δυνάμεων:

$$F = [C_f \times L_2 \times (L_1 - 4H) \times q_H] + [C_f \times 2H \times (L_1 - 4H) \times q_H]$$

όπου:

$L_1 \rightarrow$ μήκος θερμοκηπίου

$L_2 \rightarrow$ πλάτος θερμοκηπίου

$H \rightarrow$ μέσο ύψος θερμοκηπίου

$q_H \rightarrow$ δυναμική πίεση

$C_f \rightarrow$ συντελεστής τριβής

$\left\{ \begin{array}{l} 0,01 \text{ για λείες επιφάνειες} \\ \text{χωρίς αυλακώσεις} \\ 0,02 \text{ για επιφάνειες με} \\ \text{αυλακώσεις κατά τη} \\ \text{διεύθυνση του ανέμου} \end{array} \right.$

Για το υπό μελέτη θερμοκήπιο έχουμε:

$$C_f = 0,01$$

$$H = 4,335 \text{ m}$$

$$q_H = 54,8 \text{ kg/m}^2$$

$$L_1 = 70 \text{ m}$$

$$L_2 = 44,8 \text{ m}$$

Άρα:

$$\begin{aligned} F &= [0,01 \times 44,8 \times (70 - (4 \times 4,335)) \times 54,8] + [0,01 \times 2 \times 4,335 \times \\ &\times (70 - (4 \times 4,335)) \times 54,8] \Rightarrow F = 1292,8241 + 250,19609 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \mathbf{F = 1543,0202 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Η τιμή $F = 1543,0202 \text{ kg}$ είναι η δύναμη τριβής που δημιουργείται όταν ο άνεμος έχει διεύθυνση παράλληλη προς τη διεύθυνση του κορφιά.

Όταν η διεύθυνση του ανέμου είναι κάθετη προς τη διεύθυνση του κορφιά, τότε η δύναμη τριβής δύνεται από τη σχέση:

$$F = C_f \times 2H \times (L_2 - 4H) \times q_H$$

Άρα έχουμε:

$$F = 0,01 \times 2 \times 4,335 \times (44,8 - 4 \times 4,335) \times 54,8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = 130,46685 \text{ kg}$$

Σε περιπτώσεις που $L_2 < 4H$ η δύναμη λόγω της τριβής του ανέμου όταν αυτός φυσάει με διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση του κορφιά αγνοείται.

Για το συγκεκριμένο όμως θερμοκήπιο δεν γίνεται κάτι τέτοιο εφόσον $4H = 17,34$ και $L_2 = 44,8$ m

Οι εξωτερικές πιέσεις όπως και οι δυνάμεις λόγω τριβής του ανέμου πάνω στις εξωτερικές επιφάνειες συνυπολογίζονται στον υπολογισμό αντοχής του θερμοκηπίου. Αυτό όμως είναι ένα άλλο κεφάλαιο στην κατασκευή ενός θερμοκηπίου, το οποίο δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασία.

Φορτία που μπορεί να αντέξει το θερμοκήπιο

Σύμφωνα με τον υπολογισμό αντοχής που έχει γίνει από την κατασκευάστρια εταιρία για το συγκεκριμένο θερμοκήπιο τα φορτία που μπορεί να αντέξει η κατασκευή είναι:

$$\text{Φορτίο χιονιού} \rightarrow 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Φορτίου ανέμου} \rightarrow 31 \text{ kg/m}^2 \text{ (με ταχύτητα ανέμου 120 km/h)}$$

$$\text{Φορτίο από σωλήνες θέρμανσης} \rightarrow 7 \text{ kg}$$

$$\text{Φορτίο καλλιέργειας} \rightarrow 15 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Πρόσκαιρο φορτίο} \rightarrow 14 \text{ kg/m}^2$$

Υπολογισμός συστήματος άρδευσης

Στοιχεία μελέτης

ΤΥΠΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	Επιδαπέδιο Σύστημα Σταγδών Άρδευσης με σωλήνες με σταλλακτήρες
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	Από το δίκτυο ύδρευσης της κοινότητας
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	85mm
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	50mm
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	Ένας σωλήνας τροφοδοσίας που καταλήγει σε 7 σωληνογραμμές
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	3059,2m ² (70m × 44,8m –(6,40m×12m))
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	2828,8m ² (34m × 44,8m + 34m × 38,4m)
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΓΩΓΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	39
ΜΗΚΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	34m
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	1326m (34m × 39)
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	2 m
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	20mm
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ	0,2m
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΤΩΝ ΑΝΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ	680 ((34m /0,1m)×2)
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΤΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	26520 (680 × 39)
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΛΛΑΚΤΩΝ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ	0,2m
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΛΛΑΚΤΩΝ ΑΝΑ ΑΓΩΓΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	170
ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΑΛΛΑΚΤΩΝ	6630 (170 × 39)

ΥΛΙΚΟ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	ΣΚΛΗΡΟ PVC
ΥΛΙΚΟ ΑΓΩΓΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	ΣΚΛΗΡΟ PVC
ΥΛΙΚΟ ΑΓΩΓΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΕΥΚΑΜΠΤΟ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ

Το πότισμα του θερμοκηπίου γίνεται αυτόματα και ελέγχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο υπολογιστής επεξεργάζεται τα στοιχεία που του δίνονται για το εξωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου, μέσω του μετεωρολογικού σταθμού, καθώς και τα στοιχεία τα οποία παίρνει από τους αισθητήρες θερμοκρασίας – υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου και δίνει εντολή για να ανοίξουν διαδοχικά οι διακόπτες για το πότισμα του θερμοκηπίου. Ακόμα ο υπολογιστής δίνει εντολή για να κλείσουν οι διακόπτες όταν θεωρηθεί ότι ολοκληρώθηκε το πότισμα.

Στο υπό μελέτη θερμοκήπιο μαζί με το πότισμα γίνεται και λίπανση των φυτών. Το σύστημα αυτόματης άρδευσης και υδρολίπανσης του θερμοκηπίου εκτός από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή περιλαμβάνει τρεις δεξαμενές. Η πρώτη δεξαμενή περιέχει νερό για το πότισμα, ενώ οι άλλες δύο περιέχουν διάφορα λιπάσματα. Συγκεκριμένα η μία δεξαμενή περιέχει: κάλιο, άζωτο(N), ασβέστιο(Ca), και σίδηρο(Fe). Η άλλη δεξαμενή περιέχει: φώσφορο(P), κάλιο(K), μαγνήσιο(Mg), χαλκό(Cu), ψευδάργυρο(Zn), μαγγάνιο(Mn), μολυβδαίνιο(Mo), και βόριο(B). Όλα τα παραπάνω στοιχεία μεταφέρονται μέσω των σωλήνων άρδευσης στα φυτά, μαζί με το νερό του ποτίσματος.

Υδραυλικοί υπολογισμοί του δικτύου άρδευσης

Το πρώτο βήμα για τον υπολογισμό του δικτύου είναι ο καθορισμός των μέγιστων επιτρεπόμενων απωλειών. Οι απώλειες αυτές για ολόκληρη τη μονάδα, όταν οι αγωγοί έχουν μηδενική κλίση (έδαφος οριζόντιο), δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 20 % του λειτουργικού φορτίου των σταλακτήρων. Αυτό εκφράζεται από την σχέση:

$$P_u = 0,2P_a$$

όπου:

$P_u \rightarrow$ οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες του δικτύου σε m

$P_a \rightarrow$ η λειτουργική πίεση των σταλακτήρων σε m

Στην περίπτωση που οι σταλακτήρες του δικτύου είναι αυτορυθμιζόμενοι, όπου η παροχή τους είναι ανεξάρτητη του φορτίου όταν αυτό κυμαίνεται μέσα σε κάποια όρια που καθορίζονται από τους κατασκευαστές, οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες μπορεί να φτάσουν μέχρι το άνω όριο του φορτίου αυτού. Οι επιτρεπόμενες απώλειες κατανέμονται ανάμεσα στους αγωγούς εφαρμογής και τον αγωγό τροφοδοσίας σε αναλογία 55 % και 45 % αντίστοιχα. Έτσι, οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες στους αγωγούς εφαρμογής εκφράζονται από τη σχέση

$$P_{l \max} = 0,55P_u$$

και στον αγωγό τροφοδοσίας από τη σχέση

$$P_{m \max} = 0,45P_u = P_u - P_{l \max}$$

Για την περίπτωση που οι αγωγοί έχουν κλίση, οι παραπάνω σχέσεις τροποποιούνται έτσι που, για τους αγωγούς εφαρμογής ισχύει η σχέση

$$P_{l \max} = 0,55P_u \pm \Delta Z_l$$

και για τον αγωγό τροφοδοσίας

$$P_{m \max} = 0,45P_u \pm \Delta Z_m$$

όπου ΔZ_l και ΔZ_m είναι αντίστοιχα η υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων των αγωγών εφαρμογής και τροφοδοσίας σε m. Η διαφορά αυτή παίρνεται θετική αν ο αγωγός έχει διεύθυνση προς την κλίση του εδάφους και αρνητική αν η διεύθυνση του αγωγού είναι αντίθετη προς την κλίση του εδάφους.

Παροχή γραμμής άρδευσης

Η παροχή σε έναν αγωγό εφαρμογής είναι συνάρτηση του αριθμού των σταλακτήρων που φέρει (n) και της παροχής τους (q) και δίνεται από την σχέση:

$$Q_l = (n \cdot q) / 1000$$

Υπολογίζουμε τον αριθμό των σταλακτήρων που φέρει ο κάθε αγωγός εφαρμογής από την σχέση:

$$n = L_l/S_e \quad (\text{βλ. σελ 177 Μέρος Α'})$$

Για το συγκεκριμένο θερμοκήπιο ξερουμε ότι ο κάθε αγωγός εφαρμογής φέρει 170 σταλακτήρες, όπως επίσης και το μήκος του αγωγού εφαρμογής που είναι 34 μέτρα και η απόσταση μεταξύ των σταλακτών είναι $S_e = 0,2\text{m}$.

Έχουμε επιλέξει αγωγό εφαρμογής με εξωτερική διαμετρο 20mm, οπότε σύμφωνα με τον πίνακα 5.6 (σελ.178 Μέρος Α') η αντίστοιχη εσωτερική διάμετρος για αντοχή σωλήνων 4atm είναι $D = 18,2\text{mm}$. Επίσης γνωρίζουμε ότι η παροχή των σταλακτών που φέρει ο αγωγός είναι $q = 4 \text{ lit / h}$ και η λειτουργική τους πίεση είναι $P_a = 10\text{m}$.

Επομένως η παροχή του αγωγού εφαρμογής είναι:

$$Q_l = (n \times q) / 1000 = (170 \times 4) / 1000 = \mathbf{0,68 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Απώλειες πίεσης κατά μήκος της γραμμής άρδευσης

Υπολογίζουμε τις γραμμικές απώλειες των αγωγών εφαρμογής σύμφωνα με την σχέση των Hazen – Williams (σελ.177 Μέρος Α'):

$$H_f = 1,13 \times 10^{11} \times (Q_l/C)^{1,852} \times D^{-4,87} \Rightarrow H_f = 1,13 \times 10^{11} \times (0,68 / 140)^{1,852} \times 18,2^{-4,87} \Rightarrow$$

$$\mathbf{H_f = 4,28 \text{ m}/100\text{m} \text{ αγωγού.}}$$

Επειδή όμως η παροχή του αγωγού εφαρμογής δεν είναι σταθερή σε όλο του το μήκος αλλά μεταβάλλεται, για την εκτίμηση των μειωμένων απωλειών παίρνουμε τον συντελεστή περιορισμού F (πιν. 5.7, σελ. 179 Μέρος Α').

Επειδή στην περίπτωση μας έχουμε 170 σταλακτήρες σε κάθε αγωγό εφαρμογής παίρνουμε $F = 0,355$.

Άρα οι γραμμικές απώλειες για κάθε ένα από τους αγωγούς εφαρμογής του θερμοκηπίου είναι:

$$P_l = (H_f \cdot L_l \cdot F) / 100 \Rightarrow P_l = (4,28 \cdot 34 \cdot 0,355) / 100 \Rightarrow \mathbf{P_l @ 0,52 \text{ m}}$$

$$P_u = 0,2 \cdot P_a \Rightarrow P_u = 0,2 \times 10\text{m} = 2\text{m}$$

$$P_{l \max} 0,55 \cdot P_u \Rightarrow P_{l \max} = 0,55 \times 2,0 \text{ m} = 1,10\text{m}$$

Επειδή $P_l < P_{l \max}$ η διάμετρος των 20mm με αντίστοιχη εσωτερική διάμετρο $D = 18,2\text{mm}$, επιλέγεται οριστικά.

Για μια ολοκληρωμένη μελέτη άρδευσης θα πρέπει να αναλυθούν πολλοί άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το αρδευτικό δίκτυο όπως π.χ. η γεωμετρία του δικτύου, οι επιπλέον απώλειες στις καμπές και στις γωνίες λόγω

στροβιλισμών και διάφορα άλλα. Επίσης θα πρέπει να υπολογιστούν οι αγωγοί τροφοδοσίας και μεταφοράς. Το παραπάνω αποτελεί μια συνοπτική παρουσίαση του αρδευτικού συστήματος του υπό μελέτη θερμοκηπίου.

Εξαερισμός

Το θερμοκήπιο εξαερίζεται με φυσικό τρόπο. Ο φυσικός εξαερισμός γίνεται με παράθυρα στην οροφή του θερμοκηπίου. Τα παράθυρα αυτά έχουν μήκος 3m και πλάτος 1m και είναι ομοιόμορφα και συμμετρικά κατανεμημένα κατά μήκος του θερμοκηπίου.

Για τον υπολογισμό της επιφάνειας των ανοιγμάτων εξαερισμού έχουμε:

$$\Sigma_A = (S / A_S) \times 100$$

όπου:

$$S = N \times L \times h = 298 \times 3m \times 0,5m = 447m^2 \rightarrow \text{η μέγιστη επιφάνεια ανοιγμάτων εξαερισμού}$$

$$N = 298 \text{ παράθυρα}$$

$$L = 3m$$

$$h = b \eta \mu \alpha = 1m \cdot \eta \mu 30^\circ = 1 \times 0,5 = 0,5m \text{ για το}$$

συγκεκριμένο θερμοκήπιο (βλ. εικ. 5.5, σελ.160 Μέρος Α)

$$A_S = 2905,6m^2 \rightarrow \text{η καλυμμένη επιφάνεια του εδάφους}$$

Άρα :

$$\Sigma_A = (S / A_S) \times 100 = (447m^2 / 2905,6m^2) \times 100 \Rightarrow$$

$$\Sigma_A @ 15,38 \%$$

Επομένως στο υπό μελέτη θερμοκήπιο η επιφάνεια των παραθύρων εξαερισμού είναι το 15,38 % της καλυπτόμενης επιφάνειας του εδάφους.

Η προσαρμογή των παραθύρων στον σκελετό γίνεται από την επάνω πλευρά και είναι αρθρωτή. Σωληνωτοί άξονες καθ' όλο το μήκος του θερμοκηπίου συνδέουν μεταξύ τους βραχίονες, οι οποίοι συγκρατούν την κάτω πλευρά των παραθύρων. Μέσω αυτών των βραχιόνων γίνεται το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων. Η περιστροφή του άξονα γίνεται με ηλεκτροκινητήρα στον οποίο έχει παρεμβληθεί μειωτήρας στροφών. Η εντολή

για το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων δίνεται από κατάλληλο διακόπτη στον υπολογιστή ελέγχου κλίματος του θερμοκηπίου.

Σκίαση του θερμοκηπίου

Για να μειώσουμε την ένταση του φωτισμού μέσα στο θερμοκήπιο χρησιμοποιούμε ειδικές κουρτίνες αραιής ύφανσης, οι οποίες ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα με την ένταση του φωτισμού (σύστημα push - pull). Οι κουρτίνες συνήθως είναι ανοιχτές τις μεσημεριανές ώρες, για να σκιάζουν τα φυτά, εφόσον μπαίνει πολύς ήλιος στο χώρο του θερμοκηπίου. Σε ώρες που η ένταση του φωτισμού είναι μειωμένη όπως νωρίς το πρωί ή αργά το απόγευμα οι κουρτίνες είναι κλειστές, γιατί δεν χρειάζεται να μειώσουμε το φωτισμό ακόμα περισσότερο.

Το ύφασμα σκίασης είναι τύπου αλουμινίου ULS και δίνει σκίαση 70 % . Τα πλεονεκτήματά του είναι:

- Μεγάλη προστασία από υπερϊώδη ακτινοβολία
- Αντοχή στη γήρανση
- Αντοχή στο δυνατό αέρα
- Διαπερατότητα στον αέρα (αναπνοή του θερμοκηπίου)

Το άνοιγμα ή κλείσιμο των κουρτινών σκίασης γίνεται κατόπιν κατάλληλης εντολής από τον Η/Υ.

Υπολογιστής ελέγχου κλίματος

Στο θερμοκήπιο είναι εγκατεστημένο ένα πλήρες σύστημα ελέγχου κλίματος (Η/Υ κλίματος) το οποίο ελέγχει και ρυθμίζει τα διάφορα συστήματα του θερμοκηπίου.

Συγκεκριμένα τα συστήματα που ελέγχει είναι:

- Σύστημα θέρμανσης
- Σύστημα εξαερισμού παραθύρων
- Σύστημα κουρτινών σκίασης

- Σύστημα άρδευσης - λίπανσης

Ο υπολογιστής ελέγχου κλίματος του υπό μελέτη θερμοκηπίου περιλαμβάνει:

1. Έναν υπολογιστή ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών
2. Αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας
3. Αισθητήρες διεύθυνσης και ταχύτητας του ανέμου
4. Αισθητήρες ανίχνευσης βροχόπτωσης
5. Αισθητήρες θερμοκρασίας εξωτερικού χώρου
6. Αισθητήρες θερμοκρασίας - υγρασίας του χώρου του θερμοκηπίου

Με βάση τις μετρήσεις και τον κατάλληλο προγραμματισμό, ενεργοποιείται ο μηχανισμός των κουρτινών σκίασης και των παραθύρων εξαερισμού. Επίσης ο υπολογιστής με τα στοιχεία που έχει μας πληροφορεί για το πότε χρειάζεται να λειτουργήσει το σύστημα θέρμανσης, καθώς και το σύστημα άρδευσης – λίπανσης.

Οι συνθήκες του περιβάλλοντος λαμβάνονται από ένα σύστημα μετεωρολογικού σταθμού που έχει εγκατασταθεί εξωτερικά στην οροφή του θερμοκηπίου κοντά στην είσοδο.

Συγκεκριμένα τα στοιχεία που λαμβάνονται είναι:

- Ταχύτητα του ανέμου
- Διεύθυνση του ανέμου
- Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας
- Εξωτερική ακτινοβολία
- Ανίχνευση βροχής

Τα στοιχεία αυτά μετρούνται στον μετεωρολογικό σταθμό και δίδονται για επεξεργασία στον Η/Υ ελέγχου κλίματος. Επίσης η θερμοκρασία και η υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μετριούνται με ειδική συσκευή και δίνονται σαν στοιχεία στον Η/Υ.

▼ Στον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου υπάρχουν ειδικές συσκευές (θειοτήρες), οι οποίες χρησιμεύουν για να γίνεται το θειάφισμα τις νυχτερινές ώρες. Το θειάφισμα γίνεται για να καταπολεμηθούν κάποιες ασθένειες των φυτών, αλλά κυρίως για την καταπολέμηση της θειαφασθένειας. Τέτοιες

συσκευές υπάρχουν ανά δεύτερη σειρά στο χώρο του θερμοκηπίου και είναι κρεμασμένοι από την οροφή.

Ο θειοτήρας έχει τη μορφή μεταλλικού κυλινδρικού δοχείου και στο εσωτερικό του υπάρχει μία αντίσταση που θερμαίνεται ανάλογα. Από πάνω είναι κολλημένος με καπάκι, το οποίο ακουμπάει πάνω στην αντίσταση. Η θερμοκρασία που θέλουμε κάθε φορά να δώσουμε στην αντίσταση ρυθμίζεται από ένα θερμοστάτη. Θερμοστάτης υπάρχει ένας μόνο για κάθε σειρά.

Γυρίζοντας το διακόπτη του θερμοστάτη δίνεται η επιθυμητή θερμοκρασία σε όλες τις αντιστάσεις της ίδιας σειράς εφόσον είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους.

Κόστος θερμοκηπίου

Στον επόμενο πίνακα αναφέρονται κάποια οικονομικά στοιχεία για το θερμοκήπιο που μελετάμε.

	ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ ΔΡΧ.	ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ EURO
Σύστημα θέρμανσης	10.000.000	29.347,03
Σύστημα άρδευσης:		
Μηχάνημα άρδευσης και υδρολίπανσης	3.500.000	10.271,46
Σωλήνες άρδευσης	2.000.000	5.869,41
Η/Υ Ελέγχου κλίματος	3.500.000	10.271,46
Υλικά και κατασκευή	22.000.000	64.563,46
Σύνολο	41.000.000	120.322,82

Φωτογραφίες



Φώτο 1: Εξωτερική άποψη του θερμοκηπίου.



Φώτο 2: Εσωτερική άποψη του θερμοκηπίου. Παρατηρούμε τους γαλβανισμένους στύλους και τα αντιανέμα. Επίσης φαίνεται το δικτύωμα και ο κεντρικός σωλήνας θέρμανσης στην οροφή.



Φώτο 3: Λέβητας πυρηνόξυλου, ο οποίος χρησιμοποιείται για την θέρμανση του θερμοκηπίου.



Φώτο 4: Σύστημα λειτουργίας του λέβητα.



Φώτο 5: Σωλήνας θέρμανσης στην οροφή του θερμοκηπίου.



Φώτο 6: Παρατηρούμε τους γαλβαλισμένους σωλήνες θέρμανσης που είναι τοποθετημένοι στην περίμετρο του θερμοκηπίου. Πάνω σ' αυτούς τους σωλήνες υπάρχουν κάποιες βάνες, μέσω των οποίων συνδέονται οι επιδαπέδιοι σωλήνες θέρμανσης με αυτούς της περιμέτρου.



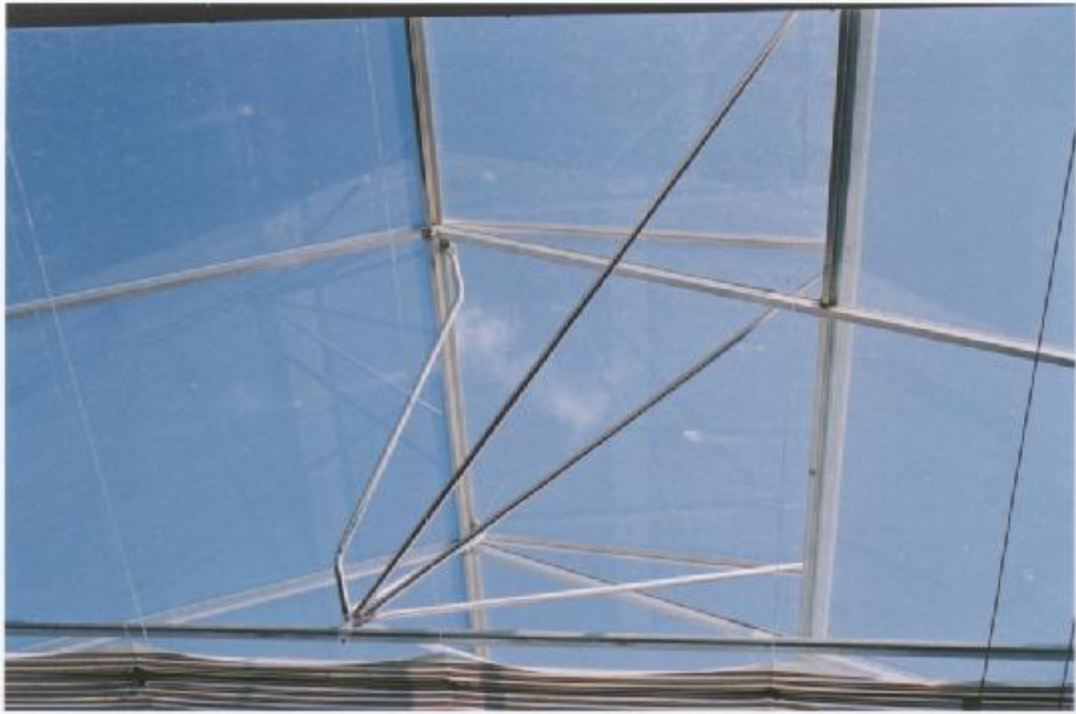
Φώτο 7: Παρατηρούμε τον αγωγό τροφοδοσίας του συστήματος άρδευσης, ο οποίος καταλήγει σε επτά σωλήνες, μέσω των οποίων τροφοδοτούνται με νερό οι σωλήνες εφαρμογής.



Φώτο 8: Σ' αυτή την φωτογραφία φαίνονται οι αγωγοί εφαρμογής μέσω των οποίων γίνεται το πότισμα των φυτών, καθώς επίσης και οι επιδαπέδιοι σωλήνες θέρμανσης.



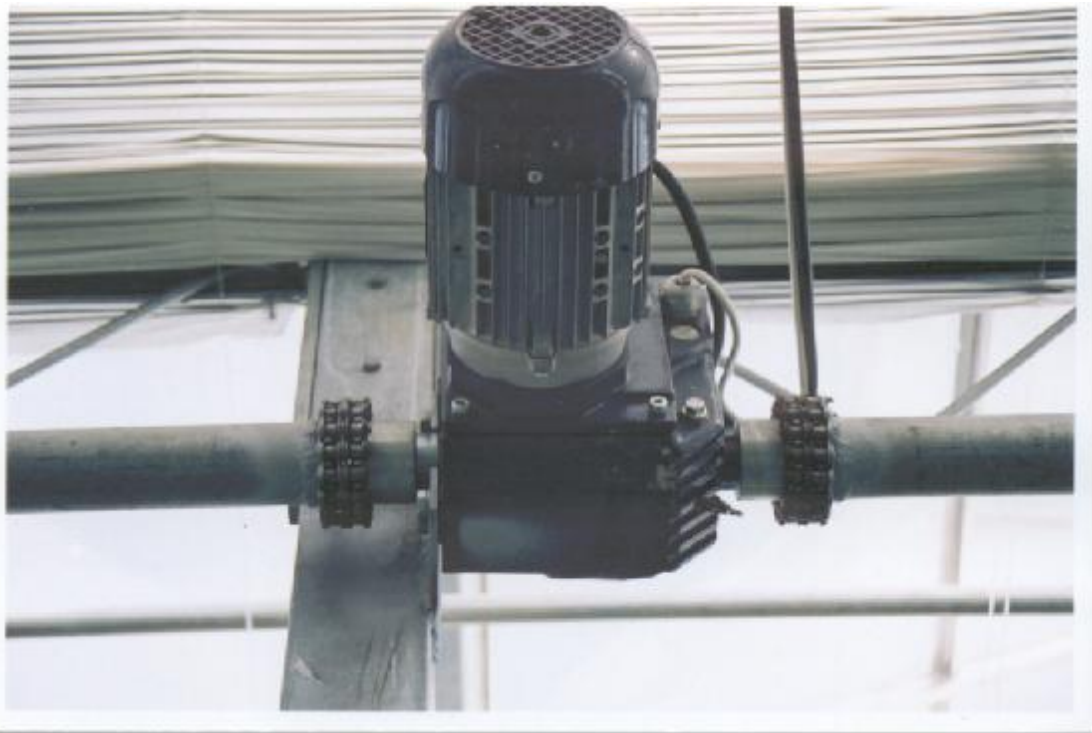
Φώτο 9: Σταλακτήρες κατά μήκος του αγωγού εφαρμογής. Όπως φαίνεται και στην φωτογραφία ο κάθε σταλακτήρας έχει τέσσερις εξόδους.



Φώτο 10: Βραχίονες συγκράτησης των ανοιγμάτων εξαερισμού.



Φώτο 11: Κουρτίνες σκίασης στην οροφή του θερμοκηπίου.



Φώτο 12: Ηλεκτρικό μοτέρ για το άνοιγμα και το κλείσιμο των κουρτίνων σκίασης.



Φώτο 13: Σύστημα ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών του θερμοκηπίου.



Φώτο 14:Ειδική συσκευή ανίχνευσης θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.



Φώτο 15:Μετεωρολογικός σταθμός.



Φώτο 16:Συσκευή η οποία χρησιμεύει για το θειάφισμα των των φυτών τις νυχτερινές ώρες.

Βιβλιογραφία

- i. « ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ », Δρ Μ. Γραφιαδέλλη Β Έκδοδη 1987.
- ii. « ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ », Γεωργίου Ν. Μαυρογιαννόπουλου, Εκδόσεις Α. Σταμουλης 1994, Β Έκδοση.
- iii. « ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ Στοιχεία κατασκευής, λειτουργίας και καλλιέργειας », Θάνου Σ. Ευσταθιάδη γεωπόνου.
- iv. « ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ », Π. Χαρώνη 1988.
- v. « ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ », Ν. Βασιλείου, Εκδόσεις Α.Τ.Ε., 1992.
- vi. « ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ », Ν. Βασιλείου, Εκδόσεις Α.Τ.Ε., 1987.
- vii. « Καλλιέργειες σε θερμοκήπιο », ΕΚΔΟΣΕΙΣ “ΙΩΝ”, Γιάννη Β. Ζαρμπούτη, Ασπασίας Ι. Γκακνή.
- viii. « Ο ΑΝΕΜΟΣ ΣΑΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ », Ν. Βασιλείου, Εκδόσεις Α.Τ.Ε., 1987.
- ix. « Η ΧΙΟΝΟΦΟΡΤΙΣΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ », Ε.Μ.Π. Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος, 1987.
- x. « Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας στη ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ », Γιάννη Σ. Βουρδουμπά, Εκδόσεις “ ΣΕΛΚΑ ”, 2000.

- xi. « ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ », Γ. Α. Τερζίδη και Ζ.Γ. Παπαζαφειρίου,
Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1997.
- xii. « ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΤΑ ΕΙΔΟΣ »,
αποτελέσματα της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας για το έτος
1999, ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ.
- xiii. “ Design loads in greenlions Structures ”, National Greenlions
Manufacturers Association Standards, 1985.