

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ:** ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ  
ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



**Εισηγητής:** ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΓΕΩΠΟΝΟΣ ΜSc ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΘΕΚΑ

**Σπουδαστές:** ΝΤΖΟΥΜΑΝΗ ΕΥΘΥΜΙΑ Α.Μ.7326

ΚΩΤΣΙΟΥΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ Α.Μ.6945

Μεσολόγυι 2009



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



Περίληψη .....	4
Εισαγωγή.....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b> .....	7
1.1 ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ .....	7
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	8
1.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ .....	10
1.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	13
1.5 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	16
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	16
2.2 Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	17
2.3 ΘΕΡΜΑΝΣΗ .....	19
2.4 ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	21
2.5 ΥΓΡΑΣΙΑ.....	28
2.6 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b> .....	34
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	34
3.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	35
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b> .....	49
4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	49
<b>5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b> .....	62
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	62
5.2 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ .....	66
5.3 ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΦΥΛΛΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ.....	71
5.3.1 Πολυαιθυλένιο (PE).....	72
5.3.2 Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).....	78

5.3.3 Πολυεστερικά φύλλα .....	80
5.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΣΚΛΗΡΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ .....	83
5.4.1 Ενισχυμένος πολυεστέρας .....	83
5.4.2 Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC).....	86
5.4.3 Ακρυλικές επιφάνειες .....	88
5.4.4 Σκληρό Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).....	90
5.5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΦΩΣ .....	92
5.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup></b> .....	94
6.1 ΞΥΛΟ .....	94
6.1.1 Μαύρη Πεύκη ( <i>Pinus sylvestris</i> ).....	95
6.1.2 Ψευδοτσούγια ( <i>Pseudotsuga taxifolia</i> ).....	96
6.1.3 Τούγια ( <i>Thuja plicata</i> ).....	96
6.1.4 Ερυθρελάτη ( <i>Picea excelsa</i> ) .....	97
6.1.5 Γενικές παρατηρήσεις για το ξύλο:.....	97
6.2 ΧΑΛΥΒΑΣ .....	103
6.2.1 Γαλβάνισμα .....	104
6.3 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ .....	109
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup></b> .....	111
7.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	111
7.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	112
7.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	113
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup></b> .....	119
8.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	119
Παράρτημα Διαγραμμάτων.....	121
Παράρτημα Πινάκων .....	122
Παράρτημα Εικόνων.....	123
Παράρτημα Σχημάτων .....	124
Βιβλιογραφία .....	124

## Περίληψη

Το ζήτημα της χρήσης των υλικών κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων έχει κατά καιρούς απασχολήσει πολλούς μελετητές, οι οποίοι επιδιώκουν να μελετήσουν την αποτελεσματικότητα κάθε υλικού ξεχωριστά και να εξετάσουν κατά πόσο αποδίδει ο εκάστοτε συνδυασμός υλικού κάλυψης και σκελετού (χάλυβα με γυαλί, εμποτισμένη ξυλεία με μαλακό πλαστικό κ.λ.π.).

Στην μελέτη αυτή εξετάζουμε τα υλικά κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων, προκειμένου να δούμε τις ιδιότητές τους, την χρησιμότητά τους και την απόδοσή τους.

Παράλληλα παρουσιάζουμε και μια οικονομική αξιολόγηση των υλικών αυτών με βάση τα στοιχεία που μας δόθηκαν από κάποιες εταιρείες που ασχολούνται με την προμήθεια υλικών και την κατασκευή των θερμοκηπίων.

Σκοπός της μελέτης είναι να παρουσιάσει στον αναγνώστη τα υλικά κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων, τους δυνατούς συνδυασμούς μεταξύ των, την αποτελεσματικότητά στην χρήση τους, καθώς και ενδεικτικά το κόστος αυτών. Επίσης μελετώνται οι δυνατότητες εξέλιξής των στο μέλλον.

## Εισαγωγή

Τα θερμοκήπια την σημερινή εποχή είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό παγκοσμίως. Η παγκόσμια οικονομία επιβάλλει το συγκεκριμένο τρόπο καλλιέργειας και ο άνθρωπος επιλέγει να τον υιοθετεί με αυξανόμενους ρυθμούς. Τα τελευταία χρόνια τόσο στην Ελλάδα, όσο και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου η ανάπτυξη στον τομέα της καλλιέργειας υπό κάλυψη είναι αξιοσημείωτη. Βασική αιτία αυτής της αύξησης είναι η ανάγκη εντατικοποίησης και η προσπάθεια εκσυγχρονισμού της παραγωγής αγροτικών προϊόντων.

Στη μελέτη αυτή εξετάζουμε τα υλικά κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων με σκοπό να ερευνήσουμε τις δυνατότητές τους και κατά πόσον έχουν την ίδια απόδοση στους εκάστοτε συνδυασμούς τους.

Η μελέτη διακρίνεται σε 8 κεφάλαια και ειδικότερα:

- 1<sup>ο</sup>] Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης παρουσιάζουμε τη χρησιμότητα των θερμοκηπίων, την ιστορική τους εξέλιξη, τις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, τις προοπτικές ανάπτυξης αυτών στην Ελλάδα και τη χωροταξική κατανομή τους στον Ελλαδικό χώρο.
- 2<sup>ο</sup>] Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται το περιβάλλον του θερμοκηπίου, δηλαδή τι ισχύει με την θερμοκρασία, τη θέρμανση, τον αερισμό, την υγρασία και το CO<sub>2</sub> σ' αυτό.
- 3<sup>ο</sup>] Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας.
- 4<sup>ο</sup>] Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων.
- 5<sup>ο</sup>] Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων και ειδικότερα γίνεται αναφορά στους υαλοπίνακες, στα διάφορα είδη εύκαμπτων φύλλων πλαστικού, στις επιφάνειες σκληρού πλαστικού στα υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως. Επίσης παρουσιάζεται η οικονομική θεώρηση των υλικών κάλυψης.
- 6<sup>ο</sup>] Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα υλικά σκελετού των θερμοκηπίων και ειδικότερα γίνεται αναφορά, στα διάφορα είδη ξύλου, στον χάλυβα και στο αλουμίνιο.
- 7<sup>ο</sup>] Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται μία οικονομική αξιολόγηση των συνδυασμών των υλικών κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων. Ειδικότερα παρουσιάζουμε ορισμένα

στοιχεία που μας δόθηκαν από εταιρείες σχετικά με το ποια υλικά χρησιμοποιούν και ποιο είναι το κόστος κατασκευής θερμοκηπίων επιφανείας ενός στρέμματος με τα υλικά αυτά.

8<sup>ο</sup>] Στο τέλος της μελέτης (8<sup>ο</sup> κεφάλαιο) παρουσιάζονται τα συμπεράσματά μας όπως αυτά προέκυψαν από την παρούσα μελέτη

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### 1.1 ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ

Θερμοκήπιο είναι μια κατασκευή η οποία καλύπτεται με διαφανές υλικό, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος όσο το δυνατόν περισσότερου φυσικού φωτισμού, που είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη των φυτών.

Τα θερμοκήπια μπορεί να είναι θερμαινόμενα ή μη. Διαφέρουν από άλλες παρόμοιες κατασκευές, όπως π.χ. τα χαμηλά σκέπαστρα, τα σπορεία και τα θερμοσπορεία, στο ότι είναι αρκετά υψηλά, έτσι ώστε να μπορεί ο άνθρωπος να εργάζεται μέσα σ' αυτά.

Ο σκοπός της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η τροποποίηση ή ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Με την καλύτερη ρύθμιση του περιβάλλοντος των φυτών η παραγωγή μπορεί:

- Να αυξηθεί ποσοτικά, λόγω βελτίωσης των συνθηκών του περιβάλλοντος.
- Να προγραμματισθεί χρονικά, ώστε να σταλεί στην αγορά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν.
- Να βελτιωθεί ποιοτικά, με την προστασία που προσφέρει το θερμοκήπιο από τα αντίξοα καιρικά φαινόμενα.

Με το θερμοκήπιο ειδικότερα:

- Αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή, χιόνι και χαλάζι.
- Ανάλογα με τον εξοπλισμό τους, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών, όπως: της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα, με αρκετή ακρίβεια.
- Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών, όπως: της υγρασίας, του οξυγόνου, της θερμοκρασίας και των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, που με τη χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών, μπορούν να φθάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών.
- Μειώνονται, αλλά οπωσδήποτε δεν εξαλείφονται οι ζημιές από ασθένειες και έντομα. Ειδικότερα σ' ένα θερμοκήπιο που παρέχει τη δυνατότητα ακριβούς

ρύθμισης του περιβάλλοντος, οι ασθένειες των φυτών είναι πάρα πολύ λιγότερες απ' ό,τι σε ένα θερμοκήπιο του οποίου ο εξοπλισμός δεν παρέχει τέτοια δυνατότητα.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το θερμοκήπιο παρέχει τη δυνατότητα για τη δημιουργία και διατήρηση ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Η ακρίβεια όμως με την οποία ρυθμίζεται το περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών στο θερμοκήπιο, προσδιορίζεται από:

- τη σωστή κατασκευή,
- τον κατάλληλο εξοπλισμό και κυρίως από
- την ικανότητα του καλλιεργητή να χειριστεί και να καταναείμει τα διάφορα εφόδια.

## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Από τους Έλληνες συγγραφείς του 5<sup>ου</sup> π.χ. αιώνα και ιδιαίτερα από τον Πλάτωνα, γνωρίζουμε ότι σε ειδικές λατρευτικές περιπτώσεις που αναφέρονται ως «Κήποι του Άδωνη», αναπτύσσονταν φυτά με ταχύτατο ρυθμό, σε ειδικούς χώρους. Οι σπόροι και τα μοσχεύματα που φυτεύονταν σ' αυτούς τους χώρους, σε μια βδομάδα είχαν τέτοια ανάπτυξη όση χρειαζόταν μήνες στους ανοιχτούς αγρούς. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για μικρές καλλιέργειες, που γίνονταν σε προστατευμένους χώρους, χωρίς όμως να γνωρίζουμε και τον τρόπο προστασίας.

Από τον 1<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα, ξέρουμε με σιγουριά ότι οι Ρωμαίοι καλλιεργούσαν φρούτα και λαχανικά σε απλά θερμοκήπια ή θερμοσπορεία. Ο κηπουρός του Τιβέριου Καίσαρα για να προσφέρει καθημερινά σαλάτα με αγγούρι στον Καίσαρα, χρησιμοποιούσε μεγάλα δοχεία, που τα γέμιζε με μισοχωνεμένη κοπριά. Τα δοχεία σκεπάζονταν με διαφανείς επιφάνειες του ορυκτού μίκα που διατηρούσαν τη ζέστη που προήρχετο από τη ζύμωση της κοπριάς και επέτρεπαν την είσοδο του φωτός στο χώρο του φυτού. Τα σκεπασμένα αυτά δοχεία, τα είχαν την ημέρα στον ήλιο και τη νύχτα μέσα σε δωμάτιο.

Στην Πομπηία βρέθηκαν μεγάλες κατασκευές, που φαίνεται πως καλύπτονταν με ένα είδος πρωτόγονου γυαλιού. Τα δοχεία των φυτών τοποθετούνταν σε τραπέζια με διάτρητη επιφάνεια, κάτω από τα οποία υπήρχε η δυνατότητα να τοποθετηθούν



αναμμένα κάρβουνα, έτσι ώστε ο θερμός αέρας που ανέρχονταν να θερμαίνει τα δοχεία με τα φυτά.

Τα θερμοκήπια ξαναφάνηκαν πάλι τον 17<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. Σε όλη τη διάρκεια του Μεσαίωνα το θερμοκήπιο φαίνεται ότι ήταν άγνωστο.

Τον 16<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα οι έμποροι και οι εξερευνητές αρχίζουν να μεταφέρουν εξωτικά φυτά, που δεν μπορούσαν εύκολα να επιζήσουν στο κλίμα της Β. Ευρώπης. Για την παρατήρηση αυτών των εξωτικών φυτών με τα θαυμάσια αρώματα και τους χυμώδεις καρπούς, δημιουργήθηκαν ειδικοί Βοτανικοί Κήποι, στην αρχή στην Ιταλία και μετά στην Ολλανδία και Αγγλία.

Η Βοτανική, μόλις τότε ξεκινούσε σαν επιστήμη και πάρα πολλές μελέτες και έρευνες είχαν κατευθύνση στην περιγραφή και καλλιέργεια των εξωτικών φυτών.

Τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, τα εξωτικά φυτά, εκτός από το βοτανικό και φαρμακευτικό ενδιαφέρον που παρουσίαζαν, άρχισαν να χρησιμοποιούνται από την αριστοκρατία της Βόρειας Ευρώπης και ως φυτά διακόσμησης, καθώς και παραγωγής. Από τα καρποφόρα πολύ δημοφιλή ήταν τα εσπεριδοειδή, των οποίων η καλλιέργεια ήταν σχετικά εύκολη, μια και δεν απαιτείτο θέρμανση, παρά μόνο προστασία από τον παγετό. Η προστασία γινόταν σε μεγάλα δωμάτια, που είχαν σόμπα θέρμανσης που άναβε τις ημέρες παγετού. Τα εσπεριδοειδή, φυτεμένα σε μεγάλα δοχεία, μεταφέρονταν και παρέμεναν για 6 μήνες το χειμώνα σ' αυτά τα δωμάτια, ενώ τους υπόλοιπους μήνες ήταν στο ύπαιθρο.

Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, είχε πλήρως αναγνωρισθεί η αξία του καλού φωτισμού στην υγιή ανάπτυξη των φυτών και άρχισε ο υπολογισμός της γωνίας κλίσης του γυαλιού, ώστε να εισέρχεται η μεγαλύτερη ποσότητα φωτισμού στο χώρο όπου βρίσκονταν τα φυτά. Οι Ολλανδοί ήταν μεταξύ των πρώτων που χρησιμοποίησαν στέγη με κεκλιμένα επίπεδα από γυαλί. Εισήγαγαν επίσης τη χρησιμοποίηση της θερμοκουρτίνας κατά τη διάρκεια της νύχτας και σε πρώτο στάδιο την κατασκευή του διπλού τοιχώματος, χρησιμοποιώντας το λαδόχαρτο σαν δεύτερο κάλυμμα (Clegg P. and Watkins D., 1980) Οι συνήθειες καλλιέργειας ήταν τα πρώιμα σταφύλια και τα εσπεριδοειδή. Δυο από τους πιο φημισμένους και τεχνικά προηγμένους Βοτανικούς Κήπους στον κόσμο βρίσκονται στην Ολλανδία, και είναι αυτοί του Πανεπιστημίου του Leyden και του Clifford, όπου δούλεψε ο μεγάλος φυσιολόγος Λινναίος.

Η θέρμανση, όπου υπήρχε, γινόταν με θερμάστρες. Γύρω στο 1790 εμφανίστηκε η πρώτη θέρμανση με ατμό, που έδωσε μεγαλύτερη καθαριότητα,

απόδοση, ευκολία, δυνατότητα επίτευξης υψηλότερης θερμοκρασίας και αποφυγής των αερίων καύσης από το χώρο των φυτών.

Με το τέλος του 18<sup>ου</sup> μ.Χ. αιώνα, η τέχνη της ανάπτυξης των φυτών έγινε μια Επιστήμη.

Τον 19<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα, το θερμοκήπιο εξελίχθηκε αρκετά, ενώ μερικοί νεωτερισμοί της εποχής εκείνης χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα. Ο πρώτος αυτόματος μηχανικός θερμοστάτης χρησιμοποιήθηκε το 1816 για τον εξαερισμό του θερμοκηπίου. Ο ενδιαφέρων νεωτερισμός κατασκευής πολλαπλών θερμοκηπίων με κορυφές και υδρορροές, αναπτύχθηκε αυτόν τον αιώνα. Το παραδοσιακό θερμοκήπιο κατασκευάζεται από ξύλο, αλλά τότε προτείνεται για πρώτη φορά (London J.C 1838) ο σίδηρος και το γυαλί για την κατασκευή θερμοκηπίου.

Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα υπάρχει συνεχής εξέλιξη του θερμοκηπίου, από πλευράς υλικών κατασκευής. Σήμερα κατασκευάζονται σκελετοί θερμοκηπίων από ξύλο, γαλβανισμένο σίδηρο και αλουμίνιο. Η επαναστατική αλλαγή όμως είναι στα υλικά κάλυψης, όπου, εκτός από το γυαλί, χρησιμοποιούνται σήμερα τα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού και τα σκληρά φύλλα πλαστικού. Η χρησιμοποίηση αυτών των υλικών έδωσε τη δυνατότητα κατασκευής φθηνών θερμοκηπίων που επέτρεψε τη γρήγορη εξάπλωσή τους. Επίσης, η αύξηση των γνώσεων σχετικά με την επίδραση των διαφόρων συνδυασμών των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, καθώς και η εξέλιξη της ηλεκτρονικής, επέτρεψαν την ανάπτυξη πολλών αυτοματισμών που ρυθμίζουν το επιθυμητό περιβάλλον με μεγάλη ακρίβεια.

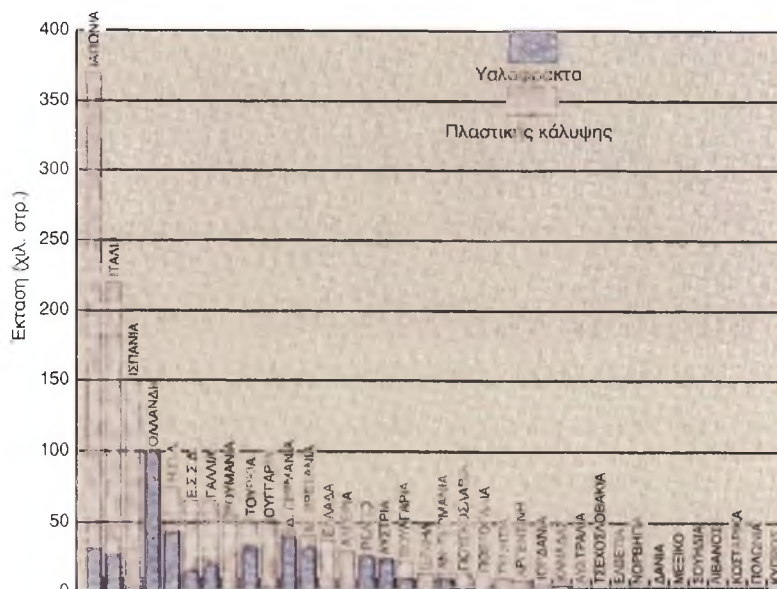
Η εφαρμογή των γνώσεων της φυσιολογίας των φυτών καθώς και της ακριβούς ρύθμισης του περιβάλλοντος, μαζί με τη χρησιμοποίηση φυτών βελτιωμένων ποικιλιών, έδωσε πολύ μεγάλη αύξηση στην παραγωγή.

### **1.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

#### **Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στο διεθνή χώρο**

Παγκόσμια υπάρχουν (σύμφωνα με στοιχεία του 1992), 1.670.000 στρ. θερμοκηπίων, από τα οποία τα 410.000 στρ. είναι υαλόφρακτα και τα 1.260.000 στρ. είναι με κάλυψη πλαστικού. Στην ΕΟΚ-12 υπάρχουν 750.000 στρ. θερμοκηπίων, από

τα οποία τα υαλόφρακτα καταλαμβάνουν 250.000 στρ. και τα πλαστικής κάλυψης 500.000 στρ. Σε σχέση με το συνολικό αριθμό θερμοκηπίων παγκόσμια, τα θερμοκήπια της ΕΟΚ καλύπτουν το 45%, από τα οποία τα υαλόφρακτα θερμοκήπια της ΕΟΚ

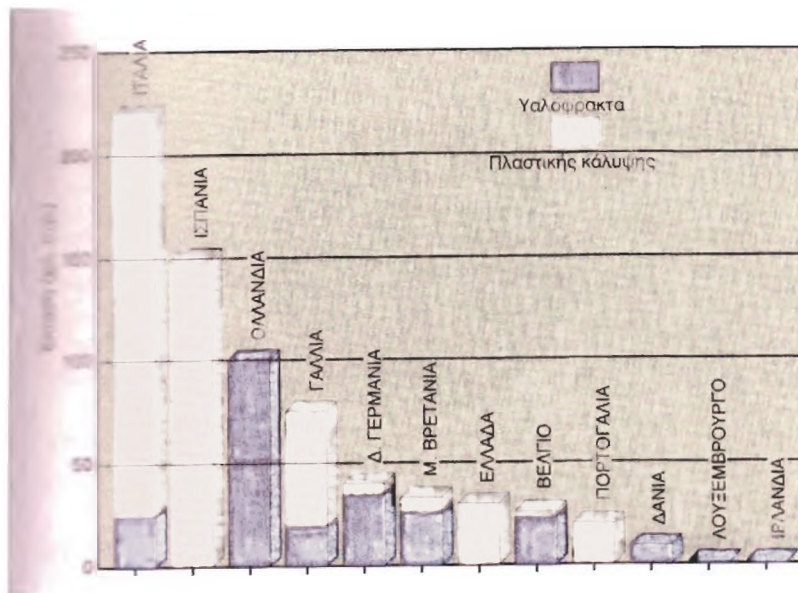


**Διάγραμμα 1.** Εκτάσεις θερμοκηπίων στον κόσμο

το 58% των υαλόφρακτων θερμοκηπίων του κόσμου και τα πλαστικά της ΕΟΚ το 40% των πλαστικών του κόσμου.

Στην ΕΟΚ-12, η Ολλανδία κατέχει την πρώτη θέση όσον αφορά τα υαλόφρακτα θερμοκήπια με 44% του συνόλου και ακολουθούν η Δ. Γερμανία με 15% και η Ιταλία, Μ. Βρετανία με 11% εκάστη και οι άλλες χώρες με μικρότερα ποσοστά. Στα καλυμμένα με πλαστικό θερμοκήπια, η Ιταλία κατέχει την πρώτη θέση με 43% του συνόλου και ακολουθεί η Ισπανία με 33%, η Γαλλία με 12%, η Ελλάδα με 8% και οι άλλες χώρες με μικρότερα ποσοστά.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι ο τύπος θερμοκηπίων που χρησιμοποιείται στις διάφορες χώρες της ΕΟΚ εξαρτάται από τις



**Διάγραμμα 2.** Εκτάσεις θερμοκηπίων κατά τύπο στις χώρες της ΕΟΚ-12

κλιματολογικές συνθήκες κάθε χώρας, την τεχνολογική της ανάπτυξη και από τη φύση των προϊόντων που παράγονται εκεί. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η Ελλάδα στο γενικό σύνολο κατέχει μόλις την 7<sup>η</sup> θέση με ποσοστό 5,3%, ενώ έχει σχετικά ευνοϊκές εδαφοκλιματικές συνθήκες για την παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων.

Σχετικά με τη προσφορά θερμοκηπιακών προϊόντων στις χώρες της ΕΟΚ, σημειώνουμε ότι, γενικά, το χειμώνα υπάρχει έλλειψη θερμοκηπιακών προϊόντων στην ΕΟΚ και γίνονται σημαντικές εισαγωγές από άλλες χώρες (κυρίως μεσογειακές), ενώ το καλοκαίρι πλεόνασμα, το οποίο εξάγεται σε άλλες χώρες.

### **Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις 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 εξάπλωση τους αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικού κάλυψης των



**Διάγραμμα 3.** Ποσοστιαία σχηματική παράσταση των διαφορετικού τύπου καλύμματος θερμοκηπίων που είναι εγκατεστημένα στη χώρα μας το 1992

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 έφθασαν στα 44.345 στρέμματα το 1992.

#### 1.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

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.

## **1.5 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

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

1. 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.
2. Η ανάγκη εξασφάλισης υψηλότερου εισοδήματος από μικρής έκτασης γεωργικό έδαφος (εντατικοποίηση των καλλιεργειών).
3. Η αύξηση της ζήτησης των θερμοκηπιακών προϊόντων στην εσωτερική αγορά.
4. 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 παρουσιάζεται στον **Πίνακα 1**:

Περιοχές χώρας	Έκταση θερμοκηπίων (σε στρέμματα)				Είδος καλλιεργειών		
	Πλαστ.	Γαλόφρ.	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

**Πίνακας 1.** Γεωγραφική κατανομή των εγκατεστημένων στη χώρα μας θερμοκηπίων και καλλιεργειών. Στοιχεία Υπουργείου Γεωργίας για το έτος 1992.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

#### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ανάπτυξη και η απόδοση του φυτού εξαρτάται από την γενετική του σύνθεση και το περιβάλλον. Γονότυπος και περιβάλλον παίζουν εξίσου σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη και στην απόδοση των καλλιεργειών του θερμοκηπίου και αναλόγως με το ποιός από τους δύο είναι πιο περιοριστικός είναι και ο σπουδαιότερος παράγοντας.

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 απερίοριστα και ακόμη υπάρχει μια διαρκής αλληλεπίδραση μεταξύ όλων των παραγόντων.

Οι σκοποί 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.

Θα αναφερθούμε εδώ στους κλιματικούς παράγοντες.

## **2.2 Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**

Ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει το θερμικό περιβάλλον στο θερμοκήπιο είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Το κάλυμμα απορροφά ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας αυτής, ένα άλλο μέρος ανακλάται, ενώ το υπόλοιπο περνά στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, όπου ένα μέρος του απορροφάται από τις επιφάνειες όπου προσπίπτει (έδαφος, φυτά, σωλήνες συστήματος θέρμανσης κλπ.) και ένα άλλο ανακλάται για να ξαναπέσει σε άλλες επιφάνειες ή να βγει εκτός θερμοκηπίου. Εκτός από την ηλιακή ακτινοβολία, σημαντικό ρόλο στις ανταλλαγές ενέργειας του θερμοκηπίου παίζει η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, ιδιαίτερα στα θερμοκήπια με κάλυψη από φύλλα πολυαιθυλενίου, που είναι μερικώς περατά στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή ανταλλάσσεται μεταξύ του ουρανού και του καλύμματος, ή (μέσω του καλύμματος) μεταξύ ουρανού και κάθε επιφάνειας μέσα στο θερμοκήπιο, καθώς και μεταξύ των διαφόρων επιφανειών μέσα στο θερμοκήπιο. Οι ανταλλαγές αυτές καθορίζονται ποσοτικά από τη θερμοκρασία, την εκπεμπτικότητα των επιφανειών, καθώς και από τους γεωμετρικούς παράγοντες ακτινοβολίας (βλέπε στο κεφάλαιο Ενέργεια).

Η ροή θερμότητας στο έδαφος γίνεται με αγωγή και στις τρεις διαστάσεις (βάθος, πλάτος, μήκος). Με αγωγή επίσης γίνεται μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής πλευράς του υλικού κάλυψης. Ανταλλαγή ενέργειας με συναγωγή γίνεται μεταξύ του εξωτερικού αέρα και της εξωτερικής πλευράς του καλύμματος, καθώς και του εσωτερικού αέρα και της εσωτερικής πλευράς του καλύμματος. Επίσης συναγωγή γίνεται μεταξύ του εσωτερικού αέρα και της επιφάνειας του εδάφους του θερμοκηπίου, και μεταξύ της επιφάνειας των φύλλων και του εσωτερικού αέρα.

Όταν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία των επιφανειών μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνει περισσότερο από αυτή των αντίστοιχων επιφανειών εκτός του θερμοκηπίου, γιατί ακριβώς ο αέρας γύρω τους είναι σχεδόν ακίνητος, οπότε και ο ρυθμός ψύξης τους με συναγωγή είναι συγκριτικά μικρότερους. Άμεση συνέπεια είναι να αυξάνει και η θερμοκρασία του εγκλωβισμένου αέρα του θερμοκηπίου, αφού έρχεται σε επαφή με τις επιφάνειες αυτές. Σε αυτή την αιτία που δημιουργείται από το φαινόμενο του κλειστού χώρου, οφείλεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό η ανύψωση θερμοκρασίας του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Ένα άλλο φαινόμενο που συμμετέχει σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου είναι αυτό που αποκαλείται το «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί και περνάει κατά το μεγαλύτερο μέρος της από το κάλυμμα του θερμοκηπίου και επομένως οι επιφάνειες του εσωτερικού του απορροφούν την ηλιακή ενέργεια. Η ακτινοβολία όμως που εκπέμπουν οι επιφάνειες αυτές (φυτά, έδαφος κλπ.) λόγω της θερμοκρασίας τους είναι μεγάλου μήκους κύματος και δεν μπορεί να βγει εκτός θερμοκηπίου, επειδή το κάλυμμά του, ιδιαίτερα το γυαλί, είναι λιγότερο περατό στη θερμική ακτινοβολία (βλέπε Ακτινοβολία).

Η συμμετοχή των φυτών στο ενεργειακό ισοζύγιο του θερμοκηπίου είναι πολύ σημαντική, μέσω της διαπνοής τους. Η διαπνοή των φυτών εξαρτάται κυρίως από το ισοζύγιο ακτινοβολίας (μικρού και μεγάλου μήκους κύματος) και από το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών, όπως αυτό καθορίζεται από τις θερμοκρασίες των φύλλων και του αέρα.

Στην κλιματική περιοχή που βρίσκεται η χώρα μας, το ευνοϊκό περιβάλλον θερμοκρασιών στο θερμοκήπιο για την ανάπτυξη των διαφόρων φυτών, δεν είναι πάντα δυνατό να δημιουργηθεί με μόνη την παθητική λειτουργία του θερμοκηπίου. Συνήθως είναι απαραίτητη η προσθήκη ενέργειας, που σήμερα γίνεται με κατανάλωση συμβατικών καυσίμων.

Για να γίνει κατανοητό το πρόβλημα των μεταβολών της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου, θα πρέπει να αναφέρουμε τα παρακάτω ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει το θερμοκήπιο:

1. Κάθε θερμοκήπιο, επειδή καλύπτεται με διαφανές κάλυμμα, δέχεται στο εσωτερικό του το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας.
2. Οι απώλειες του θερμοκηπίου σε θερμότητα, λόγω του λεπτού τοιχώματος του καλύμματος 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:

- α) τις ηλιόλουστες ημέρες, η θερμοκρασία του ανέρχεται σε πολύ υψηλά επίπεδα.
- β) τις ψυχρές νύχτες η θερμοκρασία πέφτει σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Στην πράξη, οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες αποφεύγονται με εξαερισμό και σκίαση και οι χαμηλές θερμοκρασίες αποφεύγονται με τη θέρμανση (βλέπε κεφάλαια Θέρμανση και Εξαερισμός).

## 2.3 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Η χρησιμοποίηση της θέρμανσης στα θερμοκήπια είναι πολύ σημαντική ιδίως για τη συστηματική καλλιέργεια φυτών εκτός εποχής, αφού τα περισσότερα κηπευτικά για να αναπτυχθούν ικανοποιητικά απαιτούν θερμοκρασίες 10 – 25° C.

Πόσο επηρεάζει η θερμοκρασία την ανάπτυξη των φυτών είναι γνωστό σε όλους αφού γνωρίζουμε τις ζημιές που προκαλεί κάθε χρόνο ο παγετός ή ο καύσωνας στις καλλιέργειες.

Βέβαια στα θερμοκήπια η θερμοκρασία σπάνια ξεπερνά τα ακραία όρια ώστε να καταστρέφει τα φυτά, συνήθως, όμως απέχει αρκετά από το άριστο επίπεδο. Αυτό είναι εξίσου καταστρεπτικό, αφού μπορεί να οδηγήσει σε οψίμιση της παραγωγής, μείωση των αποδόσεων υποβάθμιση της ποιότητας και μείωση της

διατηρησιμότητας των προϊόντων, αύξηση της ευπάθειας σε παθογόνους μικροοργανισμούς κ.λ.π...

Στην Ελλάδα η μέση ετήσια θερμοκρασία διαφέρει αρκετά μεταξύ των βορείων και νοτίων περιοχών και ακόμη περισσότερο κατά τη διάρκεια τους παγετούς. Εκτός από τις διαφορές που παρατηρούνται ως προς τη μέση μηνιαία θερμοκρασία υπάρχει και σημαντική διαφορά στον αριθμό ημερών παγετού, κατά τη διάρκεια των οποίων απαιτείται θέρμανση για την προστασία καλλιεργειών.

Οι ανάγκες σε καύσιμα υπολογίζονται σε 15 – 18 tn πετρελαίου ανά στρέμμα για θέρμανση σε θερμοκρασία 13 – 15° C κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, όμως για πλήρη κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση όλων των θερμοκηπίων της χώρας μας απαιτούνται 1.300.000 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι για να γίνουν τα θερμοκηπιακά προϊόντα ανταγωνιστικά δεν χρειάζεται μόνο να δοθεί έμφαση, σημασία της θέρμανσης αλλά παράλληλα να διαδοθούν κι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας και χρησιμοποίησης ήπιων μορφών ενέργειας (γεωθερμική, ηλιακή ... κ.α.).

Ανάλογα με τον τρόπο, με τον οποίο δίνεται η θερμότητα στο χώρο του θερμοκηπίου, τα κλασικά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε:

- **Τοπικά συστήματα** στα οποία χρησιμοποιούνται θερμάστρες παραφίνης, επαγωγής, υπέρυθρης ακτινοβολίας ή αερόθερμα.
- **Κεντρικά συστήματα** όπου υπάρχει καυστήρας παραγωγής θερμού νερού ή ατμού, που κυκλοφορούν σε σωληνώσεις μέσα στο θερμοκήπιο.

Σύμφωνα με ένα άλλο διαχωρισμό, τα συστήματα θέρμανσης μπορούν να διακριθούν σε:

- Στατικά όπου μεταδίδεται η θερμότητα με ακτινοβολία μ φορά και αγωγιμότητα μέσω του θερμού αέρα που παράγεται γεννήτριες θερμού αέρα ή αερόθερμα.
- Θερμοδυναμικά όπου μεταδίδεται η θερμότητα με μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω του θερμού αέρα που παράγεται γεννήτριες θερμού αέρα ή αερόθερμα.

Τα στατικά ή συστήματα κεντρικής κυκλοφορίας του θερμού αέρα παρουσιάζουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και δύσκολη ρύθμιση της λειτουργίας, αλλά ελάχιστα προβλήματα από καυσαέρια, καλή ομοιογένεια

θέρμανσης, ικανοποιητικό επίπεδο σχετικής θέρμανσης του εδάφους και του αέρα, και τέλος, βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου σε περίπτωση βλάβης του συστήματος.

Αντίθετα, με τα θερμοδυναμικά συστήματα δεν θερμαίνεται το έδαφος, μειώνεται η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μειώνεται απότομα η θερμοκρασία και όταν οι συσκευές είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από τα καυσαέρια.

Παρόλα αυτά τα θερμοδυναμικά συστήματα διαθέτουν και αρκετά πολλά πλεονεκτήματα, όπως χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, καλή ομοιομορφία, θέρμανσης, εύκολη ρύθμιση της λειτουργίας, γρήγορη θέρμανση των φυτών, μείωση της συμπύκνωσης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια του υλικού κάλυψης λόγω των ρευμάτων αέρα και τέλος, μεγαλύτερη ευχέρεια κίνησης στο θερμοκήπιο, αφού καταλαμβάνουν μικρό όγκο.

Στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να εξετάζεται:

- Αν μπορεί να εξασφαλίζει τη θερμοκρασία που χρειάζεται η καλλιέργεια.
- Αν διανέμει ομοιόμορφα τη θερμότητα έτσι ώστε να υπάρχει ομοιογένεια θέρμανσης στο θερμοκήπιο.
- Αν τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι σχετικά φτηνά και βρίσκονται εύκολα.
- Αν είναι εύκολη η συντήρηση και επισκευή του.
- Αν υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από καυσαέρια.

## 2.4 ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Με τον γενικό όρο "αερισμός" του θερμοκηπίου εννοούμε δυο διαφορετικές τεχνικές:

1. Την ανάδευση του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου.
2. Την ανταλλαγή του θερμού αέρα του θερμοκηπίου με τον εξωτερικό αέρα, που το ονομάζουμε ειδικότερα εξαερισμό.

Με την ανάδευση του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου επιδιώκεται η δημιουργία ομοιόμορφων συνθηκών περιβάλλοντος σ' όλο το χώρο του.

Με τον εξαερισμό επιδιώκεται ο περιορισμός της αύξησης της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο κατά τη θερμή περίοδο και η διόρθωση της αναλογίας των διαφόρων συστατικών του αέρα μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, όπως της συγκέντρωσης των υδρατμών, του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων. Στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες, οι ανάγκες για εξαερισμό είναι μεγάλες από νωρίς την άνοιξη έως και αργά το φθινόπωρο.

Ο ρυθμός και ο τρόπος αερισμού ενός θερμοκηπίου εξαρτάται από την εποχή. Έτσι, διακρίνουμε τον αερισμό του χειμώνα, του θέρους και της άνοιξης – φθινοπώρου.

### **Αερισμός χειμώνα**

Το χειμώνα ο βασικός στόχος του αερισμού είναι η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας στο χώρο των φυτών, με ανάδευση του αέρα του θερμοκηπίου. Συχνά όμως, ιδιαίτερα στις νότιες περιοχές της χώρας μας, κατά τις ηλιόλουστες ώρες απαιτείται και εξαερισμός για τη μείωση της θερμοκρασίας. Στις περιπτώσεις αυτές, το σύστημα εξαερισμού πρέπει να μπορεί να εισάγει μικρές ποσότητες αέρα, πολύ μικρότερες από τη μέγιστη ικανότητά του (λ.χ. 10 έως 20% της μέγιστης παροχής). Ο ψυχρός αέρας που εισέρχεται το χειμώνα στο θερμοκήπιο, πρέπει να υφίσταται ανάμιξη με τον εσωτερικό ζεστότερο αέρα πριν να έλθει σ' επαφή με τα φυτά, ειδάλλως θα δημιουργηθούν προβλήματα κακής ανάπτυξης. Για το λόγο αυτό, στα θερμοκήπια που εξαερίζονται με παθητικά συστήματα, το χειμώνα πρέπει να λειτουργούν μόνον τα παράθυρα οροφής, ενώ σ αυτά που έχουν δυναμικά συστήματα η είσοδος του εξωτερικού αέρα πρέπει να γίνεται από τα ανοίγματα που βρίσκονται στα υψηλότερα σημεία του θερμοκηπίου.

### **Αερισμός θέρους**

Το θέρος, ο βασικός στόχος είναι η μείωση της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μέσα στο χώρο από την αυξημένη ακτινοβολία του ηλίου. Η ταχύτητα του αέρα στην κόμη των φυτών δεν πρέπει να είναι πάρα πολύ υψηλή, διότι μπορεί να

προκαλέσει έντονη διαπνοή, με αποτέλεσμα πρόσκαιρη μάρανση, πρέπει όμως ο αέρας να μετακινείται μέσα από τα φυτά για να μπορεί να τα ψύχει. Στα παθητικά συστήματα εξαερισμού, για τον εξαερισμό 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 μέσον περίπου του ύψους του θερμοκηπίου.

### **Αερισμός άνοιξης και φθινοπώρου**

Η άνοιξη και το φθινόπωρο χαρακτηρίζονται από συνεχείς εναλλαγές περιόδων με υψηλές θερμοκρασίες (και κατά συνέπεια μεγάλες απαιτήσεις σε εξαερισμό) και περιόδων με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (και κατά συνέπεια με απαιτήσεις σε ανάδευση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο και λιγότερο εξαερισμό).

Στον παθητικό εξαερισμό χρησιμοποιούνται στην αρχή της ημέρας τα παράθυρα οροφής και αργότερα προστίθενται τα πλευρικά. Στο δυναμικό εξαερισμό στην αρχή της ημέρας λειτουργεί ένα μέρος μόνο των εξαεριστήρων στην πρώτη βαθμίδα λειτουργίας τους και η είσοδος του αέρα γίνεται από ψηλά. Αργότερα η λειτουργία των ανεμιστήρων εξαρτάται από το θερμικό φορτίο και η είσοδος του αέρα γίνεται από το συνεχόμενο άνοιγμα.

### **Κυκλοφορία του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο**

Για τη μεγιστοποίηση της φυτικής παραγωγής στο θερμοκήπιο, πρέπει στην επιφάνεια των φύλλων των φυτών να πετύχουμε συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακος όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο άριστο επίπεδο.

Η δημιουργία αυτών των συνθηκών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες:

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα φύλλα των φυτών θερμαίνονται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αποκτούν θερμοκρασία υψηλότερη αυτής του αέρα, προσθέτουν με τη διαπνοή υγρασία γύρω τους και αυξάνουν έτσι τη σχετική υγρασία του χώρου και καταναλώνουν CO<sub>2</sub> με τη φωτοσύνθεση και μειώνουν τη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> γύρω τους.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας οι απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία της επιφάνειας των φύλλων μπορεί να προκαλέσουν μείωση της θερμοκρασίας των

φύλλων και να λάβει τιμή μικρότερη εκείνης του περιβάλλοντος αέρα. Δημιουργείται επίσης στρωματοποίηση των θερμοκρασιών μέσα στο θερμοκήπιο, που οφείλεται στη μικρότερη πυκνότητα του ζεστού αέρα που έτσι ανεβαίνει και τη μεγαλύτερη πυκνότητα του ψυχρού αέρα που κατεβαίνει στα χαμηλότερα επίπεδα. Από πειραματικές μελέτες (Cotter D.J and Walker 1967) γνωρίζουμε ότι, μέσα σ' ένα θερμοκήπιο που θερμαίνεται και παράλληλα αναδύεται συνεχώς ο αέρα του με δυναμικά μέσα, στο επίπεδο των φυτών, διατηρούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες και σχετικές υγρασίες μικρότερες (όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλή) απ' ό,τι μέσα σ' ένα θερμοκήπιο που θερμαίνεται μόνο χωρίς δυναμική κίνηση του αέρα.

Σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, η αναγκαστική κίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνει τη συμπύκνωση υγρασίας επάνω στις ψυχρές επιφάνειες κάλυψης με αποτέλεσμα τη μείωση της σχετικής υγρασίας του χώρου.

Η ευνοϊκότερη ταχύτητα του κινουμένου αέρα είναι περίπου 0,2 m/s. Μια τέτοια ταχύτητα προκαλεί ελαφρά κίνηση των φύλλων φυτών της τομάτας.

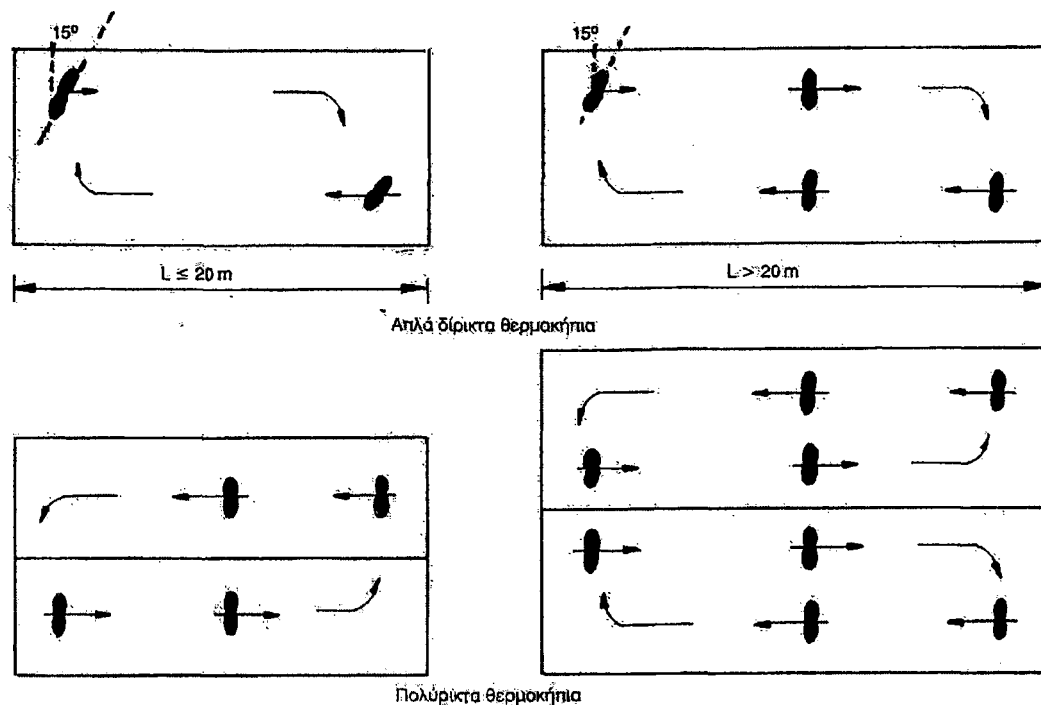
Συστήματα κυκλοφορίας του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο

## **1. Οριζόντια μετακίνηση του αέρα**

Διάφορες μελέτες στο Πανεπιστήμιο του Kentucky έδειξαν ότι γενικά απαιτείται μια εγκατάσταση ανεμιστήρων συνολικής παροχής του  $\frac{1}{4}$  του όγκου του θερμοκηπίου ανά λεπτό. Η ευνοϊκή διάμετρος των ανεμιστήρων είναι περίπου 30 cm και τοποθετούνται πλησίον της οροφής με μια κλίση 100 – 150 προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Εάν το μήκος ενός στενού (έως 8 m πλάτος) θερμοκηπίου είναι μικρότερο από 20 m, απαιτούνται 1 έως 2 ανεμιστήρες, που τοποθετούνται διαγώνια στις δυο γωνίες. Εάν το μήκος είναι μεγαλύτερο από 20 m, απαιτούνται ακόμη 2 ανεμιστήρες στο μέσο μήκος του θερμοκηπίου. Για διπλάσιο πλάτος θερμοκηπίου απαιτούνται διπλάσιοι ανεμιστήρες.





**Σχήμα 1.** Κατανομή των ανεμιστήρων για οριζόντια μετακίνηση του αέρα

## 2. Αξονική μετακίνηση του αέρα με διάτρητο σωλήνα

Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν ή περισσότερους ανεμιστήρες που τοποθετούνται στο άκρο ή στο μέσον του θερμοκηπίου και ωθούν τον αέρα μέσα σ' έναν ή περισσότερους διάτρητους σωλήνες διαφανούς πολυαιθυλενίου, που κρέμονται σ' όλο το μήκος του θερμοκηπίου. Ο κάθε σωλήνας έχει μικρές οπές επιφάνειας 5cm 2 η κάθε μια (δύο ανά 30 cm) κατά μήκος του, όπου από αυτές βγαίνει ο αέρας μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Σχετικά με τις προδιαγραφές του διάτρητου σωλήνα, ισχύουν αυτά που αναφέρονται για τον διάτρητο σωλήνα κατανομής του θερμού αέρα των αερόθερμων.

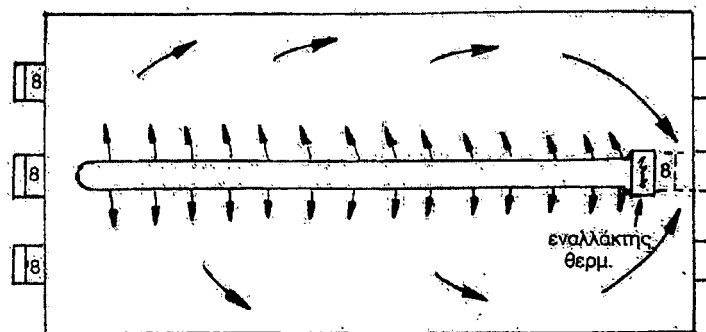
Η ισχύς του ανεμιστήρα, με στατική πίεση 20 – 30 Pa πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει παροχή 20 – 30% του όγκου του θερμοκηπίου ανά λεπτό. Η τομή του σωλήνα πρέπει να είναι περίπου 0,033 m<sup>2</sup> για κάθε παροχή 10 m<sup>3</sup>/min του ανεμιστήρα.

Εάν η κατανομή των οπών είναι ομοιόμορφη, η ποσότητα και η ταχύτητα του αέρα που βγαίνει από τις οπές, κοντά στην κλειστή άκρη, είναι συνήθως διπλάσια από εκείνη των οπών κοντά στον ανεμιστήρα. Αυτό είναι ευνοϊκό, διότι μειώνεται η ανακύκλωση του αέρα που βρίσκεται κοντά στον ανεμιστήρα και ευνοείται η

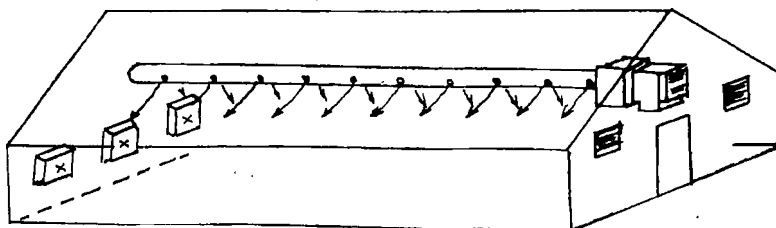
κυκλοφορία του αέρα σε όλο το μήκος του θερμοκηπίου. Όταν ενδιαφέρει να προέρχεται, ίση ποσότητα αέρα από όλες τις οπές, απαιτείται μια διαφορετική κατανομή των οπών, η πυκνότητα των οποίων πρέπει να είναι μικρότερη προς το κλειστό άκρο.

### 3. Άλλοι τρόποι κυκλοφορίας του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο

Όλα τα συστήματα θερμάνσεως με ζεστό αέρα, καθώς και πολλά συστήματα εξαερισμού του θερμοκηπίου, μπορούν να συνδεθούν κατάλληλα ώστε να χρησιμοποιηθούν και για μετακίνηση και ανάδευση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Οι ανεμιστήρες των αερόθερμων Π.χ., με κατάλληλη συνδεσμολογία, μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα της θέρμανσης και να χρησιμοποιούνται για την ανάδευση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Ο τρόπος αυτός συχνά αποτελεί την οικονομικότερη λύση.



Σχήμα 2. Διάτρητος σωλήνας που χρησιμεύει και για θέρμανση και για εξαερισμό



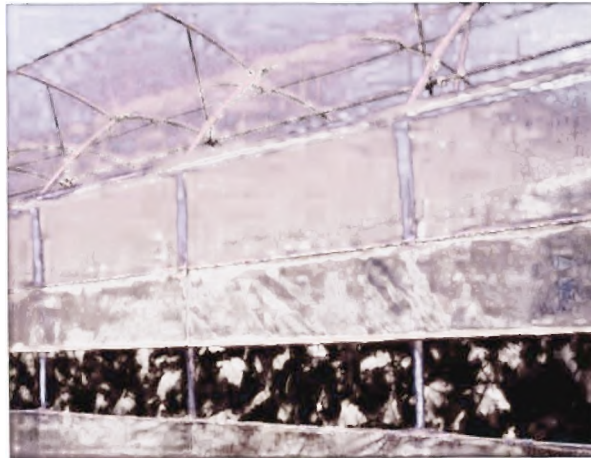
Σχήμα 3. Διάτρητος σωλήνας που χρησιμεύει για εξαερισμό και ανάδευση του αέρα

## Εξαερισμός

### Συστήματα ανανέωσης του αέρα του θερμοκηπίου

Ο εξαερισμός ενός θερμοκηπίου μπορεί να είναι:

- α)** φυσικός, όταν προκαλείται από διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, που προκαλούνται λόγω του ανέμου και της διαφοράς θερμοκρασίας.



**Εικόνα 1.** Φυσικός εξαερισμός θερμοκηπίου

- β)** δυναμικός, όταν οι διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου δημιουργούνται με μηχανικά μέσα.



**Εικόνα 2.** Δυναμικός εξαερισμός θερμοκηπίου

## 2.5 ΥΓΡΑΣΙΑ

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 από τη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου.

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

Ο ατμοσφαιρικός αέρας στη φυσική του κατάσταση είναι μίγμα αερίων (οξυγόνου, αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, αργού κ.ο. 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 σχετικά 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 πρώτο 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 συμπύκνωσης έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση και 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 ο ρόλος τους στη συμπύκνωση είναι και των χαρακτηριστικών θερμοπεράτοτητας των υλικών κατασκευής.

Όταν ελαττωθεί ο συντελεστής θερμοπεράτοτητας 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 καθορίζεται κατά κάποιο τρόπο με την εμφάνιση ή όχι των υγροποιημένων 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, υγροποίηση υδρατμών. Τα σημεία αυτά ονομάζονται "θερμικές γέφυρες". Θερμικές γέφυρες δημιουργούν και οι γωνίες των δύο πλευρών, λόγω μεγαλύτερων απωλειών θερμότητας.

### **Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας**

Στο χώρο γύρω από τα φυτά, επιδιώκουμε η σχετική υγρασία να μην είναι ούτε πολύ ψηλή 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 και ακόμη ευνοείται η ανάπτυξη των ακάρεων.

Ο ξερός αέρας, η ψηλή 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 ψηλής πίεσης. Όταν ψεκάσουμε κατ' αυτόν τον τρόπο τα φυτά πρέπει να λαμβάνουμε υπόψην μας τα ευαίσθητα φυτά τα οποία μπορεί να εμφανιστούν ξερές κηλίδες ή κίτρινα σημάδια στην επιφάνεια τους. Επίσης πρέπει να προσέχουμε το νερό να μην είναι μεγάλης σκληρότητας γιατί στα φύλλα παρουσιάζονται άλατα.
- 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. Ο τρόπος όμως αυτός δεν μπορεί να εφαρμοστεί σ' όλες τις περιπτώσεις, γιατί αν η ηλιακή ενέργεια που μπαίνει στο θερμοκήπιο είναι πολύ μεγάλη, θα δημιουργηθεί γρήγορα πρόβλημα πολύ ψηλών θερμοκρασιών.

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:

- 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 μη 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. Ακόμη και με κρύο νερό, όταν η σχετική υγρασία είναι υπερβολικά ψηλή 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 θερμότητά 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.

## 2.6 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) αποτελεί την πρώτη ύλη της φωτοσύνθεσης, γι' αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε καλά τις μεταβολές της συγκέντρωσής του στο θερμοκήπιο. Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>, στο θερμοκήπιο είναι μεγαλύτερη από αυτή της ατμόσφαιρας. Με την αύξηση της φωτεινής ακτινοβολίας και όταν η διαδικασία της φωτοσύνθεσης απαιτεί μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> αρχίζει να αυξάνεται και φτάνει στο αρχικό επίπεδο.

Πρέπει να τονίσουμε ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε ημέρες με συννεφιασμένο καιρό η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> γίνεται πολύ χαμηλότερη από ότι κατά τη διάρκεια φωτεινών ημερών, επειδή τα θερμοκήπια πρέπει να παραμείνουν κλειστά για όλη, την ημέρα και επομένως το CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>

Ο εμπλουτισμός του χώρου του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 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 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 λέμε για τον εμπλουτισμό: Κατά τη διάρκεια της μέρας εφαρμόζεται, 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 μικρό διάστημα.

Οι μέθοδοι εμπλουτισμού είναι οι εξής:

- **Καύση προπανίου σε ειδικούς καυστήρες τελείας 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 που 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 που είναι επιβλαβή για τα όντα.

### **Εξάτμιση υγρού διοξειδίου του άνθρακα**

Το υγρό διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται σε δεξαμενή και διοχετεύεται υπό υψηλή πίεση με σωλήνες στη 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 σ' όλο το χώρο. Δεν είναι τότε δυνατή η ρύθμιση της εξαέρωσης γιατί από τη στιγμή που θα αφηθεί η ξηρός πάγος εξαερώνεται χωρίς έλεγχο.

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

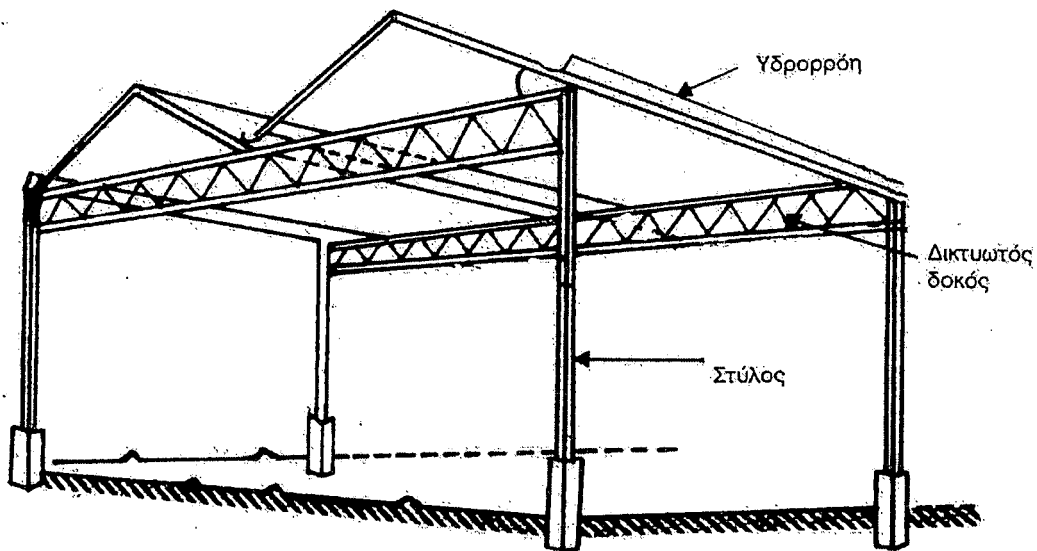
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### Τύποι θερμοκηπίων

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

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

Βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβανόμενο κατά μήκος και πλάτος σχηματίζει το σύνολο (Εικ. 4)



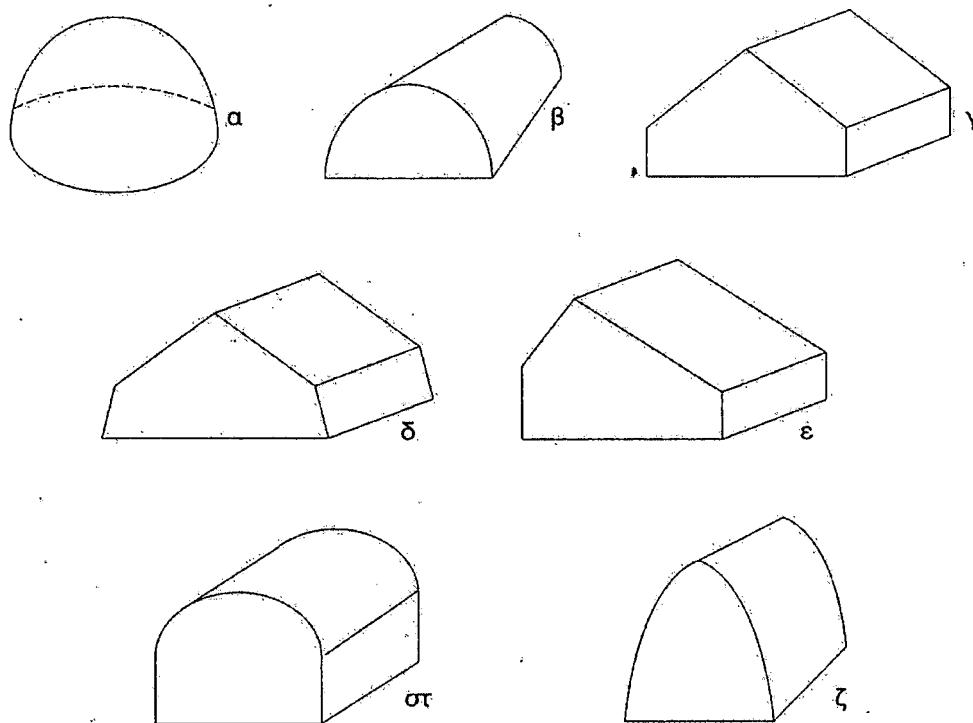
Σχήμα 4. Βασική κατασκευαστική μονάδα

### 3.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Τα θερμοκήπια κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα. Δυο όμως βασικά σχήματα επεκράτησαν, το τοξωτό και το αμφικλινές.

**Θερμοκήπια τοξωτά** (Σχήμα 6). Τα συνηθισμένα θερμοκήπια αυτού του σχήματος έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

α) Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται επαναλαμβανόμενα ομοιόμορφα τόξα και γι' αυτό είναι εύκολα στην κατασκευή.

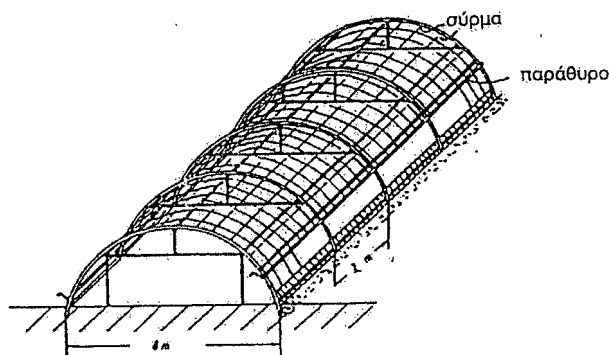


**Σχήμα 5.** Διάφορα σχήματα θερμοκηπίων. α. Ημισφαιρικό β. Τοξωτό. γ. Αμφικλινές. δ. Τροποποιημένο αμφικλινές. ε. Ετεροκλινές. στ. Τροποποιημένο τοξωτό. ζ. Γοτθικό.

β) Έχουν ελαφρότερο σκελετό και επομένως είναι φθηνότερα.

Μειονεκτούν όμως στο ότι:

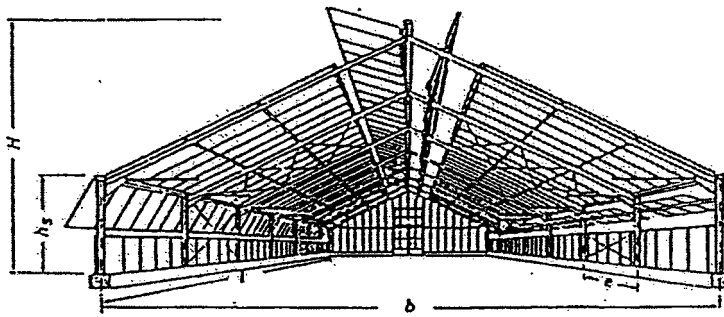
- α) Δεν προσφέρουν ευκολίες στην κατασκευή και στους αυτοματισμούς του παθητικού εξαερισμού οροφής.
- β) Στις δυο άκρες του τόξου δημιουργούνται δυσκολίες στην εργασία του ανθρώπου, λόγω χαμηλού ύψους.
- γ) Δεν είναι εύκολη η κατασκευή υαλόφρακτων θερμοκηπίων αυτού του σχήματος.



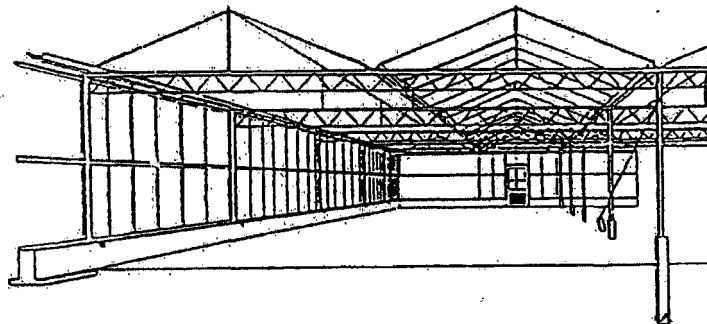
**Σχήμα 6.** Τοξωτό θερμοκήπιο με συνεχές πλευρικό παράθυρο (Απλό)

**Θερμοκήπια αμφικλινή** (Σχήματα. 7, 8). Τα θερμοκήπια αυτά έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- α) Τα διάφορα στοιχεία του σκελετού τους είναι σχετικά ομοιόμορφα και γι' αυτό τυποποιούνται εύκολα.
- β) Είναι ευρύχωρα.
- γ) Προσφέρουν δυνατότητες για καλό παθητικό εξαερισμό οροφής και πλευρικό.
- δ) Διευκολύνεται περισσότερο ο αυτοματισμός στα συστήματα παθητικού εξαερισμού, διότι αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα και επίπεδες επιφάνειες.
- ε) Η επιφάνειά τους αποτελείται από επίπεδα και γι' αυτό προσφέρουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των υαλοπινάκων στην κάλυψη του θερμοκηπίου.



**Σχήμα 7.** Θερμοκήπιο με αμφικλινή υψηλή οροφή (Wide Span)



**Σχήμα 8.** Θερμοκήπιο με αμφικλινή χαμηλή οροφή (Venlo type)

Τα διάφορα θερμοκήπια που υπάρχουν, έχουν τα προηγούμενα σχήματα ή έχουν μια από τις πολλές παραλλαγές αυτών των δυο βασικών σχημάτων (Σχήμα 5). Έχουν δημιουργηθεί επίσης θερμοκήπια άλλων σχημάτων, που σχεδιάστηκαν για να καλύψουν ειδικές ανάγκες, όπως π.χ. το ημισφαιρικό θερμοκήπιο που συναντάμε σε βοτανικούς κήπους ή ερευνητικά εργαστήρια, το θερμοκήπιο με βορεινή στήριξη σε τοίχο, που τοποθετείται στη νότια πλευρά ενός υπάρχοντος κτιρίου και το ετεροκλινές θερμοκήπιο, του οποίου οι δυο κεκλιμένες επιφάνειες της οροφής είναι διαφορετικής κλίσης και πλάτους η κάθε μια, για μεγαλύτερη είσοδο ηλιακής ενέργειας το χειμώνα. Τα τελευταία προσαρμόζονται κυρίως σε πλευρές λόφων.

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

**Θερμοκήπια χαμηλά** (η χαμηλή πλευρά έχει ύψος 1,8-2,60 m). Τα θερμοκήπια αυτού του ύψους, λόγω του μικρού τους όγκου έχουν σχετικά μικρότερες απώλειες ενέργειας. Μειονεκτούν όμως στα ακόλουθα σημεία:

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



**Εικόνα 3.** Χαμηλό θερμοκήπιο

**Θερμοκήπια υψηλά** (η χαμηλή πλευρά τους έχει ύψος 2,60 m και άνω).

Αυτά έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- α) Παρέχουν καλό παθητικό εξαερισμό.
- β) Ικανοποιούν τις ανάγκες των περισσότερων καλλιεργειών από πλευράς χώρου.
- γ) Είναι φωτεινότερα.



**Εικόνα 4.** Υψηλό Θερμοκήπιο

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 δυο κεκλιμένες επιφάνειες, αποκτούν έτσι χώρο μεγάλου όγκου (Σχήμα 7), ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται διεθνώς με το όνομα Wide Span. Στα χαμηλής οροφής αμφικλινή θερμοκήπια, η οροφή της κατασκευαστικής μονάδας δημιουργείται από δυο ζεύγη κεκλιμένων επιφανειών που δημιουργούν μικρότερο όγκο θερμοκηπίου (Σχήμα 8), ο τύπος στους 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 στους 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)**

- α)** Διευκολύνουν την εκμηχάνιση των καλλιεργειών
- β)** Διευκολύνουν την κίνηση στο χώρο στους καλλιεργείας
- γ)** 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 6 m. Τα θερμοκήπια αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα στην κατασκευή και συγκριτικά φθηνότερα.

Μειονεκτούν από τα μεταλλικά θερμοκήπια στα εξής σημεία:

- α) Η διάρκεια ζωής στους είναι σημαντικά περιορισμένη
- β) Δεν είναι εύκολη η κατασκευή παραθύρων οροφής και η αυτοματοποίηση γενικά στους παθητικούς εξαερισμούς
- γ) Συχνά τα ξύλα στρεβλώνουν, με αποτέλεσμα κακή στεγανότητα του θερμοκηπίου
- δ) Είναι λιγότερο φωτεινά



**Εικόνα 5.** Ξύλινο θερμοκήπιο



## Μεταλλικά θερμοκήπια από γαλβανισμένο χάλυβα

Τα θερμοκήπια αυτού του τύπου προτιμούνται περισσότερο σήμερα, διότι:

- α) Τα στοιχεία του σκελετού έχουν μικρές διατομές με ανακλαστική επιφάνεια και γι' αυτό ο χώρος μέσα στο θερμοκήπιο είναι φωτεινός
- β) Διαρκούν περισσότερο σε σχέση με τα άλλα, 15 χρόνια και άνω
- γ) Οι μηχανισμοί του παθητικού εξαερισμού κατασκευάζονται και αυτοματοποιούνται ευκολότερα
- δ) Μεταφέρονται ευκολότερα σε περίπτωση μετεγκατάστασης της επιχείρησης



Εικόνα 6. Θερμοκήπιο από γαλβανισμένο χάλυβα

## Θερμοκήπια από αλουμίνιο

Αυτού του είδους τα θερμοκήπια έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- α) Έχουν πολύ ελαφρότερα στοιχεία σκελετού
- β) Δεν διαβρώνονται στο περιβάλλον του θερμοκηπίου
- γ) Οι διατομές των στοιχείων τους είναι μικρές, με ανακλαστική επιφάνεια, που ευνοούν τη φωτεινότητα του χώρου
- δ) Κατασκευάζεται και αυτοματοποιείται πολύ εύκολα ο παθητικός εξαερισμός, γιατί τα κινητά στοιχεία του παθητικού εξαερισμού είναι σχετικά ελαφρά.
- ε) Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής



**Εικόνα 7.** Θερμοκήπιο από αλουμίνιο

### **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.



**Εικόνα 8.** Υαλόφρακτο θερμοκήπιο

#### **Θερμοκήπια με διαφανές κάλυμμα από εύκαμπτο πλαστικό φύλλο.**

Τα θερμοκήπια με αυτό το κάλυμμα:

- α)** Μπορεί να έχουν ελαφρότερο σκελετό

β) Μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα

γ) Στοιχίζουν φθηνότερα

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



Εικόνα 9. Θερμοκήπιο με εύκαμπτο διαφανές κάλυμμα

### Θερμοκήπια με διαφανές κάλυμμα από σκληρό πλαστικό

Τα θερμοκήπια αυτού του τύπου συγκριτικά με τα υαλόφρακτα:

α) Μπορεί να έχουν ελαφρότερο σκελετό

β) Ο σκελετός μπορεί να έχει μμεγαλύτερη ποικιλία σχημάτων

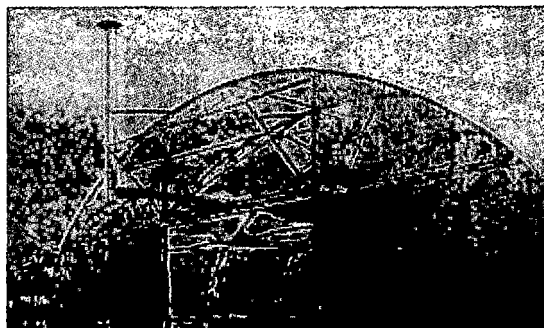
γ) Είναι ανθεκτικά στο χαλάζι και τους βανδαλισμούς

δ) Μερικά, όπως τα καλυμμένα με διπλές πολυκαρβονικές ή ακρυλικές επιφάνειες, εξασφαλίζουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας

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

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.



**Εικόνα 10.** Θερμοκήπιο από σκληρό πλαστικό

### **Απλής γραμμής ή πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια**

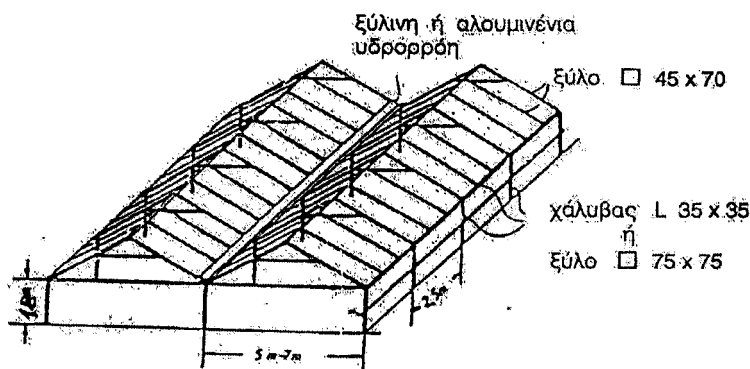
#### **Απλής γραμμής θερμοκήπια (Σχήματα 6, 7, 8)**

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

Τα απλής γραμμής θερμοκήπια:

- α)** 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
- β)** Έχουν αποτελεσματικό φυσικό εξαερισμό από τα πλευρικά παράθυρα, επειδή το πλάτος τους είναι περιορισμένο
- γ)** 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.



**Σχήμα 9.** Διπλής γραμμής θερμοκήπιο

### **Πολλαπλής γραμμής θερμοκήπια (Σχήμα 9, Εικ. 11)**

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:

- α) Έχουν μεγάλο συνεχόμενο εσωτερικό χώρο, χρήσιμο στην εκμηχάνιση,
- β) παρουσιάζουν οικονομία στη θέρμανση, διότι έχουν μικρότερη επιφάνεια καλύμματος ανά μονάδα επιφανείας εδάφους,
- γ) όταν καλύπτουν μεγάλη συνεχόμενη έκταση δεν έχουν καλό παθητικό εξαερισμό, γι' αυτό σε θερμές περιοχές θα πρέπει να αποφεύγονται πολλαπλά θερμοκήπια πολύ μεγάλης έκτασης,
- δ) 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.



**Εικόνα 11.** Πολλαπλής γραμμής υαλόφρακτο θερμοκήπιο μεγάλης έκτασης

### **Διάκριση των θερμοκηπίων σε σχέση με 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:

- α)** Δεν απαιτείται ενέργεια για τη λειτουργία του.
- β)** Οποιαδήποτε βλάβη στο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί από τον ίδιο τον καλλιεργητή.
- γ)** Θερμοκήπια με αυτό το σύστημα μπορεί να τοποθετηθούν οπουδήποτε ανεξάρτητα από την ύπαρξη ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα μειονεκτήματά του είναι:

- α)** Δεν μπορεί να επιτευχθούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στο χώρο του θερμοκηπίου, τις θερμές ημέρες με άπνοια.

β) 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:

α) Θερμοκήπια με ανοίγματα μόνο πλευρικά. Τα θερμοκήπια αυτά στοιχίζουν φθηνότερα, αλλά εάν το πλάτος τους υπερβαίνει τα 16 m, δεν εξαερίζονται ικανοποιητικά, ιδιαίτερα σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου.

β) 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:

α) Παρέχουν ικανοποιητική ανανέωση του αέρα του χώρου του θερμοκηπίου, ακόμα και σε περιπτώσεις άπνοιας.

β) Παρέχουν ικανοποιητική ανανέωση του αέρα σε κατασκευές θερμοκηπίων που είναι τεχνικά και οικονομικά δύσκολη η κατασκευή αποτελεσματικού συστήματος παθητικού εξαερισμού.

γ) Απαιτούν θερμοκήπια μικρότερου όγκου και επομένως με μικρότερες απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της περιόδου της θέρμανσης.

δ) Με μικρές 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:

α) Η λειτουργία του δυναμικού εξαερισμού καταναλίσκει σημαντικές ποσότητες ενέργειας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.

- β) Όταν δεν υπάρχει σύστημα δροσισμού μειώνει σημαντικά τη σχετική υγρασία του χώρου του θερμοκηπίου, με δυσμενείς επιπτώσεις σε ορισμένα φυτά.
- γ) Δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί σε περιοχές όπου δεν υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια.
- δ) Δεν εγκαθίσταται σε περιοχές όπου μια ζημιά στο σύστημα του δυναμικού εξαερισμού δεν μπορεί να επισκευασθεί σύντομα γιατί υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της φυτείας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### 4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

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. Η μεταφορά θερμότητας στον αέρα και από τον αέρα του θερμοκηπίου, γίνεται με βεβιασμένη συναγωγή. Όταν για την κατανομή του αέρα χρησιμοποιούνται και αεραγωγοί, τότε ένα μικρό μέρος της ενέργειας αποδίδεται με ακτινοβολία από την επιφάνεια των αεραγωγών.
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. Η σχέση μεταξύ της ποσότητας της θερμότητας που αποδίδεται με ακτινοβολία και συναγωγής εξαρτάται από τη θερμοκρασία του ρευστού και τη διάμετρο του σωλήνα. Στις συνήθεις περιπτώσεις ζεστού νερού 85°C ο λόγος τους είναι περίπου ίσος με 1.
3. Συστήματα, όπου το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αποδίδεται με αγωγιμότητα. Περιλαμβάνονται τα συστήματα θέρμανσης δαπέδου ή τραπεζιάν καλλιέργειας, όπου η θερμότητα με αγωγή θερμαίνει το δάπεδο και με αγωγή από το δάπεδο θερμαίνονται οι γλάστρες και η ρίζα των φυτών. Οποσδήποτε όμως τα φυτά δέχονται και αρκετή ενέργεια από ακτινοβολία και συναγωγή από τις ακάλυπτες περιοχές.
4. Συστήματα, τα οποία αποδίδουν θερμότητα με συνδυασμό αγωγιμότητας, συναγωγής και ακτινοβολίας. Περιλαμβάνονται συστήματα θέρμανσης με χαμηλή θερμοκρασία νερού, που κυκλοφορεί σε μεγάλης επιφάνειας σωλήνες, συνήθως πλαστικούς, οι οποίοι τοποθετούνται στο δάπεδο του θερμοκηπίου. Η θερμότητα μεταφέρεται με φυσική συναγωγή στον αέρα, με θερμική ακτινοβολία στα φύλλα των φυτών και με αγωγιμότητα στο έδαφος.

## **Συμβατικά συστήματα θέρμανσης**

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

### **1. Τοπικά συστήματα θέρμανσης**

- α) Θερμάστρες παραφίνης**
- β) Θερμάστρες συναγωγής**
- γ) Συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας**
- δ) Αερόθερμα (ηλεκτρικά, υγραερίου, πετρελαίου, στερεών καυσίμων)**

### **2. Κεντρικά συστήματα θέρμανσης**

- α) Λέβητες παραγωγής θερμού νερού,**
- β) 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 της 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 θερμότητα 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. Μερικές φορές επίσης, προκειμένου να διευκολυνθεί η κυκλοφορία των αερίων της καύσης, τοποθετείται στην έξοδο απορροφητήρας. Έτσι αποφεύγονται και διαφυγές των αερίων καύσης στο χώρο του θερμοκηπίου.

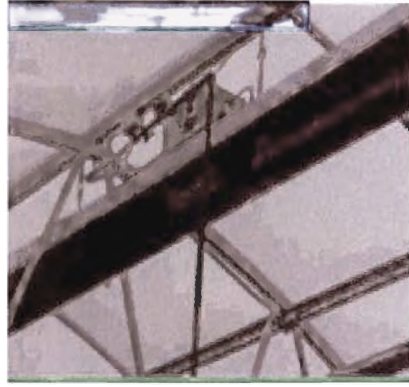
Σ' όλα τα συστήματα θέρμανσης, τα αέρια της καύσης που προέρχονται από το καύσιμο και τις διάφορες προσμίξεις που έχει το καύσιμο δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με τα φυτά, διότι είναι τοξικά. Ένα τέτοιο αέριο είναι το διοξείδιο του θείου, που προέρχεται από την καύση των θειούχων προσμίξεων του καυσίμου. Το SO<sub>2</sub>, όταν διαλύεται στην υγρασία των φυτών, μετατρέπεται σε θειώδες οξύ. Το οξύ καταστρέφει τα κύτταρα με τα οποία έρχεται σε επαφή. Από την ατελή καύση του καυσίμου επίσης μπορεί να παραχθεί μονοξείδιο του άνθρακος και αιθυλένιο, που συχνά είναι επιζήμιο στα φυτά.

### **Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία**

Σ' αυτά τα συστήματα η θερμότητα στέλνεται απ' ευθείας από την πηγή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών (υπέρυθρη ακτινοβολία) κυμάτων που μεταδίδονται σε ευθεία γραμμή στο δέκτη, που στην περίπτωση 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. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται, όπως είναι γνωστό, είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας (σε βαθμούς Kelvin) της επιφάνειας του ακτινοβολούντος σώματος στην τετάρτη δύναμη.

Η ποσότητα ακτινοβολίας που δέχεται μια επιφάνεια δέκτης μειώνεται με το τετράγωνο της απόστασης της επιφάνειας από το ακτινοβολούν σώμα ( $1/d^2$ ).

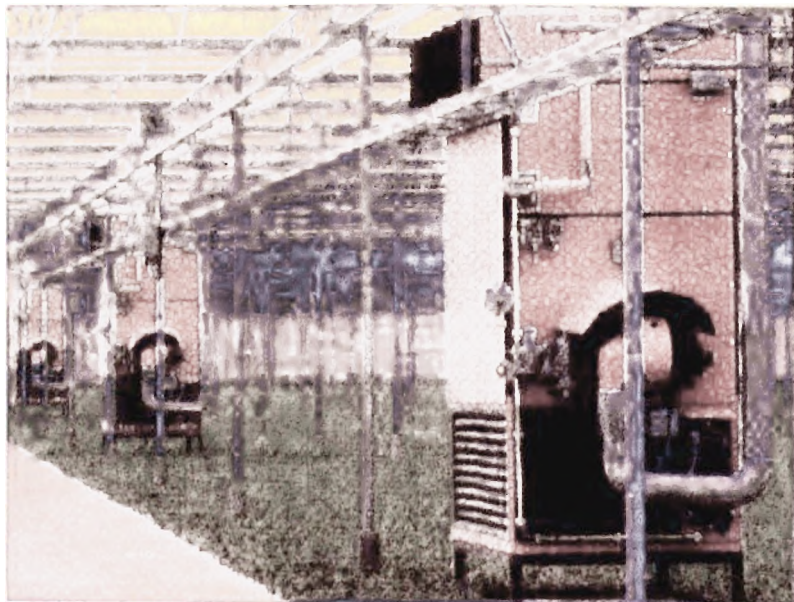
Η πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας, που συμφέρει να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση των θερμοκηπίων, είναι σωλήνες που τοποθετούνται ψηλά κατά μήκος του θερμοκηπίου, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί κάποιο ρευστό υψηλής θερμοκρασίας, για να ακτινοβολεί μεγάλο ποσό θερμότητας. Για να μην χάνεται ενέργεια με ακτινοβολία προς την επάνω πλευρά του θερμοκηπίου, χρησιμοποιούνται ανακλαστικές επιφάνειες, οι οποίες όμως δεν θα πρέπει να είναι υπερβολικά μεγάλες για να μην προκαλούν σημαντικά προβλήματα σκίασης.



**Εικόνα 12.** Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία

### **Αερόθερμα**

Η θέρμανση με αερόθερμα χρησιμοποιείται πολύ στο θερμοκήπιο, διότι η αρχική εγκατάσταση στοιχίζει φθηνότερα απ' ό,τι 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. Η χρονική αυτή διάρκεια στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν ζεστό νερό για τη μεταφορά της θερμότητας, είναι αρκετά μεγάλη.



**Εικ. 13.** Αερόθερμα υγραερίου για θέρμανση του θερμοκηπίου. (Χωρίς σωλήνα κατανομής του θερμού αέρα)

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

Με γνώμονα την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, τα αερόθερμα μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω ομάδες:

**α. 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.

**β. 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.

**γ. 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.

## Κατανομή της θερμότητας

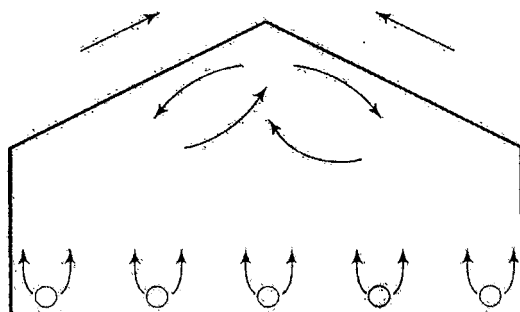
Στα μικρής έκτασης θερμοκήπια ο ζεστός αέρας του αερόθερμου κατανέμεται στο χώρο του θερμοκηπίου απ' ευθείας από την έξοδό του. Στα μεγάλης έκτασης, τοποθετείται κατά μήκος του θερμοκηπίου λεπτός, διαφανής σωλήνας πολυαιθυλενίου, που συνδέεται με την έξοδο του θερμού αέρα του αερόθερμου. Ο κάθε σωλήνας 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 γύρω αέρα. Με αυτό το σύστημα εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας από τη 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.

### 1. Πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες στο επίπεδο του εδάφους.

Οι σωλήνες κατανομής του θερμού αέρα μέσα στο θερμοκήπιο τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις κατά μήκος του θερμοκηπίου. Η διάμετρος των σωλήνων αυτών είναι 15–20 cm και οι οπές εξόδου του θερμού αέρα ανοίγονται σε διαστήματα 15–60 cm.

Ο αέρας που εξέρχεται κοντά στην κλειστή άκρη του σωλήνα είναι περισσότερος απ' ό,τι στην αρχή, επειδή όμως συμβαίνουν και απώλειες θερμότητας από τα τοιχώματα του σωλήνα, τα δυο αυτά γεγονότα τείνουν να αλληλοεξουδετερώνουν την ανομοιομορφία.



**Σχήμα 10.** Πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες στο επίπεδο του εδάφους

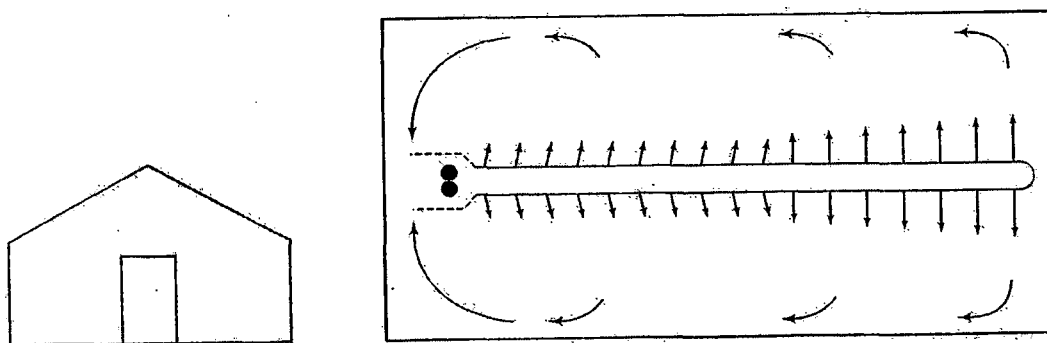
Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να αποσυνδέεται εύκολα την εποχή όπου δεν απαιτείται θέρμανση. Επίσης οι εργάτες που εργάζονται μέσα στο θερμοκήπιο θα πρέπει να προσέχουν περισσότερο, ώστε να μην καταστρέψουν με τα πόδια τους σωλήνες.

## 2. Πλαστικοί, διαφανείς διάτρητοι σωλήνες στην οροφή.

Σε αυτή την περίπτωση τοποθετούνται λιγότεροι σωλήνες 30–40 cm επάνω από το ύψος των φυτών.

Σε θερμοκήπια με πλάτος μικρότερο από 9 m τοποθετείται μόνον ένας τέτοιος σωλήνας κατά μήκος του κέντρου του θερμοκηπίου. Σε θερμοκήπια μεγαλύτερου πλάτους χρησιμοποιούνται παραπάνω σωλήνες. Σωλήνας διαμέτρου 50–70 cm φέρει συνήθως δυο οπές ανά 30 cm κατά μήκος του σωλήνα, διαμέτρου 5 cm. Η συνολική επιφάνεια των οπών είναι συνάρτηση της διαμέτρου του σωλήνα και της παροχής του ανεμιστήρα του αερόθερμου (Bailey B.J., 1978).

Συχνά ο ίδιος διάτρητος σωλήνας χρησιμοποιείται και για τον εξαερισμό του θερμοκηπίου.



**Σχήμα 11.** Κατανομή του αέρα μέσα σ' ένα θερμοκήπιο από διάτρητο σωλήνα με οπές ίσης διαμέτρου, σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους.

### 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, όταν σχεδιαστεί σωστά, να θερμαίνει 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.

Στις κεντρικές θερμάνσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διαφόρων ειδών καύσιμες ύλες όπως υγραέριο, πετρέλαιο, μαζούτ, κάρβουνο βιομάζα. Η κεντρική θέρμανση χρησιμοποιείται κυρίως στα υαλόφρακτα θερμοκήπια μεγάλης έκτασης, διότι η λειτουργία και συντήρηση της σ' αυτά τα θερμοκήπια, συγκριτικά με τη χρησιμοποίηση πολλών αερόθερμων, υπολογίζεται ότι στοιχίζει φθηνότερα.

Στα θερμοκήπια που είναι καλυμμένα με φύλλο πολυαιθυλενίου συνήθως αποφεύγεται η χρησιμοποίησή του, γιατί το πολυαιθυλένιο είναι περατό στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία και γι' αυτό παρουσιάζονται μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας από τους σωλήνες θερμού νερού που τοποθετούνται στην περιφέρεια.

### **Διανομή της θερμότητας στο χώρο**

Η θερμότητα που παράγεται στον λέβητα, θα πρέπει να μεταφερθεί και να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στο χώρο του θερμοκηπίου.

Στο σύστημα θέρμανσης με σωλήνες ζεστού νερού, που διακλαδίζονται μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με συναγωγή και ακτινοβολία σε ίσο περίπου ποσοστό.

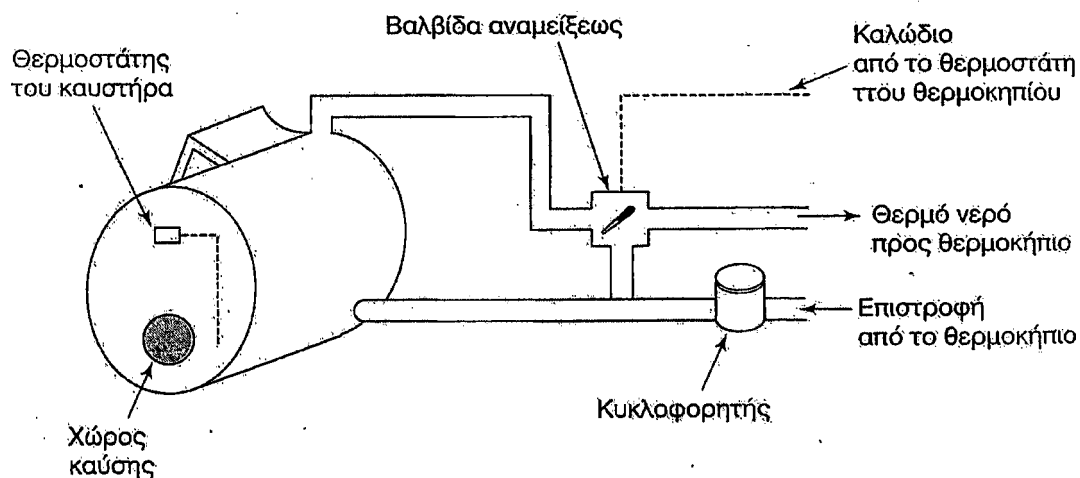
Ο θερμός αέρας στο θερμοκήπιο μαζεύεται ψηλά, όπου ψύχεται από την επαφή του με το κάλυμμα όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή, αυξάνει το ειδικό του βάρος και κατέρχεται χαμηλά στο χώρο των φυτών.

### **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 σωληνώσεις του θερμοκηπίου. Όταν δεν απαιτείται θερμότητα στο θερμοκήπιο (ελέγχεται με



θερμοστάτη), 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.



**Σχήμα 12.** Η κυκλοφορία του θερμού νερού στο λέβητα ρυθμίζεται από τη βαλβίδα αναμείξεως

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 καθορισμένο όριο (συνήθως 85°C ή 95°C).

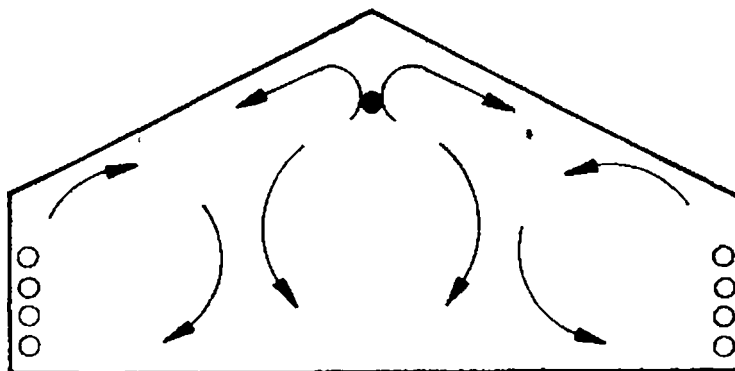
### Θέση των σωλήνων θέρμανσης

Οι γραμμές φύτευσης, των φυτών που αποκτούν σημαντικό ύψος, πρέπει να έχουν προσανατολισμό Βορρά – Νότου. Εάν έχουν προσανατολισμό Ανατολής – Δύσης, το ένα φυτό θα σκιάζει το άλλο, ιδιαίτερα το πρωί και το απόγευμα, όταν η ένταση του φωτισμού είναι μικρότερη.

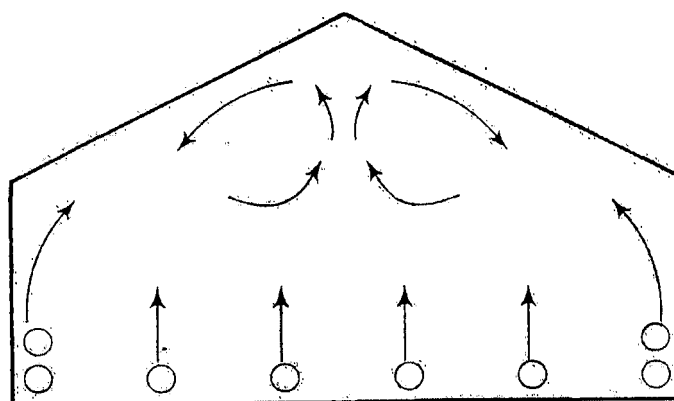
Οι σωλήνες θέρμανσης, για να μην εμποδίζουν την κυκλοφορία στο θερμοκήπιο, θα πρέπει να κατευθύνονται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών.

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.

Η θερμότητα χάνεται πιο γρήγορα στην περιφέρεια απ' ό,τι στο κέντρο του θερμοκηπίου, γι' αυτό, για να υπάρξει ομοιόμορφη θερμοκρασία στο χώρο του, θα πρέπει ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας να αποδίδεται στην περιφέρεια με την εγκατάσταση ικανού μήκους σωληνώσεων.



**Σχήμα 13.** Κυκλοφορία του αέρα σε θερμοκήπιο θερμαινόμενο με σωλήνες θερμού νερού κατά μήκος των πλευρών και με συμπληρωματικούς σωλήνες στο επάνω μέρος του κέντρου



**Σχήμα 14.** Θέρμανση με κατανομή μέρους των σωλήνων του θερμοκηπίου χαμηλά στο δάπεδο

## Ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας

Στο χώρο των θερμοκηπίων που θερμαίνονται με την κλασική διάταξη των σωληνώσεων θερμού νερού ή ατμού, δημιουργείται μια κάθετη μεταβολή της θερμοκρασίας, διότι ο ζεστός αέρας ανέρχεται. Η διαβάθμιση αυτής της θερμοκρασίας θεωρείται ότι είναι 1,5°C για κάθε μέτρο ύψους. Για να αποφευχθεί μια τέτοια στρωμάτωση, που δημιουργεί μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας στο θερμοκήπιο και δυσμενείς επιπτώσεις στη ανάπτυξη των φυτών, χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα ανεμιστήρες οροφής καθέτου λειτουργίας, που έσπρωχναν το θερμό αέρα της οροφής προς τα κάτω, στο χώρο των φυτών. Σήμερα είναι περισσότερο δημοφιλές το σύστημα που μετακινεί τον αέρα οριζόντια, δημιουργώντας έτσι ένα ελαφρό ρεύμα κίνησης του αέρα στο θερμοκήπιο. Ως ελάχιστη ταχύτητα κίνησης του αέρα στο θερμοκήπιο θεωρούνται τα 12 m/min, που προκαλούν μια μικρή κίνηση στα μακριά φύλλα της τομάτας. Το σύστημα οριζόντιας μετακίνησης του αέρα είναι σημαντικά οικονομικότερο από τα προηγούμενα.

Χρησιμοποιείται επίσης και το μικτό σύστημα απόδοσης θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου, όπου ένα μέρος της θερμότητας αποδίδεται με τις σωληνώσεις ζεστού νερού στην περιφέρεια του θερμοκηπίου και το υπόλοιπο με αερόθερμα ζεστού νερού που προκαλούν και ανάδευση του αέρα στο χώρο. Με το σύστημα αυτό δημιουργούνται πιο ομοιόμορφες συνθήκες μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου και περιορίζεται σημαντικά η συμπύκνωση υδρατμών επάνω στα φυτά.

## Εγκατάσταση

Κατά την εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα παρακάτω:

- Η μείωση του φυσικού φωτισμού που προκαλείται στο χώρο του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή.
- Ο χώρος που καταλαμβάνει το σύστημα θέρμανσης δεν θα πρέπει να είναι σε βάρος του χώρου καλλιέργειας.
- Η θέση όπου τοποθετείται δεν θα πρέπει να δυσχεραίνει τις καλλιεργητικές εργασίες ή την απόδοση εργασίας (εμπόδια στους διαδρόμους, υψηλός θόρυβος κ.λ.π).

- Μια πιθανή αύξηση της ταχύτητας του αέρα δεν θα πρέπει να προκαλεί τοπικούς κραδασμούς ή τοπικές αφυδατώσεις των φυτών.
- 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.
- 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.
- Το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να μειώνει αποτελεσματικά και τη συμπύκνωση υδρατμών επάνω στα φυτά.
- Θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλο σύστημα ελέγχου, ώστε το σύστημα θέρμανσης να αντιδρά γρήγορα στις μεταβολές των κλιματικών παραμέτρων.
- 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.
- Σημαντικό επίσης στοιχείο είναι η ασφάλεια και αξιοπιστία στη λειτουργία του, καθώς και το μικρό κόστος συντήρησης.

### **Συστήματα θέρμανσης με νερό χαμηλής θερμοκρασίας**

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

### **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. Συχνά η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού των σωλήνων που περνούν από το έδαφος χρησιμοποιείται και για την αύξηση της

σχετικής υγρασίας του χώρου. Για την αύξηση κατά 1°C της θερμοκρασίας του εδάφους, απαιτούνται περίπου 10 Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup> θερμότητας.

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.

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ

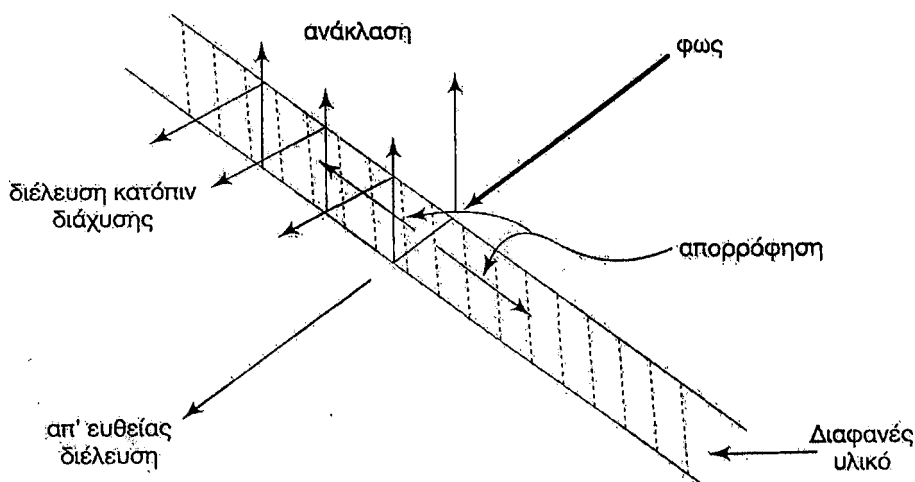
#### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

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 τον προσπίπτοντα σ' αυτό φωτισμό και να ευνοεί τη διάχυση του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο. Επί πλέον να επιτρέπει από το φυσικό φως 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. Ανακλασθεί πάνω στο υλικό
2. Απορροφηθεί από το υλικό
3. Διέλθει μέσα από το υλικό



Σχήμα 15. Περατότητα του διαφανούς υλικού στο φως

Όλα τα μήκη κύματος του φωτός δεν ανακλώντας 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 την επιφάνεια ακτινοβολία.

$$\text{ποσοστό διέλευσης \%} = \frac{\text{διερχόμενος φωτισμός}}{\text{προσβάλλον φωτισμός}} * 100$$

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 υάλου 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 κύματος 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 πίνακα 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 βράδυνες 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%.

**A. 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.



Υλικό (πριν τη χρη- σιμοποίησή του	Ποσοστό διέλευσης ακτινοβολίας %θ				
	Φ ω τ ε ι ν ή ς				θερμικής απλή κάλυψη
	Απλή κάλυψη		Διπλή κάλυψη		
	Απ' ευ- θείας φως	ολικό φως	απ' ευ- θείας	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. Ακρυλικό διπλού επίπεδου	-	63-83	-	-	-
10. Polycarbonate διπλού επιπέδου	-	73-77	-	-	-

**Πίνακας 2.** Περαιτότητα του μικρού μήκους κύματος και στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ορισμένων υλικών

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 περατότητάς του, της μηχανικής αντοχής του και τελικά την καταστροφή του. Οι ακτινοβολίες μεταξύ 0,30 και 0,35 μ είναι οι πλέον δραστικές για τα περισσότερα πολυμερή πλαστικά. Αυτό το μήκος κύματος (0,30-0,35 μ) 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 φώς
- Μηχανική αντοχή
- Θερμοπερατότητα
- Περαιτότητα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία
- Αντίσταση στα χτυπήματα από χαλάζι
- Μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευασθεί
- Ευαισθησία στη γήρανση
- Αντίσταση στο σκίσιμο
- Ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης
- Τρόπος συμπίκνωσης υγρασίας (σε σταγόνες ή σε μεμβράνη)
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (U.V. μέχρι 0,4 μ)
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες

## 5.2 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

*Τα πλεονεκτήματα των υαλοπινάκων είναι τα εξής:*

1. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του γυαλιού σαν υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου.
2. Το γυαλί είναι αδιαπέραστο στα αέρια και τους υδρατμούς.
3. Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις δυο του επιφάνειες επίπεδες και λείες, ή διαφώτιστος, με τη μια επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός.

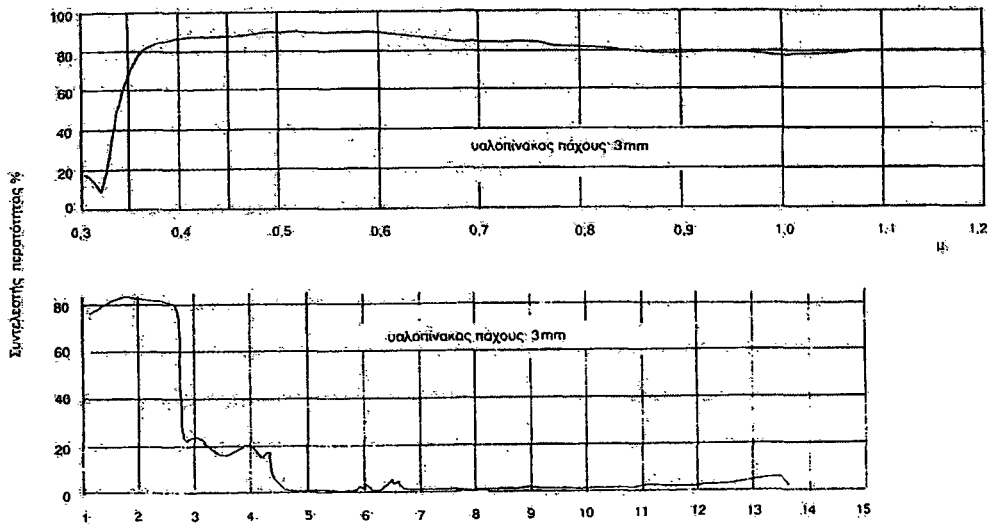
4. Με την πάροδο του χρόνου όμως στα άλλα υλικά μειώνεται η περατότητα του φωτός ενώ στους υαλοπίνακες παραμένει η ίδια και το θερμοκήπιο καθίσταται τελικά σημαντικά φωτεινότερο.
5. Ο διπλός υαλοπίνακας μειώνει το συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα περίπου στο ήμισυ, επειδή όμως συμμετέχει και ο σκελετός στην περατότητα του θερμοκηπίου, τελικά ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας μειώνεται περίπου κατά 40%.
6. Τέτοιου είδους υαλοπίνακες εξοικονομούν σημαντική ενέργεια τις κρύες, ξάστερες νύχτες.

*Τα μειονεκτήματα των υαλοπινάκων είναι τα εξής:*

1. 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.
2. Το απλό γυαλί καλυμμένο με μεταλλικό οξειδίο από την έξω πλευρά (Horti-plus) έχει μειωμένη εκπμπτικότητα στην ακτινοβολία και επομένως η ακτινοβολούμενη είναι λιγότερη. Η επικάλυψη αυτή του γυαλιού διαρκεί πολύ εφ' όσον έχει γίνει όταν ακόμα είναι θερμό κατά την κατασκευή του.
3. Μειονέκτημα επίσης είναι η μειωμένη περατότητά του στο ορατό φως.

### **Αντοχή Υλικού, χρόνος ζωής**

Ένας υαλοπίνακας θερμοκηπίου έχει πρακτικά την ίδια περατότητα στο φως μετά 43 χρόνια μ' ένα καινούργιο (Nelson P.,1981), πράγμα που δεν συμβαίνει με κανένα άλλο υλικό κάλυψης.



**Διάγραμμα 4.** Οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα

Η πιθανή μείωση της φωτεινότητας του γυαλιού οφείλεται στις ακαθαρσίες, που όμως είναι δυνατό να απομακρυνθούν.

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 μην συγκρατείται η σκόνη.

Το ειδικό βάρος του γυαλιού είναι  $2.5 \text{ g cm}^{-3}$ . 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 διέλευσης της 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 το δυνατόν μεγαλύτερων διαστάσεων υαλοπίνακες).

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 διαστάσεων τους, μπορεί να υπολογισθεί με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

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

όπου:

$t$  = το πάχος του υαλοπίνακα

$\delta$  = ο συντελεστής που εξαρτάται από τις διαστάσεις και τον τρόπο τοποθέτησης του υαλοπίνακα. Για τα τζάμια που είναι στερεωμένα από 4 μεριές βλέπε τον παρακάτω πίνακα 14. Όταν είναι στερεωμένα από 2 ή 3 μεριές, και  $1,8 \leq q/\beta \leq 3$ , τότε  $\delta = 0,133$

$q$  = η πίεση που ασκείται στο πραγματικό ύψος του θερμοκηπίου

$C_o + C_i$  = το άθροισμα των συνεργαζομένων συντελεστών στις λωρίδες που θα μελετηθούν, δηλαδή πίεση + υποπίεση, π.χ.  $C_p = 0,7$  και  $C_o = 0,2$ , οπότε  $(C_p + C_o) = 0,7 + 0,2 = 0,9$

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

$\gamma$  = ο παράγοντας επιβάρυνσης 2,00 για το κανονικό γυαλί και 4,00 για μαρτελέ

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

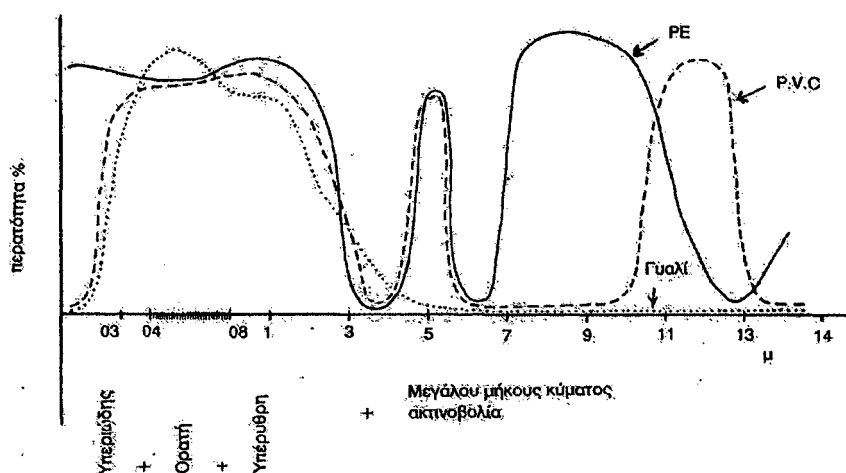
$F_g 04$  = η τιμή υπολογισμού της αντοχής του γυαλιού, που ισούται με 35 N/mm

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

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

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

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



**Διάγραμμα 5.** Συγκριτική περατότητα του πολυαιθυλενίου, P.V.C. και γυαλιού

α/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

**Πίνακας 3.** Συντελεστές δ για υαλοπίνακες που στηρίζονται και από τις τέσσερις μεριές και βρίσκονται κάτω από ένα ισομερώς κατανομημένο βάρος. Εξαρτάται από τη σχέση μήκος προς πλάτος σ/6 (Timoshenko, S.P.)

### 5.3 ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΦΥΛΛΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

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.

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.

Πλεονέκτημα των θερμοπλαστικών είναι ότι με τη θερμοκρασία χάνουν το σχήμα τους, αλλά όταν αφεθούν να κρυώσουν εξακολουθούν να έχουν τις ιδιότητες που είχαν και πριν (στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η θερμοσυγκόλληση).

Μειονέκτημα των θερμοσκληρών είναι ότι 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.

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, χωρίς ρικνώσεις ή σακκουλιάσματα.
- 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.

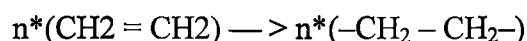
- Όταν η τοποθέτηση γίνεται σε ξύλινο ή μικτό σκελετό με κάρφωμα, το πλαστικό φύλλο να συγκρατείται στη θέση του από τον πήχη στερέωσης που το συμπιέζει στο σκελετό και όχι από αυτό τούτο το καρφί. Το καρφί προορίζεται να συγκρατεί σφιχτά τον πήχη με το σκελετό και όχι να συγκρατεί άμεσα το πλαστικό, γιατί αλλιώς το πλαστικό σχίζεται.

### 5.3.1 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.

*Τα πλεονεκτήματα του πολυαιθυλενίου είναι τα εξής:*

1. Το πολυαιθυλένιο στη συνήθη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας διατηρεί τις φυσικές του ιδιότητες.
2. Είναι αδιαπέραστο στο νερό και τους υδρατμούς.
3. Έχει καλή μηχανική αντοχή, η οποία βέβαια είναι συνάρτηση του πάχους. Φύλλο πάχους 0,10 – 0,15 mm έχει 1–2 φορές μεγαλύτερη αντοχή από αυτήν του γυαλιού, πάχους 3 mm.



4. Έχει καλή περατότητα στο φως, φύλλο πάχους 0,15 mm αφήνει να διέλθει το 87% του ορατού φωτισμού.
5. Φέρεται στο εμπόριο σε φύλλα μεγάλου πλάτους, με αποτέλεσμα την δυνατότητα κατασκευής στεγανών θερμοκηπίων, χωρίς μεγάλες διαρροές αέρα. Συνήθως κατασκευάζεται φύλλο πάχους από 20 έως 200 μικρά, σε διάφορα πλάτη μέχρι 11 m. Η χρηματική του αξία υπολογίζεται με το βάρος.
6. Είναι περατό σχεδόν σε όλα τα μήκη της μεγάλης μήκους κύματος θερμικής ακτινοβολίας. PE πάχους 0.075 mm έχει 76% περατότητα. Το γεγονός αυτό έχει συνέπεια τη γρήγορη ψύξη του θερμοκηπίου κατά τη νύχτα. Η συμπύκνωση όμως της υγρασίας επάνω του, περιορίζει τις απώλειες με ακτινοβολία.
7. Η σχετικά χαμηλή τιμή του υλικού και η ευκολία προσαρμογής του σε φθηνές κατασκευές, επιτρέπει τη δημιουργία θερμοκηπίων μικρού κόστους και εποχιακής χρησιμοποίησης.

*Τα μειονεκτήματα του πολυαιθυλενίου είναι τα εξής:*

1. Σε ακραίες 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.
2. 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.
3. Είναι σχετικά περατό στα αέρια, ιδιαίτερα στο CO<sub>2</sub> και στο O<sub>2</sub>.
4. 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.
5. 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.
6. Έχει μικρή διάρκεια ζωής, που αποτελεί και το κυριότερο μειονέκτημά του, γιατί η έντονη ακτινοβολία και η υψηλή θερμοκρασία το καταστρέφουν.
7. Ο χρόνος που απαιτείται για να καλυφθεί ένα θερμοκήπιο διαστάσεων 10 X 30 m με μεγάλου πλάτους φύλλο πολυαιθυλενίου, είναι περίπου 8 εργατοώρες. Η

εργασία αυτή είναι πολύ δύσκολη και γι' αυτό έχει μεγαλύτερο κόστος από μια συνηθισμένη εργασία.

### **Αντοχή Υλικού**

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

### **Χρόνος Ζωής**

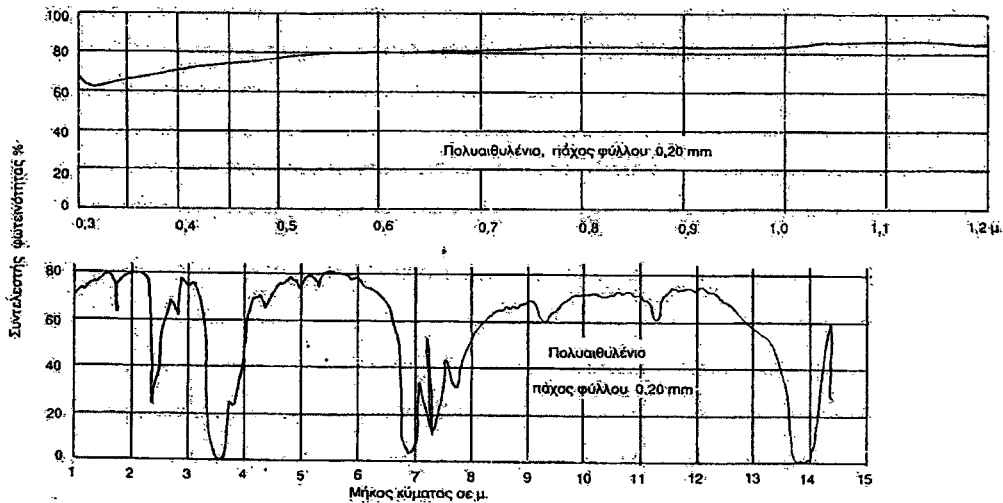
Η διάρκεια ζωής την οποία μπορούμε να αναμένουμε από το πολυαιθυλένιο όταν εγκαθίσταται στο θερμοκήπιο τον Οκτώβριο, είναι όπως στον παρακάτω πίνακα

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

**Πίνακας 4.** Διάρκεια φύλλου πολυαιθυλενίου (Dubois P., 1978)

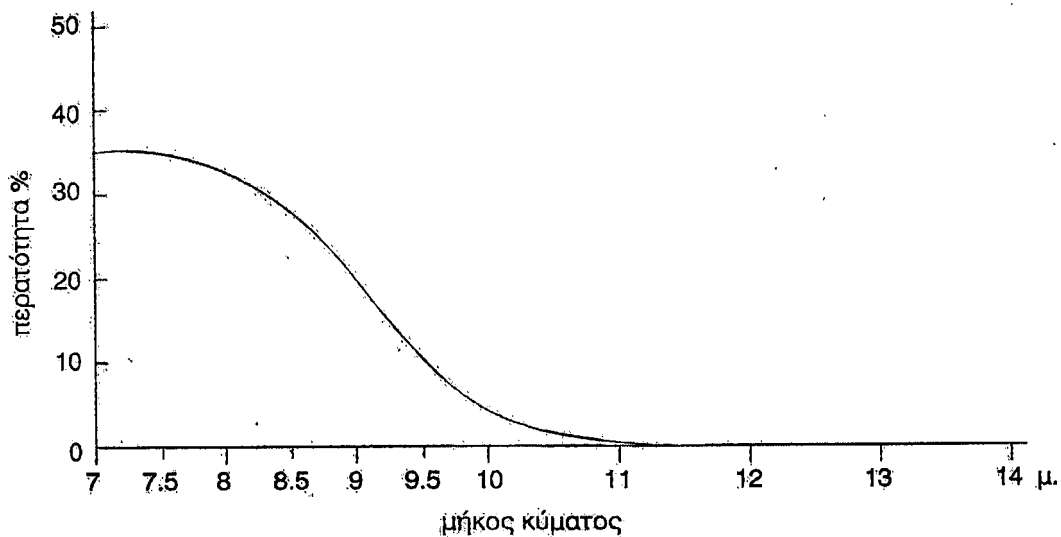
Έχει μικρή διάρκεια ζωής, που αποτελεί και το κυριότερο μειονέκτημά του, γιατί η έντονη ακτινοβολία και η υψηλή θερμοκρασία το καταστρέφουν.

Η υπερϊώδης ακτινοβολία καταστρέφει βαθμιαία το πλαστικό το κάνει σκουρότερο, εύθραυστο και τελικά το καταστρέφει εντελώς.



**Διάγραμμα 6.** Οπτικά χαρακτηριστικά πολυαιθυλενίου

Η συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου επιτυγχάνεται μόνο με θέρμανση και ταυτόχρονη συμπίεση, έτσι συγκολλάται μόνο με ειδικούς θερμοσυρραπτικούς μηχανισμούς.



**Διάγραμμα 7.** Η επίδραση της μεμβράνης του νερού στην ποσότητα του υλικού κάλυψης στη μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία

Διατίθεται και φύλλο πολυαιθυλενίου ενισχυμένο με ίνες πολυαμιδίου ή άλλες συνθετικές ίνες, όμως είναι μεγάλου κόστους (4-5 φορές του κανονικού) και δεν χρησιμοποιείται παρά μόνον ελάχιστα για κάλυψη θερμοκηπίου.



**Εικ. 14.** Τοποθέτηση πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου στην οροφή του θερμοκηπίου

Επειδή το πολυαιθυλένιο παρουσιάζει μια συστολή – διαστολή με τη μεταβολή της θερμοκρασίας (για μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ  $-10^{\circ}\text{C}$  και  $+40^{\circ}\text{C}$  μεταβάλλεται κατά 3–4% το μήκος του), καλό είναι η τοποθέτηση του φύλλου να γίνεται σε μια μέση θερμοκρασία  $25^{\circ}\text{C}$ , ώστε να μην προξενούνται σκισίματα στα σημεία στήριξης.

Για τη μείωση της περατότητας του PE στην μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία δημιουργήθηκαν ειδικά προϊόντα πολυαιθυλενίου όπως τα: Ethylene Vinyl Acetate (EVA), του οποίου η περατότητα σε μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε vinyl acetate (κυμαίνεται μεταξύ 4–13%) και θερμοφύλλο (PE-IR) που είναι φύλλο πολυαιθυλενίου με προσμίξεις διαφόρων αλάτων ή άλλων ενώσεων. Το θερμοφύλλο, πρέπει να αναφέρουμε ότι σε μερικές περιπτώσεις, ιδιαιτέρως ο τύπος που κατασκευάζονταν παλαιότερα, παρουσίαζε κάπως περιορισμένη περατότητα και στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, καθώς και κάπως μικρότερη μηχανική αντοχή. Προσπάθειες γίνονται 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.

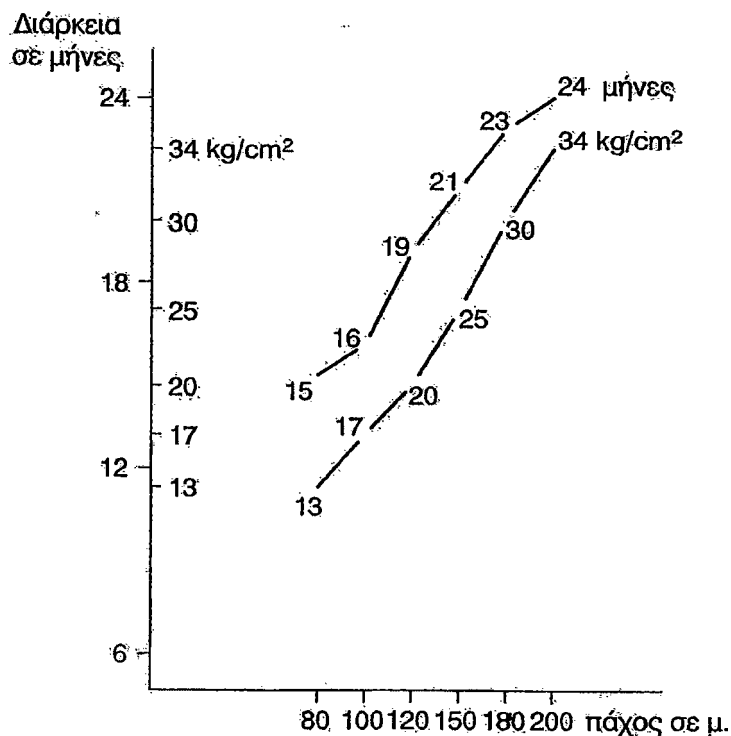
Το φύλλο πολυαιθυλενίου σήμερα διαμορφώνεται με τη μέθοδο της συνεξώθησης (coextruded), δηλαδή το πλαστικό φύλλο αποτελείται από δυο ή τρία επίπεδα ενωμένα, με δυνατότητα να έχει διαφορετικό μίγμα πολυαιθυλενίου το κάθε ένα. Έτσι το κάθε επίπεδο μπορεί να έχει διαφορετικές ιδιότητες ώστε το συνολικό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

Φυσικές ιδιότητες στους 25°	Πριν τη χρήση		Μετά τη χρήση	
	PE	P.V.C.	PE	P.V.C.
50% παραμόρφωση(kg/cm <sup>2</sup> )	86-90	62-73	91-95	64-75
100% « »	89-96	97-116	92-101	93-119
Πίεση εντατότητας(kg/cm <sup>2</sup> )	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

**Πίνακας 5.** Φυσικές ιδιότητες των πλαστικών φύλλων PE και PVC πριν και δυο μήνες μετά τη χρήση

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

**Πίνακας 6.** Περατότητα στο φως θερμοκηπίων με τον ίδιο σκελετικό ιστό, που είναι καλυμμένος με ναλοπίνακες ή πολυαιθυλένιο (Langhous R. 1985)



**Διάγραμμα 8.** Αντοχή του φύλλου πολυαιθυλενίου σε σχέση με το πάχος του

Όταν τοποθετείται διπλό φύλλο PE στο θερμοκήπιο, με απόσταση μεταξύ των φύλλων 100 mm, η περατότητα των δύο φύλλων είναι 62% στη διάχυτη ακτινοβολία και 77% στην άμεση. Η περατότητα συνολικά του θερμοκηπίου λαμβανομένου υπ' όψη και του σκελετού, είναι οπωσδήποτε πολύ 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.

### 5.3.2 Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

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



Στο P.V.C. που χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων μπαίνουν επίσης πρόσθετα που του προσδίδουν μεγαλύτερη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.

*Τα πλεονεκτήματα του πολυβινυλοχλωριδίου είναι τα εξής:*

1. Στο προοριζόμενο για γεωργικούς σκοπούς P.V.C. προστίθενται ουσίες, οι οποίες διευρύνουν τη ζώνη σταθερότητας του P.V.C. από + 60°C ως -20°C.
2. Είναι αδιαπέρατο στο νερό.
3. Η θερμοαγωγιμότητά του είναι μικρότερη του πολυαιθυλενίου,  $\lambda=0,17 \text{ Watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , με άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη θερμομόνωση του θερμοκηπίου.
4. Διαρκεί περισσότερο από το πολυαιθυλένιο. Δίδεται εγγύηση 4 και 5 χρόνων για επιφάνειες πάχους 0,2 mm και 0,3 mm αντίστοιχα, όταν έχουν σύνθεση ανθεκτική στις υπεριώδεις ακτινοβολίες.
5. Όταν είναι καινούργιο έχει πολύ καλή περατότητα στο φως, περίπου 90%.

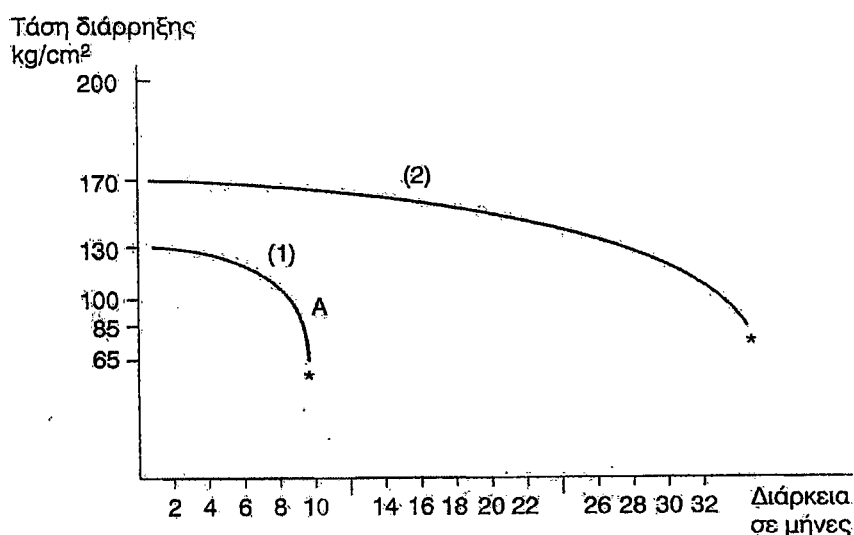
*Τα μειονεκτήματα του πολυβινυλοχλωριδίου είναι τα εξής:*

1. Σε θερμοκρασίες άνω των 50°C αλλοιώνεται, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες, γύρω στους -10°C, το P.V.C. γίνεται εύθραυστο
2. Είναι κατά κάποιον τρόπο περισσότερο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο, ενώ παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στο O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub>.
3. Είναι λιγότερο περατό στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία από το πολυαιθυλένιο. Η περατότητα είναι περίπου 12%.
4. Το κόστος του είναι περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερο από του πολυαιθυλενίου πάχους 0,15 mm.
5. Παράγεται σε φύλλα πλάτους 1,25 m ως 2,5 m 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.
6. Κράτα 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.
7. 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.

## Αντοχή Υλικού / Χρόνος Ζωής

Διαρκεί περισσότερο από το πολυαιθυλένιο. Δίδεται εγγύηση 4 και 5 χρόνων για επιφάνειες πάχους 0,2 mm και 0,3 mm αντίστοιχα, όταν έχουν σύνθεση ανθεκτική στις υπεριώδεις ακτινοβολίες.

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.



**Διάγραμμα 9.** Αντοχή απλού πολυαιθυλενίου (1) και πολυαιθυλενίου με σταθεροπ. (ASAE)

Τα οπτικά χαρακτηριστικά του P.V.C. παρουσιάζονται στον πίνακα 3 και το διάγραμμα 10. Οι φυσικές ιδιότητες παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

### 5.3.3 Πολυεστερικά φύλλα

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

*Τα πλεονεκτήματα των πολυεστερικών φύλλων είναι τα ακόλουθα:*



1. Τα πολυεστερικά φύλλα όπως αυτά με το εμπορικό όνομα mylar και melynex έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής.
2. 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.
3. Διατηρεί τη μεγάλη μηχανική αντοχή του στο χρόνο και τις πολύ καλές θερμικές ιδιότητες του, χωρίς να επηρεάζονται από την υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία.
4. Έχει σχετικά χαμηλό συντελεστή συστολής διαστολής.
5. Το λεπτό φύλλο πολυεστέρα καινούριο έχει περατότητα στο φως περίπου 91%.

*Τα μειονεκτήματα των πολυεστερικών φύλλων είναι τα ακόλουθα:*

1. Ο πολυεστέρας πάχους 0,05 mm έχει περατότητα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία 19 %.
2. 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 χρησιμοποίηση του στο θερμοκήπιο.

### **Αντοχή Υλικού**

Διατηρεί τη μεγάλη μηχανική αντοχή του στο χρόνο και τις πολύ καλές θερμικές ιδιότητες του, χωρίς να επηρεάζονται από την υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία.

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 χρησιμοποίηση του στο θερμοκήπιο.

### **Χρόνος Ζωής**

Για οροφή χρησιμοποιείται φύλλο πάχους 0,127 mm που έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 4 χρόνια, ενώ για τα κάθετα τοιχώματα 0,076 mm με διάρκεια ζωής 7 χρόνια.

Υλικό	Πάχος	Περατότητα στο φως	Περατότητα στη μεγάλου 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

**Πίνακας 7.** Μέση περατότητα στο άμεσο φως (μ.κ. 0,4–0,7 μ) και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας (μ.κ. 5–14 μ), διαφόρων συνθετικών υλικών, στην κάθετη προς την επιφάνεια τους ακτινοβολία.

## 5.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΣΚΛΗΡΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

### 5.4.1 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.

Τα πλεονεκτήματα των ενισχυμένων πολυεστέρων είναι τα εξής:

1. Προέρχονται από πολυεστέρα στον οποίο έχουν προστεθεί 20–34% ίνες γυαλιού με αποτέλεσμα αυξημένη τη μηχανική αντοχή και καλύτερη διάχυση του φωτός στο θερμοκήπιο.
2. 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 υάλου.
3. Το ειδικό βάρος του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι 1,3–1,6 g/ cm<sup>3</sup>. Είναι ελαφρότερο σημαντικά του τζαμιού.
4. Ο ενισχυμένος πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στις χαλαζοπτώσεις και στις περιπτώσεις βανδαλισμών.
5. Ο διαφανής έχει τη μεγαλύτερη περατότητα σε όλο το φάσμα του ορατού φωτός.
6. Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Γενικά η κατανάλωση ενέργειας το χειμώνα στο θερμοκήπιο είναι ίδια ή μικρότερη με αυτήν του θερμοκηπίου που είναι καλυμμένο με υαλοπίνακες.
7. Αντίθετα η απαίτηση για ψύξη το καλοκαίρι είναι μικρότερη στο θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα, γιατί έχει μικρότερη περατότητα στην κάθετη ακτινοβολία.

Τα μειονεκτήματα των ενισχυμένων πολυεστέρων είναι τα εξής:

1. Στο εμπόριο κυκλοφορούν επιφάνειες πλάτους 1,25 m και μήκους μέχρι 8 m, αρκετά εύκαμπτες, ώστε να προσαρμόζονται εύκολα σε κάθε σχήμα και σκελετό θερμοκηπίου. Μπορούν να καλυφθούν θερμοκήπια με πολύ ελαφρύ σκελετό στα οποία συνήθως χρησιμοποιείται κάλυψη πολυαιθυλενίου, αλλά και με βαρύ σκελετό που συνήθως προορίζονται να καλυφθούν με υαλοπίνακες. Στην πρώτη περίπτωση το κόστος του καλυμμένου θερμοκηπίου διαμορφώνεται

μεταξύ αυτού που καλύπτεται με πλαστικό φύλλο και αυτού που καλύπτεται με τζάμι. Στη δεύτερη, το κόστος είναι περίπου ίδιο ή μεγαλύτερο με αυτό που καλύπτεται με τζάμι.

2. Σημαντικό μειονέκτημά του είναι η διάβρωση που παθαίνει με το χρόνο στην εξωτερική του επιφάνεια, από σωματίδια άμμου που πέφτουν επάνω του (παρασυρμένα από τον αέρα) 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. Η βαφή γίνεται αφού προηγουμένως τριφτεί και καθαρισθεί καλά η επιφάνεια με σκληρή βούρτσα. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι, ενώ το υλικό που χρησιμοποιείται για βάψιμο είναι φθινό, η εργασία είναι δύσκολη και κοπιαστική.
3. 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.
4. Όταν ο ενισχυμένος πολυεστέρας περιέχει προστατευτικό για τις υπεριώδεις ακτίνες, μπορεί να διαρκέσει μέχρι 10 χρόνια με μια λογική μείωση της περατότητάς του σε φως και μέχρι και 25 χρόνια σε μηχανική αντοχή. Χωρίς προστατευτικό παρουσιάζει περίπου 3 χρόνια ικανοποιητική περατότητα και 5 χρόνια μηχανική αντοχή. Η εγγύηση που πρέπει να δίδεται για τον ενισχυμένο πολυεστέρα θερμοκηπίων πρέπει να αφορά τη μείωση της περατότητας του φωτός με την πάροδο του χρόνου και κατά δεύτερο λόγο τη μείωση της μηχανικής αντοχής.
5. Ο χρωματιστός πολυεστέρας έχει σημαντικά μειωμένη περατότητα σε όλο το φάσμα του ορατού φωτός.
6. Παρά το γεγονός ότι οι ίνες από υαλοβάμβακα είναι άκαυστες, τα άλλα δυο υλικά, πολυεστέρας και ακρυλικό είναι εύφλεκτα. Έτσι τα θερμοκήπια από ενισχυμένο πολυεστέρα κινδυνεύουν περισσότερο από φωτιά, απ' ό,τι τα υαλόφρακτα.

## Αντοχή Υλικού / Χρόνος Ζωής

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 υάλου.

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 περατότητάς του σε φως και μέχρι και 25 χρόνια σε μηχανική αντοχή. Χωρίς προστατευτικό παρουσιάζει περίπου 3 χρόνια ικανοποιητική περατότητα και 5 χρόνια μηχανική αντοχή. Η εγγύηση που πρέπει να δίδεται για τον ενισχυμένο πολυεστέρα θερμοκηπίων πρέπει να αφορά τη μείωση της περατότητας του φωτός με την πάροδο του χρόνου και κατά δεύτερο λόγο τη μείωση της μηχανικής αντοχής.

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.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας κυκλοφορεί στο εμπόριο σε διάφορα χρώματα. Για την κάλυψη των θερμοκηπίων χρησιμοποιείται ο διάφανος πολυεστέρας. Καμιά φορά ο χρωματιστός χρησιμοποιείται σε καλλιέργειες καλλωπιστικών φυτών που απαιτούν μικρή ένταση φωτισμού ή σε θερμοκήπια που χρησιμοποιούνται σαν εκθέσεις για πάληση φυτών.

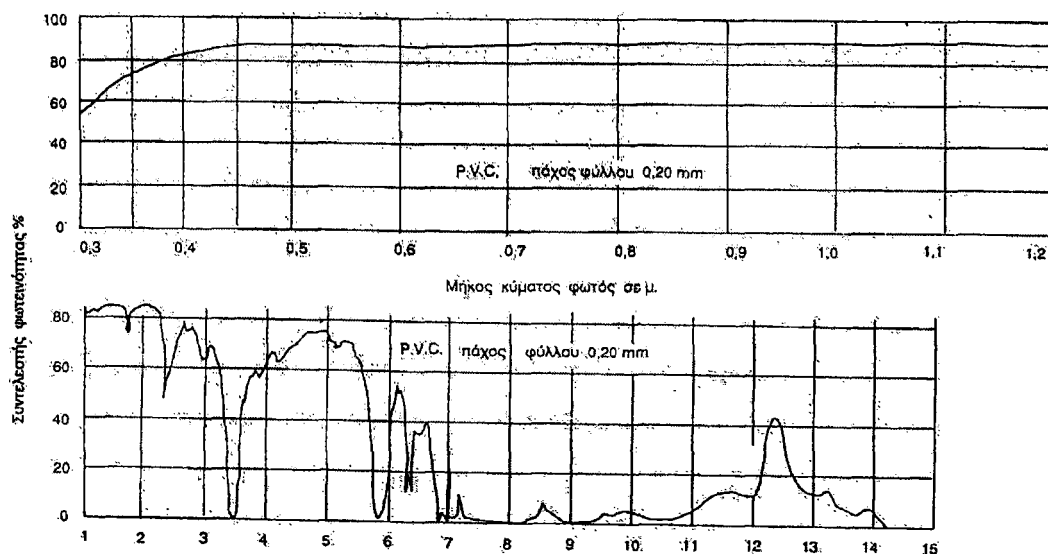
Για καλή στεγανότητα του θερμοκηπίου κατά την τοποθέτηση των ενισχυμένων πολυεστερικών επιφανειών, πρέπει να τοποθετείται ειδική πλαστική λωρίδα στα σημεία που αλληλοκαλύπτονται, καθώς και στις γωνίες. Η στερέωση των

επιφανειών στο σκελετό γίνεται με αλουμινόβιδες 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 (που όμως διαρκεί ελάχιστα), ή με ειδικής σύνθεσης υγρά. Στην αγορά κυκλοφορεί μια τέτοια σύνθεση με την ονομασία «Sun clear», που διαλύεται στο νερό και ψεκάζεται. Με την εξαφάνιση των σταγόνων βελτιώνεται και η περατότητα του φωτός την ημέρα.

Γενικά σε θερμοκήπια καλυμμένα με συνθετικά υλικά που είναι γενικά εύφλεκτα, θα πρέπει:

- Να μην χρησιμοποιείται φλόγα μέσα ή κοντά στα θερμοκήπια.
- Να μην αποθηκεύονται σ' αυτά εύφλεκτα υλικά.
- Να γίνει προστασία των εύφλεκτων σημείων που είναι επικίνδυνα, με αλουμινόφυλλο.



Διάγραμμα 10. Οπτικά χαρακτηριστικά του P.V.C.

#### 5.4.2 Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC)

Τα πλεονεκτήματα των πολυκαρβονικών επιφανειών είναι τα εξής:

1. Τα διπλά τοιχώματα χρησιμοποιούνται στην κάλυψη θερμοκηπίων με σκοπό τη μείωση των απωλειών θερμότητας.
2. 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.
3. Στην αγορά κυκλοφορεί σε πάχος από 4–15 mm, πλάτος 1,20 m και μήκος από 2–4 m ή περισσότερο με ειδική παραγγελία. Το βάρος επιφάνειας πάχους 4 mm είναι περίπου 0,98 Kg/m<sup>2</sup> και 16 mm 3,92 Kg/m<sup>2</sup>. Όταν αυτό το υλικό είναι καινούργιο, έχει περατότητα 73–77% (η μικρότερη τιμή αφορά τις παχύτερες επιφάνειες).

Τα μειονεκτήματα των πολυκαρβονικών επιφανειών είναι τα εξής:

1. Μειονέκτημά τους είναι η μείωση της περατότητάς τους στο φως με την πάροδο του χρόνου. Αποδεδειγμένα μετά από έκθεση 15 ετών στην υπεριώδη ακτινοβολία, οι πολυκαρβονικές επιφάνειες έχουν μια μείωση πάνω από 10% στην περατότητα του φωτός. Από τα πρώτα ήδη χρόνια παρουσιάζεται ένα κιτρίνισμα στο υλικό.
2. Το γεγονός ότι έχει μικρότερη τιμή περατότητας από το γυαλί, δεν σημαίνει ότι το θερμοκήπιο που καλύπτεται με πολυκαρβονική επιφάνεια έχει σημαντικά λιγότερο φωτισμό από το υαλόφρακτο θερμοκήπιο τα πρώτα χρόνια, διότι αυτό το υλικό καλύπτει ελαφρότερα θερμοκήπια με λιγότερα σκελετικά στοιχεία. Θεωρείται όμως ότι γίνεται σημαντικά λιγότερος ο φωτισμός με την πάροδο του χρόνου.
3. Σύνηθες φαινόμενο επίσης είναι μεταξύ των δυο επιφανειών να συμπυκνώνεται η υγρασία και να μειώνεται ακόμα περισσότερο η περατότητα στο φως. Για να αποφευχθεί αυτό, πρέπει να γίνεται πολύ καλό κλείσιμο περιμετρικά (με σιλικόνη κ.λ.π.) κατά τη διάρκεια ξηρού καιρού, ώστε να μην επικοινωνεί το εσωτερικό των δύο επιφανειών με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

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 διπλών τοιχωμάτων.

Οι επιφάνειες αυτές αποτελούνται από δυο επίπεδα που συγκρατούνται από εγκάρσιες λωρίδες.

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

Για να μειωθεί ο ρυθμός υποβάθμισής του, οι επιφάνειες μπορεί να βαφούν με ακρυλικό διαφανές, υλικό.

### 5.4.3 Ακρυλικές επιφάνειες

Προέρχονται από το polymethyl metacrylate (PMMA) και βρίσκονται στο εμπόριο με το όνομα Plexiglas, Perspex, Vedril και Mouch.

Τα πλεονεκτήματα των ακρυλικών επιφανειών είναι τα ακόλουθα:

1. Έχουν ένα πάρα πολύ καλό συντελεστή περατότητας στο φως. Η καλή περατότητα του υλικού αυτού διαρκεί πολύ. Πειράματα έχουν δείξει ότι σε 15 χρόνια η πτώση της περατότητάς τους στο φως είναι μόνο 2%, σε αντίθεση με τα άλλα συνθετικά υλικά που είναι πάρα πολύ μεγαλύτερα.
2. Έχει ειδικό βάρος  $1,18 \text{ g/cm}^3$ .
3. Παρουσιάζει υψηλή μηχανική αντοχή, πολύ μεγαλύτερη του γυαλιού.
4. Δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών – 70 και + 80 °C.
5. Δεν προσβάλλεται από τα διαλύματα οξέων και αρκετά συμπυκνωμένων βάσεων καθώς και από φυτικά και ορυκτά λάδια.
6. Η ακρυλική επιφάνεια παρουσιάζει κάποια ευκαμψία ώστε να μπορεί να καμφθεί ελαφρά κατά την τοποθέτηση.
7. Πρόσφατα κυκλοφόρησαν στο εμπόριο επιφάνειες, εσωτερικά καλυμμένες με μεμβράνη υδρόφιλη, η οποία επιτρέπει την ροή του συμπυκνώματος στην περιφέρεια.
8. Είναι ένα θαυμάσιο υλικό από πλευράς οπτικών ιδιοτήτων και θερμομόνωσης.

Τα μειονεκτήματα των ακρυλικών επιφανειών είναι τα ακόλουθα:

1. Έχει μικρό συντελεστή θερμοαγωγιμότητας,  $\lambda = 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .
2. Προσβάλλεται από πυκνά οξέα, από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, από αλδεΐδες, κετόνες και λοιπούς οργανικούς διαλύτες.



3. Επιφάνεια διπλών τοιχωμάτων συνολικού πάχους 16 mm παρουσιάζει μια μείωση στην περατότητα της διάχυτης ακτινοβολίας κατά 8–10 % σε σχέση με την απλή. Η αντοχή του στο χαλάζι είναι ίδια με αυτήν του υαλοπίνακα, 4 mm.
4. Έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος από αυτό του υαλοπίνακα.
5. Απαιτεί ειδικό τρόπο για να στερεωθεί στον σκελετό, διότι έχει υψηλό συντελεστή συστολής – διαστολής.
6. Η συμπύκνωση των υδρατμών στην επιφάνειά του γίνεται υπό μορφή σταγόνων οι οποίες μειώνουν την περατότητα στο φως κατά την διάρκεια της ημέρας.
7. Το κόστος του όμως είναι πολύ υψηλό, ώστε να μην μπορούμε να πούμε πως μπορεί το υλικό αυτό να βρει γενική χρήση στα θερμοκήπια.

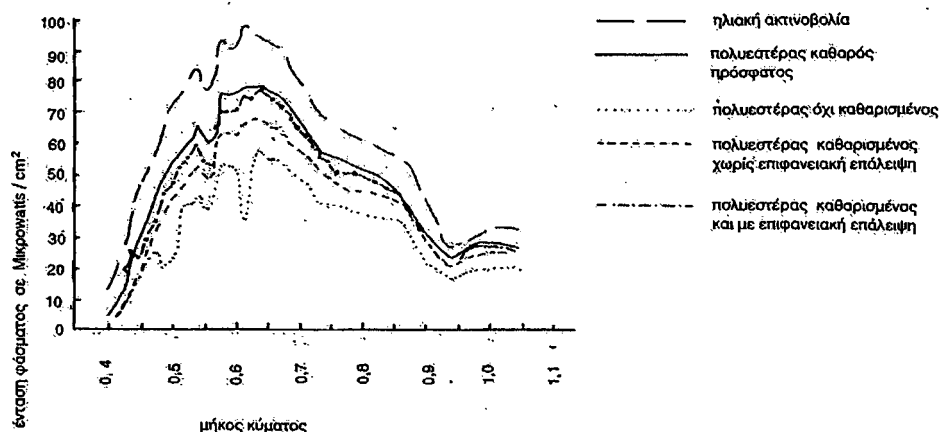
### Αντοχή Υλικού

Έχουν ένα πάρα πολύ καλό συντελεστή περατότητας στο φως. Η καλή περατότητα του υλικού αυτού διαρκεί πολύ. Πειράματα έχουν δείξει ότι σε 15 χρόνια η πτώση της περατότητάς τους στο φως είναι μόνο 2%, σε αντίθεση με τα άλλα συνθετικά υλικά που είναι πάρα πολύ μεγαλύτερα.

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

Υπάρχει τύπος υλικού ο οποίος μεταβιβάζει την U.V. ακτινοβολία και άλλος τύπος ο οποίος την απορροφά.

Η διάρκεια αντοχής στο χρόνο είναι συγκρίσιμη με εκείνη του υαλοπίνακα.

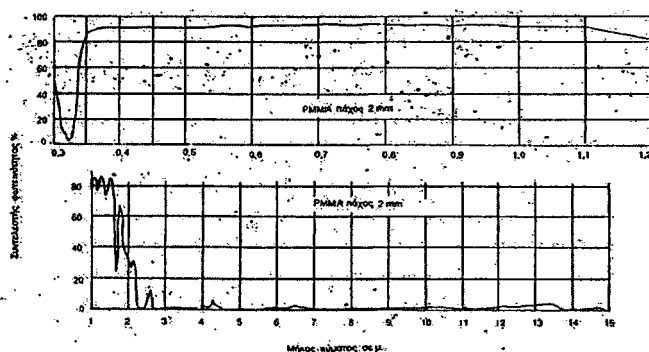


Διάγραμμα 11. Περατότητα του πολυεστέρα στα διάφορα μήκη κύματος

Η στερέωση γίνεται μέσω ειδικής μαστίχης ή λαστιχο-φλαντζας, η οποία επιτρέπει σχετική κίνηση.

Το βάρος επιφάνειας διπλού τοιχώματος πάχους 16 mm είναι 4,91 Kg/m<sup>2</sup>.

Η χρήση σιλκόνης που έχει οργανικό οξύ ή άλλων οργανικών διαλυτών πρέπει να αποφεύγεται σ' αυτό το υλικό.



**Διάγραμμα 12.** Οπτικά χαρακτηριστικά του PMMA (Ακρυλικό)

Υλικό	Πάχος mm	Περατότητα άμεσο αρχή	Περατότητα στο Στήν διάχυτο χρόνια	Περατότητα στο Μετά 10 W/m <sup>2</sup> °C	Τιμή K
PPMA	16	84%	83%	75%ο	2,7
PMMA	32	78%	77%	65%	1,9
PC (Qualex)	4-10	74-77%	63-72%	65-68%	3,0-3,9
PVC	30	70%	64%	55%	2,5

**Πίνακας 8.** Φωτεινή περατότητα και θερμομόνωση σκληρών πλαστικών διπλής επιφάνειας

#### 5.4.4 Σκληρό Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Πλεονέκτημα του σκληρού πολυβινυλοχλωριδίου είναι ότι μερικά από αυτά καλύπτονται με 5ετή ή και μεγαλύτερης διάρκειας εγγύηση ικανοποιητικών ιδιοτήτων.

Τα μειονεκτήματα του σκληρού πολυβινυλοχλωριδίου είναι τα εξής:

1. Αργότερα δεν χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση, γιατί στην πράξη φάνηκε ότι ήταν πολύ μικρός ο χρόνος κατά τον οποίο διατηρούσε ικανοποιητικά τις ιδιότητές του 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 τοποθέτησή του είναι πιο δύσκολη.
2. Το σκληρό P.V.C. αποδομείται σχετικά γρήγορα από την υπεριώδη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα, αρχικά να σκουραίνει και να μειώνεται η περατότητά του φωτός, ενώ αργότερα να γίνεται πιο εύθραυστο. Στα σημεία που έρχεται σ' επαφή με το σκελετό του θερμοκηπίου υποβαθμίζεται γρηγορότερα και η μηχανική αντοχή του.

### **Αντοχή Υλικού / Χρόνος Ζωής**

Αργότερα δεν χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση, γιατί στην πράξη φάνηκε ότι ήταν πολύ μικρός ο χρόνος κατά τον οποίο διατηρούσε ικανοποιητικά τις ιδιότητές του 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 τοποθέτησή του είναι πιο δύσκολη.

Μερικά από αυτά καλύπτονται με 5ετή ή και μεγαλύτερης διάρκειας εγγύηση ικανοποιητικών ιδιοτήτων.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν επιφάνειες από σκληρό διαφανές P.V.C. σαν φθινό υλικό για την κάλυψη των θερμοκηπίων, επειδή είχε χαμηλό κόστος (40% – 60% του fiberglass).

Τα ερευνητικά αποτελέσματα και η πείρα έχουν δείξει ότι η περατότητα του P.V.C. στο φως εξαρτάται πολύ από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τη σύνθεσή του και από τα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του, γι' αυτό η ποιότητα ποικίλει πολύ μεταξύ των διαφόρων προϊόντων που διατίθενται στο εμπόριο.

## **5.5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΦΩΣ**

Τα υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Τα υλικά αυτά προέρχονται από τα συνήθη πλαστικά φύλλα, με τη διαφορά ότι με διάφορα πρόσθετα γίνεται αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους, λ.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.
2. Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου, παρατηρήθηκε η απουσία ορισμένων εντόμων από το χώρο του θερμοκηπίου,

Μειονέκτημά τους είναι ότι με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου η μείωση του φωτοσυνθετικά ενεργού φωτός ήταν σημαντική.

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

## **5.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ**

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

1. Το αρχικό κόστος αγοράς.
2. Η διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του.
3. Η απαιτούμενη συντήρηση και επισκευή.

Η διάρκεια ζωής δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιορισθεί, 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 θραυσμένων υαλοπινάκων και τον καθαρισμό τους για την απομάκρυνση των βαφών σκιάσεως ενδεχομένως ή άλλων 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 6<sup>ο</sup>

### ΥΛΙΚΑ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Ο σκελετός του θερμοκηπίου μπορεί να κατασκευασθεί 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.

#### 6.1 ΞΥΛΟ

Το ξύλο ως υλικό κατασκευής παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Έχει σχετικά μικρό κόστος,
2. Δεν δημιουργεί σημαντικές φθορές στο πλαστικό, γιατί δεν υπερθερμαίνεται όπως το μέταλλο,
3. Αρκεί ένας απλός εξοπλισμός για την επεξεργασία του κι έτσι μπορεί ο ίδιος ο καλλιεργητής να κατασκευάσει ένα φθινό θερμοκήπιο.
4. Οι επιτρεπόμενες τάσεις στους υπολογισμούς αντοχής του ξύλινου σκελετού του θερμοκηπίου στις αμερικανικές προδιαγραφές είναι συνήθως σε τιμή 50% ανώτερες από αυτές που επιτρέπεται για άλλες κατασκευές.

Έχει όμως και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως είναι:

1. Το ξύλο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή θερμοκηπίων με μικρό ελεύθερο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας (κάτω από 6 m), λόγω της μικρότερης μηχανικής αντοχής του έναντι των άλλων δύο υλικών.
2. Η μικρότερη μηχανική αντοχή του σε σχέση με το μέταλλο,
3. Η μεταβολή του σχήματος του από την εναλλασσόμενη υγραση και ξήρανση (στρέβλωση),
4. Εύκολη προσβολή από βιολογικούς εχθρούς, όπως έντομα, μύκητες και βακτήρια.

5. Απαιτεί μεγαλύτερες διατομές ξύλου ή περισσότερα στοιχεία για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται θερμοκήπια με περισσότερη σκίαση στο χώρο τους.

### **Χρόνος Ζωής**

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

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.

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 ιδιότητας 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 γι' αυτή την εργασία.

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

#### **6.1.1 Μαύρη Πεύκη (*Pinus sylvestris*)**

Πλεονεκτήματα της μαύρης πεύκης είναι:

1. Είναι ανθεκτικό στις μικροβιακές προσβολές, ανθεκτικό στα φορτία και ελαστικό. Επί πλέον το ξύλο αυτό είναι εύκολης κατεργασίας και καρφώνεται εύκολα.
2. Χρησιμοποιείται για όλα τα μέρη του σκελετού.

## **Χρόνος Ζωής**

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

Πρόκειται για ξύλο που χρησιμοποιείται πολύ στην κατασκευή θερμοκηπίων.

### **6.1.2 Ψευδοτσούγια (*Pseudotsuga taxifolia*)**

Έχει το πλεονέκτημα ότι δεν φέρει ρόζους ακόμα και σε μεγάλα μήκη και πλάτη. Παρουσιάζει τις ίδιες καλές ιδιότητες όπως και η πεύκη.

Μειονεκτεί όμως στο ότι σχίζεται εύκολα κατά το κάρφωμα και είναι δύσκολος ο εμποτισμός του με συντηρητικά.

Δεν φύτεται σε αξιόλογες ποσότητες στην Ελλάδα, συχνά όμως εισάγεται τέτοια ξυλεία.

### **6.1.3 Τούγια (*Thuja plicata*)**

Πλεονέκτημα της τούγιας είναι ότι είναι πολύ ανθεκτικό στις σήψεις.

Μειονεκτεί όμως στα εξής:

1. Έχει μικρότερη μηχανική αντοχή από τα δυο προηγούμενα.
2. Είναι μεγαλύτερου κόστους από τα προηγούμενα, γεγονός που αν συνδυασθεί 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.
3. Το ξύλο της τούγιας σχίζεται εύκολα και απαιτεί καρφιά από ανοξείδωτο χάλυβα ή μπρούντζο, γιατί αλλιώς οξειδώνονται.

Πρόκειται για ελαφρό και μαλακό ξύλο. Δεν συναντάται σαν δασικό δένδρο στην Ελλάδα.



#### **6.1.4 Ερυθρελάτη (*Picea escelsa*)**

Τα πλεονεκτήματα της ερυθρελάτης είναι τα εξής:

1. Πρόκειται για ξύλο εύκολης κατεργασίας.
2. Δεν συνιστάται για θερμοκήπια, αν και συχνά χρησιμοποιείται επειδή έχει μικρό κόστος.

Μειονεκτεί όμως στο ότι πρόκειται για ξύλο μικρής αντοχής.

#### **Αντοχή Υλικού**

Πρόκειται για ξύλο μικρής αντοχής.

#### **6.1.5 Γενικές παρατηρήσεις για το ξύλο:**

Σαν πλεονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί ότι συνήθως τα κωνοφόρα είναι ανθεκτικότερα από τα πλατύφυλλα, γιατί περιέχουν λιγότερες ημικυτταρίνες.

#### **Αντοχή Υλικού**

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.

#### **Χρόνος Ζωής**

Το σομό 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

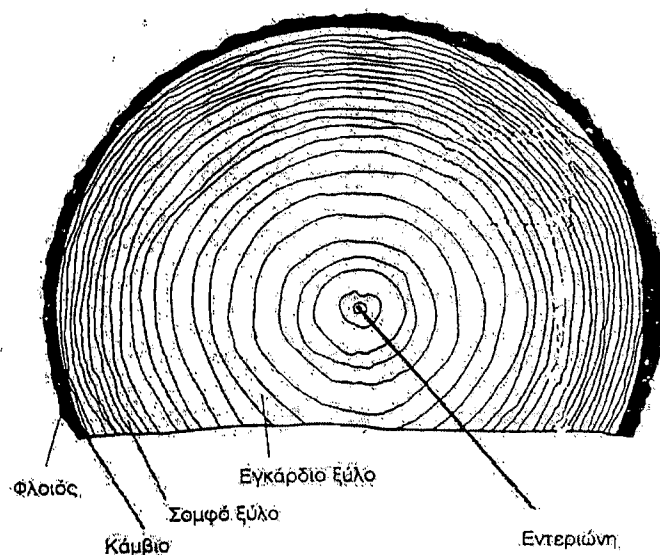
Λεύκη μαύρη	< 5	χρόνια
Απόδισκος Δρυς (Q.Sessiliflora)	15–25	»
Ευθύφυλλος Δρυς (Q. Cerris)	10–15	»
Καστανιά	15–25	»
Οξύα	< 5	»
Iroko	< 25	»
Teak	< 25	»

## B. Κωνοφόρα

Ελάτη	5–10	χρόνια
Πεύκη radiata	5–10	»
» Μαύρη	5–10	»
» Δασική	5–10	»
» Maritima	10–15	»
Ερυθρελάτη	5–10	»

Το ξύλο αποτελείται από διάφορους κυτταρικούς ιστούς. Η διάταξη των κυττάρων των διαφόρων ξύλων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το είδος του δένδρου. Τα διάφορα κωνοφόρα δένδρα έχουν απλή δομή, ενώ τα πλατύφυλλα περίπλοκη δομή.

Τα κυριότερα τμήματα ενός κορμού δένδρου (Εικ. 32) από έξω προς το κέντρο, είναι:



**Εικόνα 15.** Τα κυριότερα τμήματα του κορμού ενός δένδρου

Το σομφό ξύλο είναι το εξωτερικό τμήμα του ξύλου, είναι ανοιχτόχρωμο και αποτελείται από ζωντανά, 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.

Οι παράγοντες που προκαλούν καταστροφή στο ξύλο, διακρίνονται σε:

- |               |                           |
|---------------|---------------------------|
| 1. Βιολογικοί | 2. Φυσικοχημικοί          |
| α) Βακτήρια   | α) Υγρασία                |
| β) Μύκητες    | β) Ακτινοβολία            |
| γ) Έντομα     | γ) Θερμοκρασία            |
| δ) Ακάρεα     | δ) Μηχανικές καταπονήσεις |
|               | ε) Χημικές επιδράσεις     |

Εκτός των περιπτώσεων των ξύλων με πολύ καλή φυσική αντοχή, όπως η καστανιά, η τούγια κ.λ.π., 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 ξήρανσή 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 γι' 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 ακαρέων. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

1. *Anobium punctatum*, κοινώς σαράκι ή ξυλοφάγο έντομο επίπλων.
2. *Lyctus brunneus*, κοινώς σαράκι των 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 κ.λ.π.

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 Χ ή ακτίνες Γ,
7. επεμβάσεις στο γενετικό τους κύκλο, με ακτινοβολίες στειρώσεως, 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 φόρτίσή του. Η αντοχή του ξύλου στις χημικές ουσίες όπως λιπάσματα κ.λ.π., εξαρτάται από το είδος του ξύλου και από την πυκνότητα του χημικού διαλύματος. Η επίδραση των χημικών ουσιών έχει αποτέλεσμα τη μείωση της μηχανικής αντοχής του. Η προστασία γίνεται με κάλυψη της επιφάνειας του με ανθεκτικές ουσίες, όπως ρητίνες, άσφαλτο, κ.ά.

Για την προστασία του ξύλου γενικά, 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 υπερϊόδους ακτινοβολίας ή άλλων φυσικοχημικών παραγόντων. Οι εμποτιστικές ουσίες (που συνήθως εφαρμόζονται στο ξύλο του θερμοκηπίου γιατί παρέχουν οικονομικότερη προστασία) 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 επιμηκώνεται 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, ψεκασμός, εμβάπτιση κ.λ.π., 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 η 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 συντηρητικού.

Θεωρείται ότι ο εμποτισμός είναι ικανοποιητικός, αν έχει συγκρατηθεί 8–10 kg/m<sup>3</sup> διαλύματος.

Γενικά, για τη συντήρηση του ξύλου πρέπει να αποφεύγονται τα χρώματα που περιέχουν υδράργυρο, γιατί δρουν 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 εμβάπτισθεί ή να βαφεί, καθώς και τα copper chromate acid, chromated chloride, chromated copper arsenate (chemonite). Το fluorochrome arsenate phenol (Tabtalith, Wolman Salt, Osmonalt) παρ' όλο που δεν έχει ατμούς, διαλύεται στο νερό. Αυτό

έχει ως πιθανή συνέπεια όταν περάσει νερό πάνω από το ξύλο και στάξει στα φυτά, την πρόκληση εγκαυμάτων.

Η επιλογή του ξύλου θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά, ώστε να μην φέρουν σχισμές, μεγάλους ρόζους, κενά κ.λ.π. Η επιλογή αυτή 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 συντήρησης του, η δυσκολία στην κατασκευή εξαερισμού οροφής, καθώς και η περιορισμένη διάρκεια ζωής του, έχουν στρέψει την προσοχή των κατασκευαστών περισσότερο στην μεταλλική προκατασκευή.

## 6.2 ΧΑΛΥΒΑΣ

Πλεονέκτημα του χάλυβα είναι ότι λόγω της υψηλής αντοχής του, απαιτεί σχετικά μικρές διατομές για δεδομένο φορτίο.

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

### Αντοχή Υλικού

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

Ο χάλυβας σε σωλήνα ή σε διατομές διαφόρων σχημάτων C, E, Γ, T, H κ.λ.π., 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 τον χάλυβα που χρησιμοποιείται στα θερμοκήπια είναι συνήθως 200 N/mm.

Στα ναλόφρακτα θερμοκήπια οι διαμορφωμένες με κάμψη (στραντζαρισμένες) – ανοιχτές διατομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκελετού, πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 2 mm, ώστε να παρέχεται ικανοποιητική ακαμψία.

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

### 6.2.1 Γαλβάνισμα

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

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

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

### Χρόνος Ζωής

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.

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

Για θερμοκήπια B κατηγορίας (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  $350\text{--}450\text{ gr/m}^2$  και στις δυο πλευρές. Τα υπόλοιπα μπορεί να έχουν γαλβάνισμα τύπου Sherardizing, με πάχος γαλβανίσματος βάρους  $275\text{ gr/m}^2$  και από τις δυο πλευρές.

Για θερμοκήπια Γ κατηγορίας (διάρκεια οικονομικής ζωής 5 χρόνια) τα σκελετικά στοιχεία μπορεί να έχουν και ψυχρό γαλβάνισμα, τα στοιχεία που βρέχονται η αυτά που έρχονται σ' επαφή με το έδαφος μπορεί να έχουν γαλβάνισμα τύπου Sherardizing με πάχος γαλβανίσματος βάρους  $278\text{ g/m}^2$  και στις δυο πλευρές. Τα υπόλοιπα μπορεί να έχουν γαλβάνισμα τύπου Sherardizing, με πάχος γαλβανίσματος βάρους  $200\text{ gr/m}^2$  και στις δυο πλευρές.

Γαλβάνισμα είναι η επιψευδαργύρωση χαλύβδινων ή χυτοσιδήρων 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.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι γαλβανίσματος

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 Ζη 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 κραματοποίηση σιδήρου – ψευδαργύρου, με αποτέλεσμα να υπάρχει κατά κανόνα πολύ ισχυρή συνάφεια της χαλύβδινης επιφάνειας και του ψευδαργύρου.

Η διαδικασία θερμού γαλβανίσματος στις χαλύβδινες επιφάνειες είναι:

- α) 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.
- β) Πολύ καλός καθαρισμός των συγκολλήσεων από τις πάστες της ηλεκτροσυγκολλήσεως.
- γ) 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.
- δ) Απολίπανση με καυστικά υγρά (NaOH ή άλλα λιγότερο ανθυγιεινά), ώστε να καθαριστεί από λάδια, γράσα κ.λ.π.
- ε) Ξέπλυμα με νερό, για να απομακρυνθεί εντελώς το καυστικό υγρό, ώστε να μην εξουδετερώσει το επόμενο διάλυμα,
- στ) Αποξειδωση 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.
- ζ) Ξέπλυμα με νερό για την απομάκρυνση του οξέως και του τρισθενούς σιδήρου (Fe<sup>+++</sup>) που δημιουργήσε το οξύ.
- η) Εμβάπτιση σε διάλυμα εναμμωνίου χλωριούχου ψευδαργύρου (ZnCl<sub>2</sub>·2NH<sub>4</sub>Cl), (PH 4–4,5). Το υλικό αυτό δρα σαν 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.
- θ) Στέγνωμα της βρεγμένης επιφάνειας του αντικειμένου, γιατί η εμβάπτιση του βρεγμένου αντικειμένου δημιουργεί εκρήξεις.
- ι) Εμβάπτιση στο μπάνιο με το λιωμένο Ζη, καθαρότητας τουλάχιστον 98,5%. Το σημείο τήξεως του Ζη είναι 420°C και το ειδικό του βάρος =7g/cm<sup>3</sup>. Η θερμοκρασία που γίνεται το γαλβάνισμα είναι πάνω από 450°C και συνήθως μέχρι 460°C.
- κ) Φυγοκέντριση των μικρών αντικειμένων (βίδες κ.λ.π.) για να φύγει η επιπλέον ποσότητα ψευδαργύρου.
- λ) Ψύξη του αντικειμένου στον αέρα ή 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  $FeZn_3$  με περιεκτικότητα ψευδαργύρου 70–80%
3. Στρώμα που αποτελείται από κράματα  $FeZn_7$  και  $FeZn_{10}$
4. Στρώμα που αποτελείται από κράμα  $FeZn_{13}$  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 επιφάνειας τους, διότι αυτό εξαρτάται κυρίως από τις συνθήκες ψύξης του και όχι τις συνθήκες καλής κραματοποίησης. Στοιχεία που καθορίζουν την ποιότητα του γαλβανίσματος είναι (Φίλιππος Κ. 1988):

- α) Το μέσο πάχος του γαλβανίσματος που εξαρτάται κυρίως: 1) από το πάχος του ελάσματος του γαλβανισμένου αντικειμένου, 2) 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 τον χάλυβα και απολεπίζεται, 3) τη μορφή της επιφάνειας, όσο πιο λεία τόσο πιο λεπτό πάχος, 4) την περιεκτικότητα του Zn σε Al. (με περιεκτικότητα πάνω από 0,01% μειώνεται το πάχος και αυξάνει η στιλπνότητα).
- β) Η ομοιομορφία του στρώματος που εξαρτάται από την ομοιομορφία της επιφάνειας, πάχος, άλλο υλικό κλπ., καθώς και από την ομοιομορφία της προετοιμασίας.
- γ) Η παρουσία αγαλβάνιστων τμημάτων, που προέρχεται από την παρουσία στην επιφάνεια χρωμάτων, πάστας συγκόλλησης και γενικά κακή προετοιμασία του αντικειμένου για το γαλβάνισμα.
- δ) Το στρώμα του γαλβανίσματος που πρέπει να έχει ικανοποιητική πρόσφυση και να μην απολεπίζεται με την κάμψη του μετάλλου.
- ε) 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,

**στ)** 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 πέζεται 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, δι' εμβάπτισέως του σε διάλυμα χλωριούχου αντιμονίου και υδροχλωρικού οξέως. 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 3 mm, όπως συμβαίνει συνήθως, βάση των προδιαγραφών θα πρέπει να γαλβανίζεται θερμικά ή να τυχαίνει ισοδύναμης προστασίας. Μετά το γαλβάνισμα το βάρος του ψευδαργύρου που πρέπει να φέρει, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$w = t \cdot c$$

όπου:  $w$  = το βάρος ψευδαργύρου σε g/m

$t$  = ο προβλεπόμενος χρόνος ζωής σε χρόνια

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

Στη πρόταση του σχεδίου των ευρωπαϊκών προδιαγραφών για το θερμοκήπιο, προτείνεται ως ελάχιστη προστασία στη διάβρωση κατά κατηγορία θερμοκηπίων ως εξής:

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 κ.λ.π.

### 6.3 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

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

1. Είναι ανθεκτικό στην επιφανειακή διάβρωση και δεν έχει ανάγκη σχεδόν καθόλου συντήρησης.
2. 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.
3. Τα διάφορα στοιχεία, επειδή διαμορφώνονται με εξώθηση, μπορούν να κατασκευασθούν σε πολύπλοκες διατομές, ικανές να δώσουν καλή στεγανότητα και αποκομιδή του νερού της συμπύκνωσης.
4. Προσφέρεται πολύ για την κατασκευή των ανοιγμάτων εξαερισμού, γιατί δίνει ελαφρότερα πλαίσια που δεν δημιουργούν προβλήματα λειτουργίας.
5. Το αλουμίνιο, ιδιαίτερα το ανοδιωμένο, δεν διαβρώνεται από την ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου και δεν απαιτεί βαφή.

Τα μειονεκτήματα του αλουμινίου είναι τα ακόλουθα:

1. 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.
2. Λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda = 233 \text{ Watt/m.}^\circ\text{C}$ ), 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.

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.

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

Στην κατασκευή των λεπτών στοιχείων του σκελετού, του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται ειδικές διατομές αλουμινίου. 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  $100 \text{ N/mm}^2$ , 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).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ»

Το έβδομο κεφάλαιο της μελέτης παρουσιάζει μία οικονομική αξιολόγηση των υλικών κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων με βάση τα δεδομένα που μας δόθηκαν από κάποιες εταιρείες, οι οποίες δραστηριοποιούνται πάνω στον τομέα της κατασκευής θερμοκηπίων.

#### 7.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Προκειμένου να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη γύρω από τα υλικά κάλυψης και σκελετού των θερμοκηπίων κρίθηκε αναγκαίο να προβούμε σε μια έρευνα (τηλεφωνική επικοινωνία με κάποιες εταιρείες) προκειμένου να συλλέξουμε στοιχεία για τις τάσεις στην αγορά υλικών κάλυψης και σκελετού θερμοκηπίων, αλλά και του κόστους αυτών.

Οι εταιρείες που κλήθηκαν να απαντήσουν ήταν οι εξής:

- ΠΡΟΚΑΤ. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε. ΣΗΦΗΣ ΜΟΛΥΜΠΙΑΚΗΣ
- ΑΣΚΟΜΕΤ ΑΣΚΟΞΥΛΑΚΗΣ Α.Ε. ΑΦΟΙ
- ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ Α.Ε. (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ)
- Α. ΜΕΙΝΤΑΝΗΣ ΕΠΕ.
- ΑΝΤΩΝΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
- STE
- ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΚΡΗΤΗΣ
- ΣΤΑΥΡΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

Η συνέντευξη έγινε με τους υπεύθυνους των εταιρειών τηλεφωνικά και τους ζητήθηκε να απαντήσουν στις εξής ερωτήσεις:

- Ποια υλικά κάλυψης θερμοκηπίων χρησιμοποιεί η εταιρεία σας;
- Ποια υλικά σκελετού θερμοκηπίων χρησιμοποιεί η εταιρεία σας;

- Ποιο είναι το κόστος κατασκευής ενός θερμοκηπίου επιφάνειας 1 στρέμματος ανάλογα με το υλικό κάλυψης και το υλικό σκελετού το οποίο εσείς χρησιμοποιείτε;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα από κάθε εταιρεία παρουσιάζονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

## 7.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα έρευνα αντιμετώπισε πολλές δυσκολίες προκειμένου να ολοκληρωθεί. Αρχικά αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρχε αρκετή απροθυμία και αδιαφορία από τις περισσότερες εταιρείες. Συγκεκριμένα ζητήθηκε από τις εταιρείες να μας αποσταλεί ενημερωτικό υλικό με fax ή mail και η απάντηση που μας έδιναν είναι ότι δεν μπορούσαν να μας αποστείλουν ενημερωτικό υλικό γιατί δεν το είχαν.

Ορισμένες, από τις οποίες ζητήθηκε να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιό μας, ανέφεραν ότι λόγω φόρτου εργασίας δεν είχαν το χρόνο να συνεργαστούν μαζί μας. Μερικές δεν απάντησαν ποτέ στα τηλεφωνήματά μας, ενώ άλλες μας έλεγαν συνεχώς ότι ο υπεύθυνος απουσιάζει εκτός Ελλάδας. Εκτός από όλες αυτές τις δυσκολίες αντιμετωπίσαμε και τη δυσπιστία των υπευθύνων, όταν τους λέγαμε ότι είμαστε φοιτητές του Τμήματος Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου και πραγματοποιούμε την έρευνα στα πλαίσια της διπλωματικής μας εργασίας και όχι για την κατασκευή ενός θερμοκηπίου με σκοπό την εγκατάσταση μιας καλλιέργειας. Φοβούμενοι μήπως εμείς στο άκουσμα του κόστους κατασκευής και εγκατάστασης ενός θερμοκηπίου αποφασίζαμε να συνεργαστούμε με κάποια άλλη εταιρεία, μας απαντούσαν ότι, για να μας δώσουν τις ζητούμενες πληροφορίες, καλό θα ήταν να επισκεφθούμε την εταιρεία τους, για να συζητήσουμε από κοντά. Τελικά μετά από μεγάλη πίεση καταφέραμε να τους πείσουμε να συνεργαστούν μαζί μας.

Οι εταιρείες οι οποίες συνεργάστηκαν μαζί μας και τις ευχαριστούμε γι' αυτό είναι η εταιρεία ΠΡΟΚΑΤ. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε., η ASKOMET ΑΣΚΟΕΥΛΑΚΗΣ Α.Ε. ΑΦΟΙ, η ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ Α.Ε., η εταιρεία Α. ΜΕΙΝΤΑΝΗΣ ΕΠΕ., η εταιρεία ΑΝΤΩΝΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, η STE, η εταιρεία ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΚΡΗΤΗΣ και η εταιρεία ΣΤΑΥΡΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ. Κοινό χαρακτηριστικό των οκτώ εταιρειών ήταν ότι, δεν μας έδωσαν στοιχεία για το κόστος



κάθε υλικού κάλυψης και κάθε υλικού σκελετού ξεχωριστά, αλλά μας έδωσαν το συνολικό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης ενός θερμοκηπίου επιφάνειας 1 στρέμματος ανάλογα με τον συνδυασμό των υλικών που παρείχε μη συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α.

### **7.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ**

#### **Εταιρεία ΠΡΟΚΑΤ. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε. ΣΗΦΗΣ ΜΟΛΥΜΠΙΑΚΗΣ**

Η ιστορία του ομίλου Λαμπράκη ξεκίνησε από το 1971 όταν ο Ευθύμιος Λαμπράκης ίδρυσε το πρώτο πιστήριο και εμποτιστήριο ξυλείας στην Κρήτη. Την ξυλεία την έφερνε από τα δάση που ενοικίαζε στη Ελλάδα και από τον Αρχάγγελο Σιβηρίας. Κατασκεύασε το πρώτο θερμοκήπιο στην Ιεράπετρα και από το 1974 η Μαρία Λαμπράκη, σύζυγός του, εφοδίαζε με γεωργικά εφόδια τους αγρότες στην Ιεράπετρα. Μετά το 1991 στον όμιλο προστίθενται δυο μέλη, οι απόγονοι του κ. Λαμπράκη, Άρης και Αριάδνη και ιδρύουν και άλλες εταιρίες με οικοδομικά υλικά και προκατασκευασμένα σπίτια. Έως σήμερα οι δραστηριότητες συνεχίζονται στον τομέα των προκατασκευασμένων σπιτιών, οικοδομικών υλικών, της επεξεργασίας μετάλλου - ξύλου και κατασκευής θερμοκηπίων μεταλλικών και ξύλινων. Τέλος του 2006 γεννιέται η καινούργια εταιρία θερμοκήπια Λαμπράκης Ε.Ε. από τους ίδιους μετόχους, σε σύγχρονες εγκαταστάσεις και μηχανήματα τελευταίας τεχνολογίας για την κατασκευή των μεταλλικών κτιρίων και θερμοκηπίων .

Επίσης η εταιρία ίδρυσε υποκατάστημα στο Μαραθώνα Αττικής και από εκεί τροφοδοτεί όλη την υπόλοιπη Ελλάδα στις κατασκευές ξύλινων και μεταλλικών θερμοκηπίων .

Μιλώντας με τον υπεύθυνο της εταιρείας σχετικά με τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων μας ανέφερε ότι η εταιρεία χρησιμοποιεί μαλακό πλαστικό (νάυλον).

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί χάλυβα.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης, μας ανέφερε ότι είναι 17.000 ΕΥΡΩ / στρ.

## **Εταιρεία ASKOMET ΑΣΚΟΞΥΛΑΚΗΣ Α.Ε. ΑΦΟΙ**

Η askomet ΑΦΟΙ ΑΣΚΟΞΥΛΑΚΗ Α.Ε. είναι μια εταιρεία σταθμός στον Ελλαδικό χώρο στις μεταλλικές κατασκευές από το 1974. Ήταν η πρωτοπόρα επιχείρηση που δραστηριοποιήθηκε στις κατασκευές θερμοκηπίων στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσαράς. Μετά την πάροδο 33 ετών η askomet ΑΦΟΙ ΑΣΚΟΞΥΛΑΚΗ Α.Ε. παραμένει στην κορυφή, σημάδι απαράβατο της άριστης ποιότητας, προσιτών τιμών, οργάνωσης και τεχνολογικού εκσυγχρονισμού. Η εταιρεία εδρεύει στις Μοίρες στο 3ο χιλ. Μοιρών-Τυμπακίου του νομού Ηρακλείου Κρήτης, σε ιδιόκτητο χώρο 30.000m<sup>2</sup> και σε υπερσύγχρονες κτιριακές εγκαταστάσεις 3500m<sup>2</sup>.

Η askomet ιδρύθηκε από τον κ. Αντώνιο Ασκοξυλάκη και αρχικά λειτούργησε ως μικρή ατομική επιχείρηση. Όμως σταδιακά, με συνέπεια, συνεχή υπευθυνότητα, άρτια καταρτισμένο τεχνικό και διοικητικό προσωπικό σε συνδυασμό με την τεχνογνωσία και την εισαγωγή σύγχρονων μεθόδων παραγωγής, μετεξελίχθηκε σε μια ιδιαίτερα σύγχρονη κατασκευαστική εταιρεία στον Ελλαδικό χώρο, με προϊόντα άριστης ποιότητας αντάξια να ανταγωνίζονται τα Ευρωπαϊκά πρότυπα. Η εταιρεία διαθέτει μεγάλη πείρα στο χώρο, έχοντας στο ενεργητικό της κατασκευές θερμοκηπίων που υπερβαίνουν τα 7.000.000m<sup>2</sup>. Πέραν των μεταλλικών θερμοκηπίων η askomet ΑΦΟΙ ΑΣΚΟΞΥΛΑΚΗ Α.Ε. διαθέτει υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας μεταλλικές δεξαμενές νερού σε μια μεγάλη γκάμα διαστάσεων και χωρητικότητας. Η εταιρεία επίσης, δραστηριοποιείται δυναμικά στις κατασκευές μεταλλικών κτιρίων, μία έξυπνη επιλογή για επαγγελματίες και ιδιώτες που επιθυμούν να επενδύσουν σε μια γρήγορη, σύγχρονη και ανθεκτική κατασκευή.

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο η εταιρεία χρησιμοποιεί ως υλικό κάλυψης θερμοκηπίων μαλακό πλαστικό (νάυλον).

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί α) Γαλβανισμένο σωλήνα και β) Χάλυβα.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης στους δύο ξεχωριστούς συνδυασμούς διαμορφώνεται ως εξής: α) υλικό σκελετού γαλβανισμένου σωλήνα και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον) , ΤΙΜΗ: 27.000 ΕΥΡΩ / στρ. και β) υλικό σκελετού χάλυβας και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον), ΤΙΜΗ: 15.000 ΕΥΡΩ / στρ.

### **Εταιρεία ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ Α.Ε.**

Η Γεωθερμική Α.Ε. ιδρύθηκε το 1981, έχοντας ως βασική δραστηριότητα την κατασκευή μεταλλικών θερμοκηπίων από γαλβανισμένο σιδηροσκελετό. Στις μέρες μας η εταιρεία παράγει πάνω από 20 τύπους θερμοκηπίων καθώς και πτηνοτροφικούς θαλάμους και μεταλλικά κτίρια ενώ παράλληλα ασχολείται και με συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων. Η εταιρεία πρωτοπορεί για πολλά χρόνια στη σχεδίαση, έρευνα και βελτίωση των κατασκευών της, αλλά και στην τεχνολογία και τεχνογνωσία που διαθέτει. Δραστηριοποιείται σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο και σύγχρονο χώρο παραγωγής μεγέθους 6.000 τ.μ., εξασφαλίζοντας για τον πελάτη της προϊόντα υψηλής ποιότητας, πιστοποιημένα με το Διεθνές Πρότυπο ποιότητας ISO 9001:2000.

Ειδικότερα η εταιρεία μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί δύο διαφορετικά υλικά κάλυψης, α) μαλακό πλαστικό (νάυλον) και β) γυαλί.

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί χάλυβα.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης, στους δύο ξεχωριστούς συνδυασμούς διαμορφώνεται ως εξής: α) υλικό σκελετού χάλυβα και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον), ΤΙΜΗ: 13.000 ΕΥΡΩ / στρ. και β) υλικό σκελετού χάλυβα και υλικό κάλυψης γυαλί, ΤΙΜΗ: 50.000 ΕΥΡΩ / στρ.

### **Εταιρεία Α. ΜΕΙΝΤΑΝΗΣ ΕΠΕ.**

Ο γεωπόνος Κ. Αναστάσιος Μεϊντάνης ασχολείται συνεχώς με τον τομέα των θερμοκηπίων και του εξοπλισμού αυτών, εδώ και 3 δεκαετίες, έχοντας ενεργό συμμετοχή στην κατασκευή των περισσότερων κυρίως υαλόφρακτων, αλλά και πλαστικών θερμοκηπίων σε όλο τον ελλαδικό χώρο, από το 1978.

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο η εταιρεία χρησιμοποιεί δύο διαφορετικά υλικά κάλυψης α) μαλακό πλαστικό (νάυλον) και β) σκληρό πλαστικό.

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί εμποτισμένη ξυλεία.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης στους δύο ξεχωριστούς συνδυασμούς διαμορφώνεται ως εξής: α) υλικό σκελετού εμποτισμένη ξυλεία και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον) , ΤΙΜΗ: 16.000 ΕΥΡΩ / στρ. και β) υλικό

σκελετού εμποτισμένη ξυλεία και υλικό κάλυψης σκληρό πλαστικό, ΤΙΜΗ: 28.000 ΕΥΡΩ / στρ.

### **Εταιρεία ΑΝΤΩΝΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

Μιλώντας με τον υπεύθυνο της εταιρείας σχετικά με τα υλικά κάλυψης μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί α) μαλακό πλαστικό (νάυλον) και β) γυαλί.

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί α) εμποτισμένη ξυλεία, β) γαλβανισμένο σωλήνα και γ) χάλυβα.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης στους τρεις ξεχωριστούς συνδυασμούς διαμορφώνεται ως εξής: α) υλικό σκελετού εμποτισμένη ξυλεία και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον) , ΤΙΜΗ: 15.000 ΕΥΡΩ / στρ., β) υλικό σκελετού γαλβανισμένος σωλήνας και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον), ΤΙΜΗ: 30.000 ΕΥΡΩ / στρ. και γ) υλικό σκελετού χάλυβας και υλικό κάλυψης γυαλί, ΤΙΜΗ: 80.000 ΕΥΡΩ / στρ.

### **Εταιρεία STE**

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο η εταιρεία χρησιμοποιεί ως υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον).

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί γαλβανισμένο σωλήνα.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης, μας ανέφερε ότι είναι 25.000 ΕΥΡΩ / στρ.

### **Εταιρεία ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**

Η εταιρεία ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Β.Ε με σημαντική παρουσία στο είδος της, και δεκάδες μελέτες στο ενεργητικό της, απαρτίζεται από βιομηχανικές και εμπορικές εταιρείες, παράγει, αντιπροσωπεύει, και διακινεί προϊόντα τόσο στον Ελληνικό όσο και στον Ευρωπαϊκό χώρο.

Ιδρύθηκε το 1975 από τους αδελφούς ΣΑΡΙΚΛΑΚΗ, στη περιοχή της Ιεράπετρας Κρήτης. Εκεί διαθέτει την εργοστασιακή μονάδα της, καθώς επίσης τις κτιριακές εγκαταστάσεις των Τεχνικών και Διοικητικών Τμημάτων της.

Στο Φάσμα των Προϊόντων και Υπηρεσιών της Εταιρείας Θερμοκήπια Κρήτης, συμπεριλαμβάνονται Προϊόντα Ξυλείας, Μεταλλικά Προϊόντα & Εξαρτήματα, Ηλεκτρομειωτήρες, Μειωτήρες, Ανεμιστήρες, Κλιματιστικά Συστήματα, Μηχανήματα & Εξαρτήματα Αέρος, Ψεκαστικά Μηχανήματα, Κατασκευές-Μελέτες-Εξοπλισμοί, Θερμοκηπίων, Μεταλλικών Κτιρίων και Υπαίθριων Χώρων.

Η Υποδομή και Τεχνογνωσία των Θερμοκηπίων Κρήτης Α.Β.Ε, καθώς και ο μεγάλος αριθμός πολύπειρου εξειδικευμένου προσωπικού, επέτρεψαν την ανοδική της πορεία με συνεχή διεύρυνση του κύκλου εργασιών της.

Η Μακρόχρονη Εμπειρία της, η σημασία στην υποστήριξη και στην υψηλή ποιότητα των προϊόντων, η εμμονή στις αρχές της εμπορικής δεοντολογίας και η έμφαση στην καλύτερη συνεργασία, αποτελούν την καλύτερη εγγύηση για τους πελάτες της Εταιρείας μας.

Μιλώντας με τον υπεύθυνο της εταιρείας σχετικά με τα υλικά κάλυψης, μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί α) μαλακό πλαστικό (νάυλον) ή γυαλί.

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί α) χάλυβα και β) εμποτισμένη ξυλεία.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης στους τρεις ξεχωριστούς συνδυασμούς διαμορφώνεται ως εξής: α) υλικό σκελετού χάλυβας και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον), ΤΙΜΗ: 13.000 ΕΥΡΩ / στρ., β) υλικό σκελετού εμποτισμένη ξυλεία και υλικό κάλυψης μαλακό πλαστικό (νάυλον), ΤΙΜΗ: 7.000 ΕΥΡΩ / στρ. και γ) υλικό σκελετού χάλυβας και υλικό κάλυψης γυαλί, ΤΙΜΗ: 30.000 ΕΥΡΩ / στρ.

### **Εταιρεία ΣΤΑΥΡΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ**

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο η εταιρεία χρησιμοποιεί ως υλικό κάλυψης γυαλί.

Σχετικά με τα υλικά σκελετού μας ανέφερε ότι χρησιμοποιεί γαλβανισμένο σωλήνα.

Το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης, μας ανέφερε ότι είναι 28.000 ΕΥΡΩ / στρ.

A/A	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΥΛΙΚΟ ΣΚΕΛΕΤΟΥ	ΥΛΙΚΟ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ σε €/ΣΤΡΕΜΜΑ
1	ΠΡΟΚΑΤ. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε. ΣΗΦΗΣ ΜΟΛΥΜΠΙΑΚΗΣ	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	17.000
2	ΑΣΚΟΜΕΤ ΑΣΚΟΞΥΛΑΚΗΣ Α.Ε. ΑΦΟΙ	ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	27.000
3	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ Α.Ε.	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	13.000
	-//-	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΓΥΑΛΙ	50.000
4	Α. ΜΕΙΝΤΑΝΗΣ ΕΠΕ	ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΗ ΕΥΛΕΙΑ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	16.000
	-//-	ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΗ ΕΥΛΕΙΑ	ΣΚΛΗΡΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	28.000
5	ΑΝΤΩΝΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΗ ΕΥΛΕΙΑ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	30.000
	-//-	ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	15.000
	-//-	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΓΥΑΛΙ	80.000
6	STE	ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	25.000
7	ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	13.000
	-//-	ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΗ ΕΥΛΕΙΑ	ΜΑΛΑΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	7.000
	-//-	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΓΥΑΛΙ	30.000
8	ΣΤΑΥΡΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ	ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ	ΓΥΑΛΙ	28.000

**Πίνακας 9.** Το ανά στρέμμα κόστος ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό κάλυψης και σκελετού του θερμοκηπίου διαφόρων εταιρειών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

### 8.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη μελέτη αυτή ερευνήθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός θερμοκηπίου και δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα υλικά κάλυψης και σκελετού αυτού, καθώς αυτά διαχρονικά εξελίσσονται και κατά το δυνατόν συνδυάζονται.

Αναλύθηκαν οι διάφοροι τύποι των θερμοκηπίων, το περιβάλλον ενός θερμοκηπίου, το κόστος και άλλα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για την επιλογή των υλικών κάλυψης και σκελετού αυτών.

Για παράδειγμα ένα γυάλινο θερμοκήπιο κρατά περισσότερη θερμότητα στο εσωτερικό του από ένα με μαλακό ή σκληρό πλαστικό. Επίσης με την πάροδο του χρόνου διατηρεί την περατότητά του στο φως με αποτέλεσμα το θερμοκήπιο να καθίσταται τελικά σημαντικά φωτεινότερο. Το κόστος κατασκευής του μπορεί αρχικά να φαίνεται απαγορευτικό, αλλά, αν ακόμα αυτό συνυπολογιστεί με τη διάρκεια ζωής του, σχεδόν ισοσκελίζεται. Σε κάθε περίπτωση όμως δεν είναι κατάλληλο για περιοχές με απότομες εναλλαγές καιρικών συνθηκών (χαλάζι, παγωνιά) γιατί είναι εύθραυστο.

Τα χαρακτηριστικά λοιπόν των υλικών κάλυψης παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή τους για την κατασκευή του θερμοκηπίου και συνεπώς θα πρέπει να μελετώνται προσεκτικά για την καλύτερη επιλογή τους προκειμένου να περιορίζονται τυχόν προβλήματα και η καλλιέργεια να είναι αποδοτική.

Ο σκελετός του θερμοκηπίου κατασκευάζεται συνηθέστερα από ξύλο, χάλυβα ή 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.

Η χρήση του αλουμινίου σήμερα στα θερμοκήπια έχει γενικευτεί. Ιδιαίτερα χρησιμοποιείται στην κατασκευή των λεπτών σκελετικών στοιχείων. Στις συνήθεις περιπτώσεις υαλόφρακτων θερμοκηπίων για οικονομικούς λόγους χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το χάλυβα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι από την έρευνα αγοράς προέκυψαν τιμές κατασκευής θερμοκηπίου ανά στρέμμα, με τα ίδια υλικά κάλυψης και σκελετού, με μεγάλη απόκλιση. Για το λόγο αυτό η προμήθεια των επιλεγμένων υλικών και τελικά

του κατασκευαστού θα πρέπει να γίνει με γνώμονα την εξασφάλιση των απαιτούμενων τεχνικών προδιαγραφών σε συνάρτηση με το κόστος κατασκευής ανά στρέμμα.



## Παράρτημα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Εκτάσεις θερμοκηπίων στον κόσμο.....	11
Διάγραμμα 2. Εκτάσεις θερμοκηπίων κατά τύπο στις χώρες της ΕΟΚ-12 .....	12
Διάγραμμα 3. Ποσοστιαία σχηματική παράσταση των διαφορετικού τύπου καλύμματος θερμοκηπίων που είναι εγκατεστημένα στη χώρα μας το 1992.....	13
Διάγραμμα 4. Οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα .....	68
Διάγραμμα 5. Συγκριτική περατότητα του πολυαιθυλενίου, P.V.C. και γυαλιού .....	70
Διάγραμμα 6. Οπτικά χαρακτηριστικά πολυαιθυλενίου.....	75
Διάγραμμα 7. Η επίδραση της μεμβράνης του νερού στην ποσότητα του υλικού κάλυψης στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.....	75
Διάγραμμα 8. Αντοχή του φύλλου πολυαιθυλενίου σε σχέση με το πάχος του .....	78
Διάγραμμα 9. Αντοχή απλού πολυαιθυλενίου (1) και πολυαιθυλενίου με σταθεροπ. (ASAE) .....	80
Διάγραμμα 10. Οπτικά χαρακτηριστικά του P.V.C.....	86
Διάγραμμα 11. Περαιτότητα του πολυεστέρα στα διάφορα μήκη κύματος .....	89
Διάγραμμα 12. Οπτικά χαρακτηριστικά του PMMA (Ακρυλικό).....	90

## Παράρτημα Πινάκων

Πίνακας 1. Γεωγραφική κατανομή των εγκατεστημένων στη χώρα μας θερμοκηπίων και καλλιεργειών. Στοιχεία Υπουργείου Γεωργίας για το έτος 1992. ....	15
Πίνακας 2. Περατότητα του μικρού μήκους κύματος και στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ορισμένων υλικών.....	65
Πίνακας 3. Συντελεστές $\delta$ για υαλοπίνακες που στηρίζονται και από τις τέσσερις μεριές και βρίσκονται κάτω από ένα ισομερώς κατανομημένο βάρος. Εξαρτάται από τη σχέση μήκος προς πλάτος $s/6$ (Timoshenko, S.P.).....	70
Πίνακας 4. Διάρκεια φύλλου πολυαιθυλενίου (Dubois P., 1978) .....	74
Πίνακας 5. Φυσικές ιδιότητες των πλαστικών φύλλων PE και PVC πριν και δυο μήνες μετά τη χρήση .....	77
Πίνακας 6. Περατότητα στο φως θερμοκηπίων με τον ίδιο σκελετικό ιστό, που είναι καλυμμένος με υαλοπίνακες ή πολυαιθυλένιο (Langhous R. 1985) .....	77
Πίνακας 7. Μέση περατότητα στο άμεσο φως (μ.κ. 0,4–0,7 $\mu$ ) και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας (μ.κ. 5–14 $\mu$ ), διαφόρων συνθετικών υλικών, στην κάθετη προς την επιφάνεια τους ακτινοβολία. ....	82
Πίνακας 8. Φωτεινή περατότητα και θερμομόνωση σκληρών πλαστικών διπλής επιφάνειας .....	90
Πίνακας 9. Το ανά στρέμμα κόστος ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό κάλυψης και σκελετού του θερμοκηπίου διαφόρων εταιρειών. ....	118

## Παράρτημα Εικόνων

Εικόνα 1. Φυσικός εξαερισμός θερμοκηπίου .....	27
Εικόνα 2. Δυναμικός εξαερισμός θερμοκηπίου.....	27
Εικόνα 3. Χαμηλό θερμοκήπιο .....	38
Εικόνα 4. Υψηλό Θερμοκήπιο .....	39
Εικόνα 5. Ξύλινο θερμοκήπιο .....	40
Εικόνα 6. Θερμοκήπιο από γαλβανισμένο χάλυβα.....	41
Εικόνα 7. Θερμοκήπιο από αλουμίνιο .....	42
Εικόνα 8. Υαλόφρακτο θερμοκήπιο .....	42
Εικόνα 9. Θερμοκήπιο με εύκαμπτο διαφανές κάλυμμα .....	43
Εικόνα 10. Θερμοκήπιο από σκληρό πλαστικό .....	44
Εικόνα 11. Πολλαπλής γραμμής υαλόφρακτο θερμοκήπιο μεγάλης έκτασης .....	46
Εικόνα 12. Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία .....	52
Εικόνα 13. Αερόθερμα υγραερίου για θέρμανση του θερμοκηπίου. (Χωρίς σωλήνα κατανομής του θερμού αέρα.....	52
Εικόνα 14. Τοποθέτηση πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου στην οροφή του θερμοκηπίου.....	76
Εικόνα 15. Τα κυριότερα τμήματα του κορμού ενός δένδρου .....	99

## Παράρτημα Σχημάτων

Σχήμα 1. Κατανομή των ανεμιστήρων για οριζόντια μετακίνηση του αέρα.....	25
Σχήμα 2. Διάτρητος σωλήνας που χρησιμεύει και για θέρμανση και για εξαερισμό..	26
Σχήμα 3. Διάτρητος σωλήνας που χρησιμεύει για εξαερισμό και ανάδευση του αέρα .....	26
Σχήμα 4. Βασική κατασκευαστική μονάδα .....	34
Σχήμα 5. Διάφορα σχήματα θερμοκηπίων. α. Ημισφαιρικό β. Τοξωτό. γ. Αμφικλινές. δ. Τροποποιημένο αμφικλινές. ε. Ετεροκλινές. στ. Τροποποιημένο τοξωτό. ζ. Γοθικό.....	35
Σχήμα 6. Τοξωτό θερμοκήπιο με συνεχές πλευρικό παράθυρο (Απλό).....	36
Σχήμα 7. Θερμοκήπιο με αμφικλινή υψηλή οροφή (Wide Span) .....	37
Σχήμα 8. Θερμοκήπιο με αμφικλινή χαμηλή οροφή (Venlo type).....	37
Σχήμα 9. Διπλής γραμμής θερμοκήπιο .....	45
Σχήμα 10. Πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες στο επίπεδο του εδάφους.....	54
Σχήμα 11. Κατανομή του αέρα μέσα σ' ένα θερμοκήπιο από διάτρητο σωλήνα με οπές ίσης διαμέτρου, σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους.....	55
Σχήμα 12. Η κυκλοφορία του θερμού νερού στο λέβητα ρυθμίζεται από τη βαλβίδα αναμίξεως.....	57
Σχήμα 13. Κυκλοφορία του αέρα σε θερμοκήπιο θερμαινόμενο με σωλήνες θερμού νερού κατά μήκος των πλευρών και με συμπληρωματικούς σωλήνες στο επάνω μέρος του κέντρου.....	58
Σχήμα 14. Θέρμανση με κατανομή μέρους των σωλήνων του θερμοκηπίου χαμηλά στο δάπεδο .....	58
Σχήμα 15. Περαιτότητα του διαφανούς υλικού στο φως.....	62

## **Βιβλιογραφία**

### **Ελληνική**

Ζαρμπούτης, Γ., & Γκακνή, Α., 1992, «Καλλιέργεια σε θερμοκήπιο», εκδόσεις ΙΩΝ.

Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας.

Μαυρογιανόπουλος, Γ., 1994, «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε. Αθήνα-Πειραιάς.

Μαυρογιανόπουλος, Γ., 2001, «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε. Αθήνα-Πειραιάς.

Τράντας, Ε., 1997, «Τα θερμοκήπια στο Νομό Λασιθίου», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική τεχνολογία, Νοέμβριος '89.

### **Ξένα**

Grafiadellis M., & Spanomitsios G., & Mattas K., 1990, «*Recent developments introduced in the passive solar system for heating greenhouses*», Acta Hort. No. 263

Hanan J.J., & Holley W.D., & Goldsberry K.L., 1978, «*Greenhouse Management*», Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Hand D.W., 1998, «*Effects of atmospheric humidity on greenhouse crops*». Acta Horticulturae, No 229

Hand, D.W. & Slack, G., 1988, «*What price summer CO<sub>2</sub> enrichment?*», The Grower.

Levanon D., & Motro B., & Marchaim U., 1986, «*Organic materials degradation for CO<sub>2</sub> enrichment of greenhouse crops*», Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops. Vol. I. H.Z, CRC Press, Boca Raton, Finland.

Nederhoff, E.M., 1994, «*Effect of CO<sub>2</sub> concentrations on photosynthesis, transpiration and production on greenhouse fruit vegetable crops*», Wageningen.

Nelson, P., 1981, «*Greenhouse operation and management*», 2<sup>nd</sup> edition, Reston publishing, Virginia.