



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης  
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας

## Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΨΥΛΛΙΝΑΚΗ ΕΡΓΙΝΑΣ

# Προσδιορισμός μηχανικών αντοχών και επιμήκυνσης από την επίδραση φορτίου σε πλαστικά φύλλα.

Σπουδάστριας : Ψυλλινάκη Εργίνα  
Εισηγητής : Σπανάκης Ιωάννης  
Τομέας : Εγγείων Βελτιώσεων και Γ. Οικονομίας .

Ηράκλειο , Μάρτιος 2009.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</i> .....	4
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i> .....	5
<i>ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ</i> .....	7
<i>1.1 Ορισμός – Ιστορική αναδρομή</i> .....	10
<i>1.2 Γενικά στοιχεία για τα θερμοκήπια στην Ελλάδα</i> .....	12
<i>ΠΙΝΑΚΑΣ 1</i> .....	15
<i>1.3 Υλικά κατασκευής θερμοκηπίου</i> .....	18
<i>1.4 Υλικά σκελετού</i> .....	18
<i>1.5 Υλικά κάλυψης</i> .....	27
<i>1.6 Μορφές θερμοκηπίων στον ελλαδικό χώρο</i> .....	29
<i>2.1 Τα πλαστικά ως υλικά κάλυψης</i> .....	31
<i>2.2 Πλαστικά Υλικά</i> .....	36
<i>2.2.1 Τα διάφορα πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται ευρέως στην κάλυψη των θερμοκηπίων</i> .....	39
<i>2.2.1.1 Εύκαμπτα πλαστικά φύλλα</i> .....	39
<i>2.2.1.2 Σελουλλόζη</i> .....	40
<i>2.2.1.3 Πολυαιθυλένιο (PE)</i> .....	40
<i>2.2.1.4 EVA (Ethylene vinyl acetate)</i> .....	42



2.2.1.5 Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).....	42
2.2.1.6 Πολυεστερικά φύλλα.....	43
2.2.1.7 Φθοριούχα (Fluorocarbons).....	43
2.3 Επιφάνειες σκληρού πλαστικού .....	44
2.3.1 Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC).....	45
2.3.2 Ενισχυμένος πολυεστέρας .....	45
2.3.3 Σκληρό Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).....	46
2.3.4 Ακρυλικές επιφάνειες.....	46
3.1 Αντοχή .....	61
3.2 Φάσμα.....	64
3.2.1 Υπεριώδης ακτινοβολία 190 – 380 nm.....	64
3.2.2 Ορατό φως 380 – 700nm .....	65
3.2.3 Κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) 700-800nm.....	66
3.2.3.1 Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ή μακρινή υπέρυθρη ακτινοβολία 3000-100000nm. ....	66
3.2.3.2 Υλικά και φωτοπερατότητα.....	68
3.3 Η ανακύκλωση των πλαστικών.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : .....	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : .....	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του θερμοκηπίου διαφέρουν μεταξύ τους αναφορικά με την περατότητα τους στη θερμική ακτινοβολία. Το γυαλί, τα μετακρυλικά πλαστικά και το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) έχουν μικρή διαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία.

Αντίθετα τα φύλλα πολυαιθυλενίου (PE) είναι πολύ περατά και αυτό έχει ως συνέπεια την άμεση πτώση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο μόλις σταματήσει η παροχή της θερμότητας.

Ενδιάμεσες ιδιότητες έχει το υλικό EVA (πολυμερές του αιθυλενίου και του βινυλακετυλενίου). Από μετρήσεις που έγιναν (Bowman, 1963 και Nisen, 1978) διαπιστώθηκε ότι το γυαλί και τα μετακρυλικά πλαστικά μπορούν να θεωρηθούν αδιαπέραστα στη θερμική ακτινοβολία και ότι σε μήκος κύματος 5-36 μικρών οι πολυεστέρες απορροφούν σχεδόν το 90% της ακτινοβολίας, το χλωριούχο πολυβινύλιο το 60-78% και τα φύλλα πολυαιθυλενίου το 15-30%.

Ο στόχος της εργασίας αυτής είναι να παρουσιαστούν οι ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά των πλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμοκηπίων, η αντοχή τους στην μεγάλη και μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία ώστε να διαπιστώσουμε κατά πόσο αυτοί καθώς και πολλοί άλλοι παράγοντες που αναφέρονται μέσα στην εργασία μπορούν να επηρεάσουν την διάρκεια ζωής των πλαστικών υλικών κάλυψης.

Στην εργασία γίνεται αναφορά για τα προϊόντα παραγωγής του θερμοκηπίου καθώς και για την ελληνική γεωργία. Επίσης γίνεται εκτενέστερη περιγραφή για τις εγκαταστάσεις των θερμοκηπίων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη αναφέρονται τύποι, υλικά κάλυψης, υλικά σκελετού των θερμοκηπίων. Συνεχίζοντας γίνεται αναφορά πιο αναλυτικά για τα πλαστικά ως υλικό κάλυψης, τύποι πλαστικών, ιδιότητες, χαρακτηριστικά. Τέλος η εργασία ολοκληρώνεται με την αναλυτική αναφορά στην αντοχή των πλαστικών υλικών στην μεγάλη και μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μολονότι στο σύγχρονο άνθρωπο η χρήση των θερμοκηπίων σε εμπορική κλίμακα έγινε αντιληπτή πραγματικότητα μόλις τον 20ο αιώνα μ.Χ., φαίνεται ότι οι πρώτες προσπάθειες καλλιέργειας φυτών σε τέτοιες κατασκευές έλαβαν χώρα σε πολύ παλιές εποχές . Έτσι, κατά τον Bilderling (1974), καλλιέργεια φυτών σε συνθήκες εκτός φυσικού περιβάλλοντος πραγματοποιήθηκε από τους κινέζους μερικές χιλιετίες προ Χριστού. Επίσης οι βασιλικές οικογένειες της αρχαίας Αιγύπτου και της Περσίας στόλιζαν τις αίθουσες των παλατιών τους με λουλούδια από φυτά που καλλιεργούσαν όλο το χρόνο σε δοχεία σε ειδικά προστατευμένους χώρους .

Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία, σε ειδικές τελετές που γινόταν για το χαμό του Άδωνη, οι γυναίκες στόλιζαν ένα κενοτάφιο με άνθη που παράγονταν από φυτά που καλλιεργούνταν σε προστατευμένους χώρους (Keveren, 1973). Αλλά και ο Πλάτωνας αναφέρει ότι στους χρόνους του (5ος π.Χ. αιώνας) μερικά φυτά αναπτύσσονταν σε προστατευμένους χώρους .Όμως ούτε από τη μυθολογία ούτε από τον Πλάτωνα γνωρίζουμε περισσότερα για τον τρόπο προστασίας των φυτών .

Στους χρόνους της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας η πρωίμηση των λαχανικών και της ανθοφορίας μερικών καλλωπιστικών φυτών επιτυγχάνονταν σε θερμαινόμενους χώρους που καλύπτονταν με μίκα και τάλκη (Lemmon,1962 Haman κ.ά 1978 και Γραφιαδέλλης, 1980). Μετά τους Ρωμαίους φαίνεται ότι οι απλές θερμοκηπιακές που χρησιμοποιούνταν τότε ξεχάστηκαν για πολλούς αιώνες και τις ξανασυναντούμε και πάλι την εποχή της Αναγέννησης, τότε που δημιουργήθηκαν οι Βοτανικοί Κήποι, αρχικά στην Ιταλία και αργότερα στην Ολλανδία και τη Μ. Βρετανία, για την προστασία εξωτερικών φυτών που μεταφέρθηκαν στην Ευρώπη από τις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Αφρικής και της Ασίας .

Το πρώτο γυάλινο θερμοκήπιο, που είχε τεχνικά χαρακτηριστικά παρόμοια με τα θερμοκήπια της σημερινής εποχής, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε το 1611 από το Soloman de caus of Heidelberg και είχε ως προορισμό την προστασία από το κρύο δένδρων πορτοκαλιάς (Γραφιαδέλλης, 1980) .Το πρώτο θερμοκήπιο με γυαλί και κεκλιμένη στέγη κατασκευάστηκε στην Ολλανδία (Μαυρογιαννόπουλος, 1994) .



Πρώτος ο Αμερικανός Warf πρότεινε το 1925 την αντικατάσταση του γυαλιού κάλυψης των θερμοκηπίων με πλαστικό φύλλο, όμως συστηματικές προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή έγιναν από το 1944 από τον Emmert καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Kentucky των Η.Π.Α (Warf, 1971) .

Ως υλικό κατασκευής του σκελετού των θερμοκηπίων χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά το ξύλο μέχρι που το έτος 1838 ο London πρότεινε για πρώτη φορά ως εναλλακτική λύση τη χρήση του σιδήρου .

Οι περισσότερες βελτιώσεις τόσο στα υλικά κατασκευής όσο και στους αυτοματισμούς των θερμοκηπίων έγιναν στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα μ.Χ. Τα τελευταία μάλιστα 20 χρόνια του ίδιου αιώνα με την εισαγωγή και χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στη λειτουργία των οργάνων αυτοματισμού, ελέγχου και προγραμματισμού, τα θερμοκήπια μετατρέπονται σε χώρους όχι απλώς καλλιέργειας φυτών αλλά εφαρμογής οραμάτων επιστημόνων και ερευνητών .

Όσο αφορά τώρα την Ελλάδα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πρώτες συστηματικές εγκαταστάσεις άρχισαν να εμφανίζονται το 1955. Ήταν απλές υαλόφρακτες κατασκευές οι οποίες φιλοξενούσαν καλλωπιστικά φυτά

Η μεγάλη ανάπτυξη όμως επιτεύχθηκε μετά το 1961 όπου και άρχισε να εξαπλώνεται η χρήση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου σαν υλικό κάλυψης.

Με τον καιρό και αφού φάνηκε ότι οι Ελλάδα διαθέτει τις κατάλληλες συνθήκες για εγκατάσταση θερμοκηπίων δημιουργήθηκαν βιοτεχνίες για την παραγωγή τυποποιημένων θερμοκηπίων.



## ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Τα προϊόντα που παράγονται στο θερμοκήπιο ανήκουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

α) τα τρόφιμα (κυρίως κηπευτικά και φρούτα) και

β) τα καλλωπιστικά φυτά ( κυρίως φυτά γλάστρας και δρεπτά άνθη).

Τα προϊόντα αυτά συνιστούν σήμερα έναν από τους δυναμικότερους τομείς της ελληνικής γεωργίας , από πλευράς εξασφάλισης εισοδήματος και εξαγωγών .

Οι κοινωνικές μεταβολές που έχουν συμβεί από καιρό στις βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες και αργότερα στη χώρα μας , όπως είναι η συνεχώς αυξανόμενη αστικοποίηση του πληθυσμού , έχουν επηρεάσει θετικά τη ζήτηση των κηπευτικών προϊόντων . Επίσης , η στροφή του ανθρώπου από τη μυϊκή εργασία που απαιτεί διατροφή με πολλές θερμίδες , στην πνευματική εργασία που απαιτεί διατροφή με λίγες θερμίδες αλλά πλούσια σε βιταμίνες και άλατα , έχουν ως συνέπεια την αύξηση της ζήτησης κηπευτικών και φρούτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και επομένως προϊόντων που παράγονται στο θερμοκήπιο .

Η απομάκρυνση επί πλέον του ανθρώπου από το φυσικό του περιβάλλον με την αστικοποίηση , δημιουργεί την ανάγκη κάπου υποκατάστατου του φυσικού περιβάλλοντος , που συνήθως είναι η διακόσμηση του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου της αστικής κατοικίας με φυτά .

Τα φυτά όμως αυτά δεν είναι κατ' ανάγκη τα ίδια που αναπτύσσονται στο φυσικό υπαίθριο περιβάλλον , συνήθως είναι άλλα , προσαρμοσμένα στο περιορισμένο φώς και τη διαφορετική θερμοκρασία του δωματίου . Ως εκ τούτου δημιουργείται η ζήτηση καλλωπιστικών φυτών που πολλαπλασιάζονται και αναπτύσσονται στο ρυθμιζόμενο περιβάλλον του θερμοκηπίου .



Οπωσδήποτε η σημαντική αύξηση της ζήτησης των προϊόντων αυτών προϋποθέτει ταυτόχρονη άνοδο του βιοτικού επιπέδου της χώρας , ή οποία επί πλέον ευνοεί τη ζήτηση προϊόντων με την καλύτερη ποιότητα και εμφάνιση .

Ο μεγάλος όγκος των κηπευτικών προϊόντων θερμοκηπίου που παράγονται στις βόρειες- ευρωπαϊκές χώρες , συμπίπτει χρονικά περισσότερο με τις αντίστοιχες καλλιέργειες ανοιχτού αγρού που παράγονται στη χώρα μας και λιγότερο με τις καλλιέργειες θερμοκηπίου

Επομένως δεν υπάρχει στις αγορές της Βόρειας Ευρώπης που είναι και τα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης , πρόβλημα σημαντικού ανταγωνισμού μεταξύ των δικών τους προϊόντων και των ελληνικών θερμοκηπιακών προϊόντων . Υπάρχει εν τούτοις σημαντικό πρόβλημα ανταγωνισμού μεταξύ των χωρών της μεσογειακής λεκάνης για βελτίωση των εξαγωγών τους στις αγορές της βόρειας Ευρώπης .

Θα πρέπει να επισημανθεί και το γεγονός ότι τα προϊόντα θερμοκηπίου που παράγονται στην χώρα μας , αποτελούν περισσότερο συμπλήρωμα των καλλιεργειών του ανοιχτού αγρού , παρά ανταγωνιστικά προϊόντα . Π.χ. ο μεγάλος όγκος των θερμοκηπιακών κηπευτικών προϊόντων παράγονται τον χειμώνα , ενώ τα αντίστοιχα κηπευτικά προϊόντα του αγρού παράγονται το καλοκαίρι .





# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## Θερμοκηπιακές κατασκευές



## 1.1 Ορισμός – Ιστορική αναδρομή

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 και ευρύχωρα, έτσι ώστε να μπορεί ο άνθρωπος να εργάζεται μέσα σ' αυτά .

Πλην των άλλων χαρακτηριστικών τους επομένως, που αφορούν την παραγωγή των φυτών, το θερμοκήπιο προσφέρει και προστασία των εργαζομένων μέσα σ' αυτό από αντίξοες καιρικές συνθήκες .

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

### **Με το θερμοκήπιο γενικά :**

- Αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή, χιόνι και χαλάζι .
- Ανάλογα με τον εξοπλισμό του, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών , όπως της ακτινοβολίας , της θερμότητας , 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 θερμότητας , των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και του pH , που με τη χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών , μπορούν να φθάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών .
- Παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης φυτοπροστασίας από ασθένειες και έντομα, λόγω περιορισμένου χώρου και εξειδικευμένου εξοπλισμού . Επιπλέον σ' ένα θερμοκήπιο που παρέχει τη δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης των συνθηκών του περιβάλλοντος έτσι ώστε να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών , η ανάπτυξη φυτασθενειών είναι πολύ σπανιότερη απ' ότι σε ένα θερμοκήπιο του οποίου ο εξοπλισμός δεν παρέχει τέτοια δυνατότητα



Ειδικότερα σε ένα θερμοκήπιο που παρέχει τη δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης του περιβάλλοντος, οι ασθένειες των φυτών είναι πάρα πολύ λιγότερες από ότι σε ένα θερμοκήπιο του οποίου ο εξοπλισμός δεν παρέχει τέτοια δυνατότητα.

Το θερμοκήπιο είναι ένα μέσον που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, επομένως η έρευνα στο θερμοκήπιο έχει ως κύριο στόχο τη βελτίωση (τεχνικά και οικονομικά) του περιβάλλοντος που δημιουργεί ώστε να επιτευχθεί η αποδοτικότερη ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

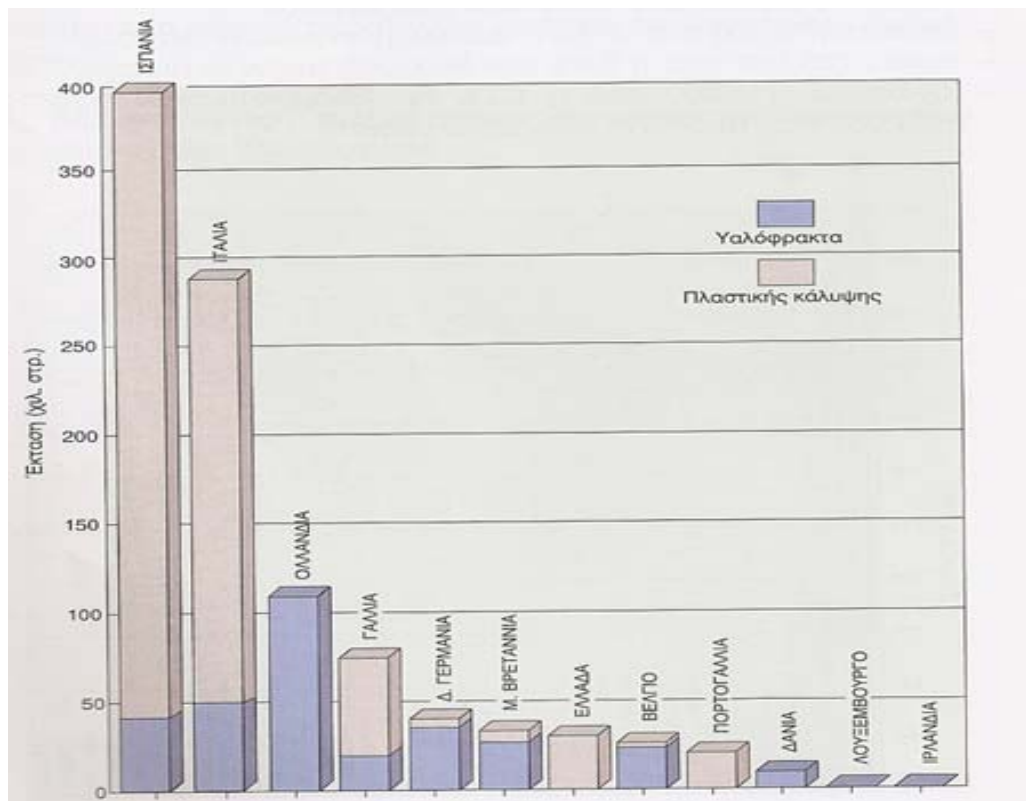
Με την έρευνα επιδιώκεται η λύση προβλημάτων που αφορούν τα υλικά, την κατασκευή και τον εξοπλισμό του θερμοκηπίου, με στόχο την αύξηση της φυτικής παραγωγής μέσα στο θερμοκήπιο, τη βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος, τη βελτίωση του οικονομικού αποτελέσματος της παραγωγικής διαδικασίας στο θερμοκήπιο, τη μικρότερη όχληση του φυσικού περιβάλλοντος και τη προστασία της ανθρώπινης υγείας από τη παραγωγική διαδικασία στο θερμοκήπιο.



## 1.2 Γενικά στοιχεία για τα θερμοκήπια στην Ελλάδα

Στη χώρα μας οι πρώτες συστηματικές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια για την παραγωγή καλλωπιστικών φυτών .Η σημαντική όμως εξάπλωση τους αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων. Η ευκολία προσαρμογής του υλικού αυτού σε οποιοδήποτε σχήμα σκελετού και η χαμηλή του τιμή, επέτρεψαν στους προοδευτικούς καλλιεργητές ( σε περιοχές με πρώιμες καλλιέργειες) να κατασκευάσουν μόνοι τους θερμοκήπια για παραγωγή πρώιμων κηπευτικών χωρίς να χρειάζονται μεγάλα κεφάλαια.

Αργότερα δημιουργήθηκαν και αρκετές βιοτεχνίες κατασκευής θερμοκηπίων , οι οποίες βελτίωσαν σημαντικά τις κατασκευές .Έτσι παρατηρήθηκε μια σημαντική ανάπτυξη των θερμοκηπίων , τα οποία έφθασαν στα 46.441 στρέμματα το 2003.



Διάγραμμα 1

Εκτάσεις θερμοκηπίων κατά τύπο στις χώρες της Ε.Ε.



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

– Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας. Το ήπιο κλίμα που επικρατεί σε πολλές περιοχές είναι ευνοϊκό και παρέχει

Τη δυνατότητα καλλιέργειας σε πολύ απλές κατασκευές χωρίς ακριβό εξοπλισμό.

– Η ανάγκη εξασφάλισης υψηλότερου εισοδήματος από μικρής έκτασης γεωργικό έδαφος ( εντατικοποίηση των καλλιεργειών ).

– Η αύξηση της ζήτησης των θερμοκηπιακών προϊόντων στην εσωτερική αγορά.

– Η γεωργική πολιτική του κράτους, που ενθάρρυνε την προώθηση των καλλιεργειών αυτών με τη θέσπιση οικονομικών κινήτρων και την εκτέλεση αρδευτικών και άλλων έργων.

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

**Κλιματικοί παράγοντες:** Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα συγκεντρώνονται σε περιοχές χωρίς υπερβολικά ψυχρό χειμώνα και με άφθονη ηλιακή ενέργεια. Η Κρήτη, η Πελοπόννησος και τα νησιά του Νοτίου Αιγαίου είναι οι περιοχές όπου συγκεντρώνεται το 65% των θερμοκηπίων της χώρας. Οι μέσες θερμοκρασίες Ιανουαρίου στις περιοχές αυτές κυμαίνονται από 10 – 13°C και οι μέσες ελάχιστες από 6,4 έως 9,5°C. Η ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται από 1750 Wh m<sup>-2</sup> και ημέρα – 2300 Wh m<sup>-2</sup> και ημέρα.

Η μέση θερμοκρασία αυξάνεται στους 16°C τον Απρίλιο και η ηλιακή ακτινοβολία πάνω από 4.700 Wh m<sup>-2</sup> και ημέρα. Το κλίμα επομένως της Νοτίου Ελλάδας συνήθως επιτρέπει την παραγωγή γεωργικών προϊόντων και σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια, κάτι που είναι αδύνατον στη Β. Ευρώπη. Στη νότιο Ελλάδα λόγω της σχετικά υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο το δυναμικό παραγωγής την περίοδο αυτή είναι αντίστοιχα υψηλό και συχνά ευνοϊκό για τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του θερμοκηπίου.



Η παραγωγική περίοδος κηπευτικών προϊόντων στη Νότιο Ελλάδα αρχίζει από Νοέμβριο και συνήθως τελειώνει τον Ιούνιο . Η παραγωγική περίοδος μπορεί να επεκταθεί και κατά τους θερινούς μήνες , αρκεί να εξασφαλισθεί καλός εξαερισμός του θερμοκηπίου ή και δροσισμός . Στη Βόρειο Ευρώπη η παραγωγική περίοδος στα ίδια προϊόντα περιλαμβάνει την άνοιξη , το θέρος και το φθινόπωρο .

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

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

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



Για να είναι όμως κάποιος πιο ακριβής θα πρέπει να μιλάει με νούμερα που να αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα. Γι' αυτό και παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας με στοιχεία από το Υπουργείο Γεωργίας (από στοιχεία του 1992):

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΕΙΔΟΣ	ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ
<b>ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ</b>	36.269
Τομάτες	18.000
Αγγούρια	11.000
Πιπεριές	2.600
Μελιτζάνες	1.500
Κολοκυθάκια	1.100
Φράουλες	1.100
Πεπόνια	450
Φασολάκια	400
Λοιπά	119
<b>ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΑ</b>	3.270
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	39.539



ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Γεωγραφική κατανομή των εγκατεστημένων στη χώρα μας θερμοκηπίων και καλλιιεργειών, σε στρέμματα. Στοιχεία Υπουργείου Γεωργίας για το έτος 2003.

Περιοχές Χώρας	Κηπευτικά				Ανθοκομικά				Σύνολο			
	Πλαστικά	Υαλόφρακτα	Σύνολο	Ποσοστό (%)	Πλαστικά	Υαλόφρακτα	Σύνολο	Ποσοστό (%)	Πλαστικά	Υαλόφρακτα	Σύνολο	Ποσοστό (%)
Κρήτη	19.623	177	19.800	46,4	409	412	821	21,7	20.032	589	20.621	44,4
Πελοπόννησος	6.298	49	6.347	14,9	87	202	289	7,6	6.385	251	6.636	14,3
Κεντρική Μακεδονία	6.424	8	6.432	15,1	74	297	371	9,8	6.498	305	6.803	14,6
Λοιπές περιοχές	9.975	104	10.079	23,6	692	1.610	2.302	60,9	10.667	1.714	12.381	26,7
Σύνολο χώρας	43.320	338	42.658	100,00	1.262	2.521	3.783	100,00	43.582	2.859	46.441	100,00
Ποσοστό (%)	99,2	0,8	100		33,4	66,6	100		93,8	6,2	100	

Πίνακας 3: Καλυπτόμενη έκταση σε στρέμματα από διάφορους τύπους θερμοκηπίων (1998). Πηγή Υπουργείο Γεωργίας.

Τύποι θερμοκηπίων		Χωρίς θέρμανση	Με θέρμανση	Συνολική έκταση στρεμμάτων
Υαλόφρακτα	Μεταλλικός σκελετός	824	2.035	2.859
Πλαστικά Τυποποιημένα	Μεταλλικός σκελετός	10.175	4.708	14.883
	Ξύλινος σκελετός	5.191	3.875	9.066
Πλαστικά Χωρικού Τύπου	Μεταλλικός σκελετός	9.386	1.320	10.706
	Ξύλινος σκελετός	8.466	461	8.927
<b>Συνολική έκταση</b>		<b>34.042</b>	<b>12.399</b>	<b>46.441</b>





Πίνακας 4: Διάφοροι τύποι θερμοκηπίων στην Ελλάδα. (στοιχεία του 1992)

Τύποι θερμοκηπίων	Συνολική έκταση (στρέμματα)	Χωρίς θέρμανση	Αντιπαγετική προστασία	Συστηματική θέρμανση
Υαλόφρακτα	1810	78	37	1695
Πλαστικά				
A) Τυποποιημένα	(15833)	(9730)	(2885)	(3218)
Μεταλλικός σκελετός	11407	6014	2355	3038
Ξύλινος σκελετός	4426	3716	530	180
B) Χωρικού τύπου	(26702)	(17342)	(8875)	(485)
Μεταλλικός σκελετός	11571	8337	3036	198
Ξύλινος σκελετός	15131	9005	5839	287
<b>Σύνολο</b>	<b>44345</b>	<b>27150</b>	<b>11797</b>	<b>5398</b>

Πίνακας 5: Εκτάσεις σε στρέμματα που κατελάμβαναν διάφορες καλλιέργειες το 2003. (Περιλαμβάνονται και περιπτώσεις με περισσότερες από μια καλλιέργειες το έτος.)

Είδος καλλιέργειας	Χωρίς θέρμανση (στρέμματα)	Με θέρμανση (στρέμματα)	Συνολική έκταση (στρέμματα)
Τριαντάφυλλα	211	781	992
Γαρύφαλλα	392	275	667
Γλαστρικά	313	897	1.210
Αγγούρι	7.015	2.616	9.631
Τομάτα	20.828	6.679	27.507
Φράουλα	1.870	-	1.870
Λοιπά κηπευτικά	7.751	2.759	10.510
Λοιπά ανθοκομικά	705	209	914



## 1.3 Υλικά κατασκευής θερμοκηπίου

Στην αρχή του κεφαλαίου αναφέρθηκε ότι 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:

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

## 1.4 Υλικά σκελετού

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούμε στο θέμα της κατασκευής ενός θερμοκηπίου και δη με τα υλικά κατασκευής του σκελετού. Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι η επιλογή του υλικού κατασκευής εξαρτάται από μερικούς παράγοντες που αν δε ληφθούν υπόψη από τον παραγωγό, μπορεί να φέρουν αποτελέσματα αντίθετα με τα προσδοκώμενα, έως ακόμη και τη χρεοκοπία.

Η προτίμηση λοιπόν 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.

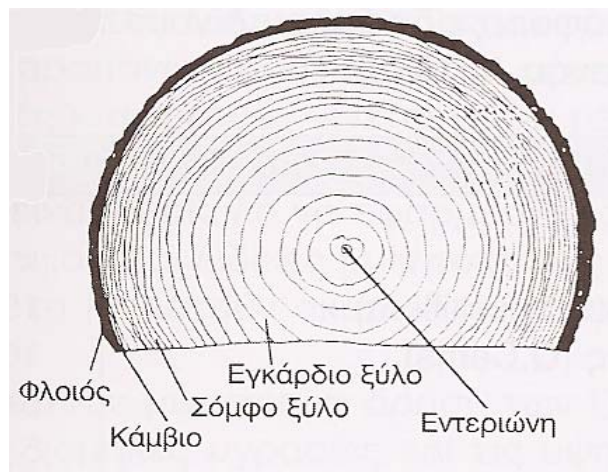


**Έτσι τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι:**

- A) Το ξύλο
- B) Το αλουμίνιο
- Γ) Ο χάλυβας

**A) ΞΥΛΟ**

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



**Διάγραμμα 2**

Τα κυριότερα τμήματα του κορμού ενός δέντρου

Το ξύλο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή θερμοκηπίων με μικρό ελεύθερο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας ( κάτω από 6m). Το χαμηλότερο κόστος του ξύλου και οι κλιματικές συνθήκες που συνήθως επιτρέπουν την ανάπτυξη απλών κατασκευών , επέδρασαν ώστε η μεγαλύτερη έκταση των θερμοκηπίων στη χώρα μας να είναι κατασκευασμένα με ξύλινο σκελετό ή με σκελετό από συνδυασμό ξύλου και μετάλλου .



Το ξύλο είναι λοιπόν το πιο γνωστό υλικό κατασκευής σκελετών θερμοκηπίων και γενικότερα δομικό υλικό. Παρόλο που ήταν γνωστό από την αρχαιότητα ο άνθρωπος εξακολουθεί να το χρησιμοποιεί έως και σήμερα αν και υπάρχουν άλλα υλικά που είναι ανταγωνιστικά με το ξύλο όπως τα μέταλλα, τα πλαστικά κλπ.

**Έτσι, η χρησιμοποίηση του ξύλου κρίνεται δίκαιη αν αναλογιστεί κανείς τα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η επιλογή:**

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 και έτσι μπορεί ο ίδιος ο καλλιεργητής να κατασκευάσει ένα φθινό θερμοκήπιο.
4. Έχει μεγάλη αντοχή σε σχέση με το βάρος του.
5. Είναι μονωτικό στον ηλεκτρισμό.
6. Δεν οξειδώνεται.
7. Η σύνδεση του με συνδετήρες ή συγκολλητικές ουσίες είναι επίσης εύκολη.

**Θα ήταν όμως παράξενο ένα δομικό υλικό να έχει μόνο πλεονεκτήματα, έτσι παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα που είναι τα εξής:**

1. Η μικρότερη μηχανική αντοχή του σε σχέση με το μέταλλο.
2. Η μεταβολή του σχήματος του από την εναλλασσόμενη υγραση και ξήρανση.
3. Εύκολη προσβολή από βιολογικούς εχθρούς όπως έντομα, μύκητες και βακτήρια.
4. Απαιτεί μεγαλύτερες διατομές ξύλου για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται θερμοκήπια με περισσότερη σκίαση στο χώρο τους.
5. Έχει την ιδιότητα να καίγεται.
6. Είναι υλικό ανισότροπο που σημαίνει ότι σε διαφορετικές διευθύνσεις παρουσιάζει



διαφορετική μηχανική αντοχή και διαφορετική μεταβολή διαστάσεων.

7. Δεν έχει σταθερές ιδιότητες που οφείλεται στο ότι το ξύλο παράγεται από πολλά είδη δέντρων.

Ερχόμενοι τώρα στη διάρκεια ζωής των διαφόρων ειδών ξύλου που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή θερμοκηπίων, το ξύλο από πεύκο ή κυπαρίσσι που δεν έχει εμποτιστεί με συντηρητικές ουσίες, ζει 4 – 5 χρόνια ενώ η καστανιά ζει περισσότερα από 6 χρόνια.

Ένα σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι ότι τα διάφορα είδη ξύλου παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή ανάλογα με τους βιολογικούς και φυσικοχημικούς παράγοντες που αυτά εκτίθενται. Γενικότερα η αντοχή του ξύλου εκτιμάται με τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το ξύλο διατηρεί τις ιδιότητες του χωρίς καμιά προστασία.



**Εικόνα 1**

Σκελετός θερμοκηπίου από ξύλο



Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας που δείχνει τη διάρκεια ζωής διαφόρων ειδών ξύλου (Εγκάρδιο ξύλο):

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Πλατύφυλλα	Χρόνια
Λεύκη μαύρη	< 5
Απόδισκος Δρυς ( Q. Sessiliflora)	15 με 20
Ευθύφυλλος Δρυς ( Q. Cerris)	10 με 15
Καστανιά	15 με 25
Οξιά	<5
Iroko	>25
Teak	>25
Κωνοφόρα	Χρόνια
Ελάτη	5 με 10
Πεύκη Radiata	5 με 10
Πεύκη μαύρη	5 με 10
Πεύκη δασική	5 με 10
Πεύκη Maritima	10 με 15
Ερυθρελάτη	5 με 10

Όλα τα ξύλα όπως είναι φυσικό δεν έχουν την ίδια φυσική αντοχή. Άλλα αντέχουν περισσότερο όπως π.χ. η καστανιά και η τούγια και άλλα λιγότερο. Όταν τα ξύλα δεν αντέχουν πολύ πρέπει να γίνεται επεξεργασία με προστατευτικά μέσα, για να μειωθούν στο ελάχιστο οι περιπτώσεις παραμόρφωσης του ξύλου, ιδίως όταν απαιτείται άριστη προσαρμογή.

Η επιλογή του ξύλου πρέπει να γίνεται προσεκτικά, ώστε να μην φέρουν σχισμές, μεγάλους ρόζους, κενά κλπ. Η επιλογή αυτή επιβάλλεται να γίνεται πριν από οποιαδήποτε βαφή του ξύλου, επειδή μετά δεν είναι φανερές οι ατέλειες των ξύλων. Σήμερα το υψηλό κόστος του ξύλου, καθώς και η ανάγκη συντήρησης του, έχουν στρέψει την προσοχή των κατασκευαστών στην μεταλλική προκατασκευή.



## **B) Αλουμίνιο**

Η χρήση του αλουμινίου σήμερα στα θερμοκήπια έχει γενικευτεί .

Ιδιαίτερα χρησιμοποιείται στην κατασκευή των λεπτών σκελετικών στοιχείων τα οποία φέρουν τα τζάμια, καθώς και των υδρορροών.

Η χρήση του αλουμινίου και των άλλων κραμάτων του 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. Το μοναδικό μειονέκτημα που μπορεί να βρεθεί στο αλουμίνιο είναι το πολύ υψηλό κόστος αγοράς που έχει.

Το αλουμίνιο δεν διαβρώνεται από την ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου και δεν απαιτεί βαφή. Στα σημεία όμως που ευρίσκεται σε επαφή με τον σίδηρο ή με το σκυρόδεμα, θα πρέπει να γίνει ειδική προστασία με βαφή από πίσσα, ώστε να αποφευχθεί η ηλεκτρολυτική διάβρωση. Στα σημεία ενώσεως με όλα τα χαλύβδινα στοιχεία, παρεμβάλλεται συνήθως πισσόχαρτο.



Στις συνήθεις περιπτώσεις υαλόφρακτων θερμοκηπίων για οικονομικούς λόγους, το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το 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.

### Γ) Χάλυβας

Η εποχή του σιδήρου αρχίζει περίπου τον 15ο αιώνα π.Χ. στην περιφέρεια του Καυκάσου . Στην Ευρώπη κατά πάσα πιθανότητα ο σίδηρος εισάγεται γύρω στον 12ο αιώνα π.Χ.

Με το όνομα χάλυβας φέρεται στο εμπόριο ένας μεγάλος αριθμός κραμάτων τα οποία αποτελούνται κυρίως από σίδηρο που περιέχει άνθρακα σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 0,1% ως 1% . Διαφέρει από τον χυτοσίδηρο ο χάλυβας γιατί έχει μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0,1-1% έναντι 3- 4,5% του χυτοσίδηρου), έχει πυκνότερη κοκκομετρία και μικρότερο ποσοστό των διαφόρων προσμίξεων πυριτίου , φωσφόρου και θείου . Οι διάφοροι χάλυβες μπορεί να περιέχουν και διάφορα άλλα μέταλλα τα οποία προστίθενται με σκοπό τη δημιουργία κραμάτων ειδικών ιδιοτήτων , όπως το χρώμιο , το νικέλιο , το μαγγάνιο , το μολυβδένιο κ.ά.

Ο χάλυβας στην κατασκευή των θερμοκηπίων , χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα , διαμορφωμένος σε σωλήνα ( Ο ) ή σε διατομές διαφόρων σχημάτων Π, □, Γ κ.ά ή χυτός σε διατομές Η , Τ.

Έχουμε θερμοκήπια που είναι εξολοκλήρου 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. Ο χάλυβας λόγω της υψηλής αντοχής του, απαιτεί σχετικά μικρές διατομές για δεδομένο φορτίο.





**Γενικά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει ο χάλυβας είναι:**

1. Έχει καλές μηχανικές ιδιότητες.
2. Η αντοχή του σε οποιοδήποτε είδος καταπόνησης είναι καλύτερη από αυτή του ξύλου.
3. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
4. Αντοχή στο σάπισμα και στην προσβολή από μύκητες και έντομα.
5. Ανθεκτικότητα στη φωτιά.
6. Μεγάλη ελαστικότητα, που επιτρέπει στο υλικό να διαμορφώνεται σε διάφορα σχήματα και διαστάσεις.
7. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκήπια ανοίγματος μέχρι 12 m, ενώ το ξύλο χρησιμοποιείται για μικρού ανοίγματος θερμοκήπια (κάτω των 6 m). Η μείωση των στοιχείων του μεταλλικού σκελετού καθώς και ο μεγαλύτερος συντελεστής ανάκλασης στην οπτική ακτινοβολία συμβάλλουν σε μεγαλύτερη φωτεινότητα του εσωτερικού χώρου.

Τα σκελετικά υλικά από χάλυβα έχουν βασικά δύο μειονεκτήματα. Το πρώτο βέβαια είναι ότι έχουν μεγάλο κόστος αλλά το βασικότερο πρόβλημα είναι ότι οξειδώνεται επιφανειακά, όπου και όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν. Για την αντιμετώπιση αυτού του τελευταίου προβλήματος, χρησιμοποιείται η μέθοδος του γαλβανίσματος του χάλυβα, η επιψευδαργύρωση δηλαδή των χαλύβδινων ή χυτοσιδήρων επιφανειών.

Χρησιμοποιούνται και άλλοι μέθοδοι προστασίας όπως π.χ. το βάψιμο των σκελετικών υλικών αλλά η παραπάνω μέθοδος παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα όπως:

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 κατασκευαστή έχει πολλές δυσκολίες, ιδιαίτερα στην προστασία από τη διάβρωση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η καλύτερη προστασία που μπορεί να γίνει είναι η βαφή με ψευδάργυρο που βρίσκεται εντός συνθετικής ρητίνης ή όπως αλλιώς λέγεται προστασία με ψυχρό γαλβάνισμα.



## 1.5 Υλικά κάλυψης

Μετά την κάλυψη του θέματος που αφορά τα υλικά κατασκευής του σκελετού, πρέπει να αναφερθεί ότι σημαντικό ρόλο παίζει και το υλικό με το οποίο γίνεται η κάλυψη του θερμοκηπίου και άρα των καλλιεργούμενων κάτω από το θερμοκήπιο ειδών. Κι αυτό γιατί τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι που μας επιτρέπουν την εκτός εποχής καλλιέργεια.



Διάγραμμα 3

Ποσοστιαία σχηματική παράσταση των διαφορετικού τύπου καλύμματος θερμοκηπίων που είναι εγκατεστημένα στη χώρα μας.

Όμως τα υλικά κάλυψης που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι πολλά, το καθένα με τις δικές του ιδιότητες και μοναδικά χαρακτηριστικά. Το μόνο που μένει είναι ο εκάστοτε παραγωγός να αποφασίσει πιο από όλα αυτά να χρησιμοποιήσει. Αυτό όμως δεν είναι και τόσο εύκολη υπόθεση αφού για την επιλογή αυτή θα πρέπει να ληφθούν κάποιοι παράγοντες.

**Αυτοί οι παράγοντες θα πρέπει να αφορούν:**

- 1 το κόστος των υλικών κάλυψης
- 2 την καλυπτόμενη καλλιέργεια
- 3 τα υλικά κατασκευής του σκελετού
- 4 τις κλιματικές συνθήκες
- 5 την δομή του εδάφους
- 6 τη διάρκεια ζωής των υλικών κάλυψης
- 7 την αντοχή τους

*Προσδιορισμός μηχανικών αντοχών και επιμήκυνσης από την επίδραση φορτίου σε πλαστικά φύλλα .*



Αν η επιλογή πρέπει να γίνει ανάμεσα από πλαστικά θα πρέπει αυτά να ελέγχονται και ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- 1 Πυκνότητα
- 2 Ρευστότητα σε υψηλή θερμοκρασία
- 3 Κανονικότητα του πάχους σε όλα τα σημεία του πλαστικού
- 4 Αντοχή στον εφελκυσμό
- 5 Αντοχή στη διάτμηση
- 6 Τεχνητό γήρας

Είναι βέβαια επόμενο ότι ο έλεγχος αυτός των υλικών δεν μπορεί να γίνει από έναν Γεωπόνο αφού χρειάζεται κατάλληλα εξοπλισμένο εργαστήριο. Για αυτό υπάρχουν οι κατάλληλες υπηρεσίες.

Αν η επιλογή του υλικού κάλυψης δεν είναι η σωστή τα προβλήματα που θα προκύψουν μπορεί να είναι από απλά μια μείωση της παραγωγής, μέχρι και ολική καταστροφή της κατασκευής. Μπορεί δηλαδή να έχω κακή ποιότητα δρεπτών ανθέων λόγω του ότι το πλαστικό που χρησιμοποιήθηκε δεν άντεχε σε τόσο υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι αλλοιώθηκε η σύνθεση του με αποτέλεσμα μέσα στο θερμοκήπιο να μην επικρατούν οι προβλεπόμενες συνθήκες.

Υπάρχει όμως και η περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε γυαλί, σαν υλικό κάλυψης, σε χαλαζόπληκτη περιοχή και έτσι μετά από ένα χαλάζι να καταστράφηκε όχι μόνο η φιλοξενούμενη καλλιέργεια, αλλά και ολόκληρη η κατασκευή, αφού το γυαλί δεν αντέχει στο χαλάζι.

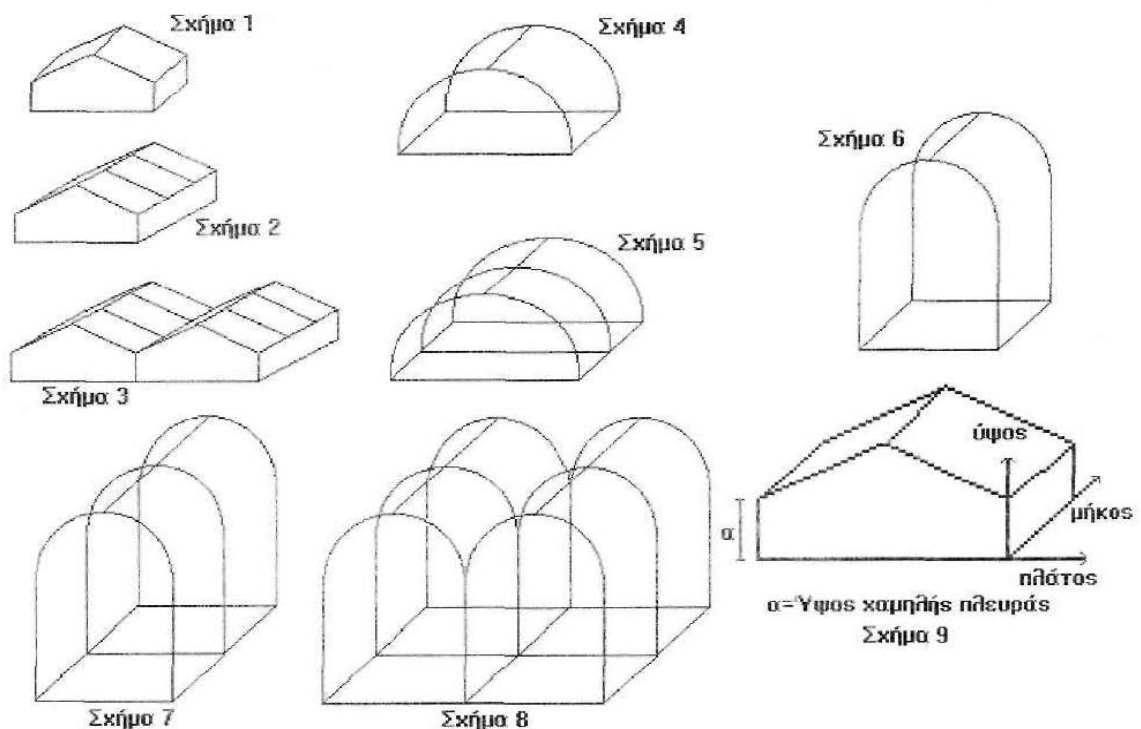
Για το λόγο αυτό η επιλογή του υλικού κάλυψης θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά από έναν έμπειρο Γεωπόνο και αφού εκτιμηθούν από αυτόν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που συνθέτουν το πρόβλημα της επιλογής.



## 1.6 Μορφές θερμοκηπίων στον ελλαδικό χώρο

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

Τα θερμοκήπια κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα .Δύο όμως είναι τα βασικά σχήματα από τα οποία με μικρές παραλλαγές προκύπτουν σχεδόν όλα τα άλλα : το τοξωτό και το αμφικλινές .



Διάγραμμα 4

Διάφορα σχήματα θερμοκηπίων

Η επεξήγηση του σχήματος είναι:

- Σχήμα 1: Κατασκευαστική αμφίρρικτου θερμοκηπίου
- Σχήμα 2: Αμφίρρικτο απλό
- Σχήμα 3: Αμφίρρικτο πολλαπλό
- Σχήμα 4: Κατασκευαστική μονάδα τοξωτού θερμοκηπίου
- Σχήμα 5: Τοξωτό απλό
- Σχήμα 6: Κατασκευαστική μονάδα τροποποιημένου τοξωτού θερμοκηπίου
- Σχήμα 7: Τροποποιημένο τοξωτό απλό
- Σχήμα 8: Τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό .



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

## Τα πλαστικά ως υλικά κάλυψης



## 2.1 Τα πλαστικά ως υλικά κάλυψης

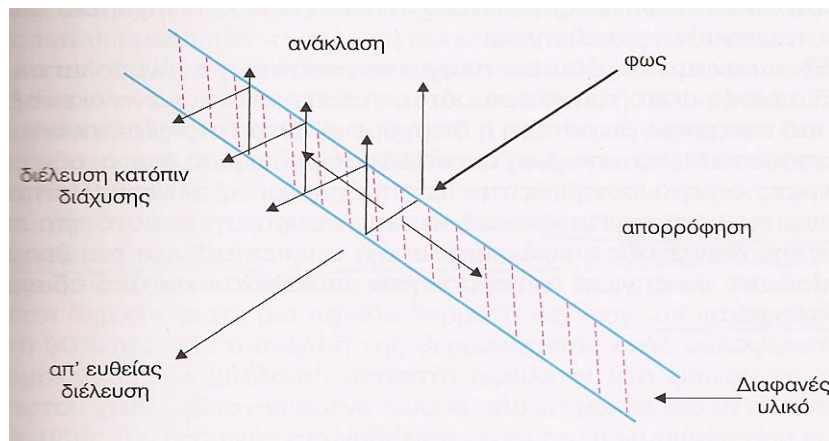
### Γενικά

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

Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης πρέπει να επιτρέπει να διέλθει μέσα από το υλικό όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα 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 φώς να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών .

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

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



Διάγραμμα 5

Περατότητα του διαφανούς υλικού στο φώς



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

Ποσοστό διέλευσης της ακτινοβολίας ορίζεται ο λόγος της διερχόμενης προς την προσβάλλουσα την επιφάνεια ακτινοβολία .

Η διέλευση του φωτός μέσω ενός υλικού μπορεί να γίνει απ' ευθείας η 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 κ.α.) θα είναι πολύ έντονες . Αντίθετα , όταν με την διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται και διάχυση 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 .

Είναι γνωστό ότι όσο πιο πλάγια προσπίπτει η ακτινοβολία σε ένα διάφανο υλικό τόσο περισσότερη είναι η ανακλώμενη ακτινοβολία και επομένως μικρότερη η διερχόμενη . Όταν αναφέρεται απλώς το ποσοστό διέλευσης μιας ακτινοβολίας μέσω μιας διαφανούς επιφάνειας , αφορά συνήθως την περίπτωση που η ακτινοβολία προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια . Επίσης αφορά την περατότητα στο φως της διαφανούς επιφάνειας και όχι την περατότητα του θερμοκηπίου στο φως , γιατί το θερμοκήπιο αποτελείται και από αδιαφανή στοιχεία .

Η περατότητα ή μη , στη θερμική ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία) είναι η άλλη σημαντική ιδιότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων . Η θερμική ακτινοβολία , όπως είναι γνωστό εκπέμπεται από 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 στην 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 μία παγίδα θερμότητας , στην οποία οφείλεται κατά 30% περίπου η αύξηση της θερμοκρασίας ενός υαλόφρακτου 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 το πολυαιθυλένιο ψύχονται πιο γρήγορα τις βραδινές και νυχτερινές ώρες .Παρ' όλα αυτά, το ποσοστό περατότητας περιορίζεται πολύ στην πράξη , λόγω της υγρασίας η οποία συμπυκνώνεται υπό μορφή σταγόνων στην εσωτερική πλευρά του πολυαιθυλενίου . Με τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω στο πολυαιθυλένιο , παρατηρείται μείωση της περατότητας στη θερμική ακτινοβολία της τάξης του 50% (στο σύνολο του θερμοκηπίου). Η υψηλή περατότητα του καλύμματος στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία εκτός των μεγαλύτερων απωλειών ενέργειας που επιτρέπει , έχει επιπτώσεις και στην θερμοκρασία των φύλλων , ιδιαίτερα τις νύχτες με καθαρό ουρανό .Σε ένα μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο ή με μόνο επιδαπέδια θέρμανση , η διαφορά θερμοκρασίας των επάνω φύλλων ως προς αυτήν του αέρα του θερμοκηπίου , είναι σημαντικά μεγαλύτερη (μικρότερη η θερμοκρασία του φύλλου) σε ένα θερμοκήπιο με πλαστικό φύλλο κοινού πολυαιθυλενίου , από ένα υαλόφρακτο θερμοκήπιο .Αυτό συνεπάγεται συμπυκνώσεις υδρατμών επάνω στα φύλλα και κατά συνέπεια ανάπτυξη φυτασθενειών .

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



Πίνακας 7. Περαιτότητα στη μικρού μήκους κύματος και στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ορισμένων υλικών.

Υλικό (πριν τη χρησιμοποιήσή του) φως	Ποσοστό διέλευσης ακτινοβολίας %				
	Φωτεινή ακτινοβολία				Θερμική
	Απλή κάλυψη		Διπλή κάλυψη		
	Απ' ευθείας	Ολικό φως	Απ' ευθείας	Ολικό φως	
1. Πολυαιθυλένιο διαφανές, καθαρό χωρίς προσμίξεις	93	93	88	-	88
2. Πολυαιθυλένιο διαφανές κοινό εμπορίου	76	89	-	80	71
3. Πολυαιθυλένιο με σταθεροποιητή U.V	74	88	-	-	64
4. Υαλοπίνακας 3mm	86	90	75	-	1
5. P.V.C. διαφανές καθαρό	86	91	-	84	12
6. P.V.C. διαφώτιστο	-	89	-	82	12
7. Mylar (πολυεστέρας φύλλο)	86	90	80	-	16
8. Πολυεστέρας ενισχυμένος με ίνες υάλου	68	78	-	64	1
9. Ακρυλικό διπλού επιπέδου	-	-	63-83	-	
10. Polycarbonate διπλού επιπέδου	-	-	-	73-77	-

Στα πλαστικά, η αντοχή στο χρόνο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Η υπεριώδης ακτινοβολία (U.V.) είναι ο σημαντικότερος, γιατί προκαλεί φωτοχημικά φαινόμενα εντός του σώματος του διαφανούς πλαστικού, με αποτέλεσμα μείωση της φωτεινής περαιτότητας του, της μηχανικής αντοχής του και τελικά την καταστροφή του.



Οι ακτινοβολίες μεταξύ 300 και 350 nm είναι πλέον δραστικές για τα περισσότερα πολυμερή πλαστικά . Αυτό το μήκος (300 – 350 nm) 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 .

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

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



## 2.2 Πλαστικά Υλικά

Τα πλαστικά υλικά είναι σύνθετα πολυμερή υλικά που αποτελούνται από γιγαντιαία μόρια , όπου στη σύνθεση των μορίων τους συμμετέχουν χιλιάδες άτομα . Οι κυριότερες ομάδες φυσικών πολυμερών είναι οι πολυσακχαρίτες , τα νουκλεινικά οξέα και οι πρωτεΐνες .

Τα σύνθετα πολυμερή αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα , στην αρχή με απλή επεξεργασία των φυσικών πολυμερών (βαμβάκι , μετάξι) και αργότερα με την ανάπτυξη απολύτως συνθετικών πολυμερών .

Γενικά τα πρώτα πλαστικά πρωτοδημιουργήθηκαν στις αρχές του αιώνα με τη νιτρική σελουλόζη (και τα σελουλοειδή) και πήραν σημαντική ανάπτυξη λίγο μετά , όταν αναπτύχθηκε το συνθετικό υλικό με το όνομα βακελίτης , από Βέλγο χημικό , καθώς και με την παρασκευή του πολυαμιδίου (Νάιλον) και πολυαιθυλενίου λίγο πριν το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο , στις ΗΠΑ και Μ. Βρετανία αντίστοιχα .

**Γενικά τα πλαστικά υλικά μπορεί να ταξινομηθούν στους ακόλουθους τύπους :**

- **Θερμοπλαστικά υλικά :** τα οποία χάνουν το σχήμα τους όταν θερμανθούν και μπορεί να ανασχηματισθούν όταν αφεθούν να κρυώσουν χωρίς να χάσουν σημαντικά χαρακτηριστικά από τις ιδιότητες τους . Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η θερμοσυγκόλληση (πολυαιθυλένιο , PVC, PC, PMMA) .

- **Θερμοσκληρά υλικά :** τα οποία υφίστανται μια χημική μεταβολή κατά τη διάρκεια του σχηματισμού τους από τη ρευστή στη στερεή κατάσταση , που τα καθιστά αμετάβλητα στο σχήμα , χωρίς να είναι δυνατό να μαλακώσουν με τη θερμοκρασία ή να ρευστοποιηθούν πάλι ( Βακελίτης , ενισχυμένος πολυεστέρας) .

- **Ελαστομερή :** διακρίνονται από την πολύ υψηλή ελαστικότητα που έχουν . Αυτά χαρακτηρίζονται θεωρητικά ως θερμοσκληρά υλικά , αλλά παρουσιάζουν κάποια μικρή δυνατότητα επαναφοράς τους από θέρμανση .



**Παρακάτω παρατίθενται τα πιο σημαντικά υλικά κάλυψης:**

**A) Γυαλί**

1. Απλό
2. Τύπου Martele (Κυματοειδής μορφής)



**Εικόνα :** Θερμοκήπιο από Γυαλί απλού τύπου.

**B) Πλαστικά από:**

1. Πολυαιθυλένιο (PE)
2. Πολυαιθυλένιο υψηλής μηχανικής αντίστασης, μεγάλης διάρκειας και μεγάλου πλάτους
3. Πολυαιθυλένιο «Anti-Bue»
4. Πολυαιθυλένιο φωτοεκλεκτικό
5. Μαύρο πολυαιθυλένιο
6. Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
7. Αιθυλενοβινυλοακετυλένιο (EVA)

*Προσδιορισμός μηχανικών αντοχών και επιμήκυνσης από την επίδραση φορτίου σε πλαστικά φύλλα .*



8. Πολυπροπυλένιο (PP)
9. Πολυαμίδη (Naylon)
10. Φθοριούχο πολυβινύλιο
11. Πολυεστερικές ταινίες
12. Πολυστερίνη
13. Πολυουρεθάνη
14. Πλαστικά διαμορφωμένα σε πλάκες:
  - Πολυεστέρας ενισχυμένος με γυάλινες ίνες
  - Ενισχυμένο πολυβινυλοχλωρίδιο
  - Ακρυλικές πλάκες (Πολυμεθακρυλικός μεθυλεστέρας)
  - Πολυκαρβονικό φύλλο

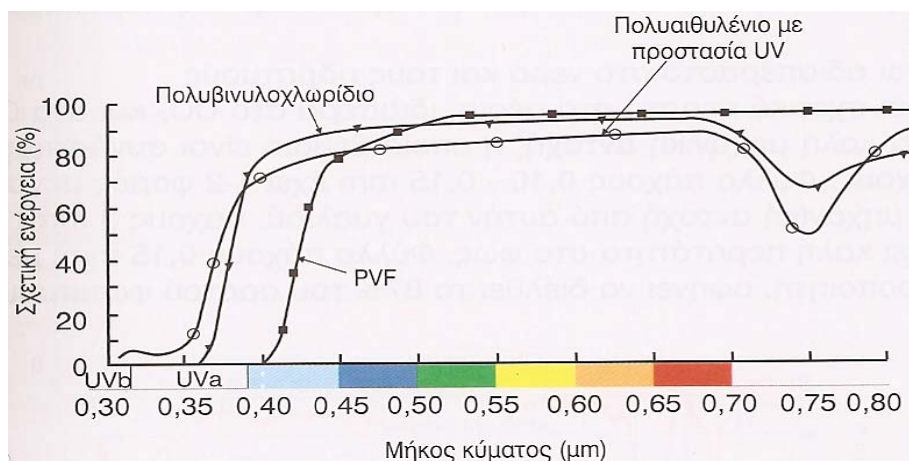




## 2.2.1 Τα διάφορα πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται ευρέως στην κάλυψη των θερμοκηπίων

### 2.2.1.1 Εύκαμπτα πλαστικά φύλλα

Στα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα πλαστικού περιλαμβάνονται η σελλουλόζη ,το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE),το φύλλο EVA, το φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), το φύλλο πολυβινυλοφθοριδίου (PVF) και το φύλλο πολυεστέρα .Το φύλλο πολυαιθυλενίου είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα, διεθνώς .Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων λόγω του μικρού μοριακού βάρους τους, της χαμηλής τιμής τους, της δυνατότητας που δίνουν για χρησιμοποίηση ελαφρότερου και φθηνότερου σκελετού και γενικά λόγω του χαμηλού κόστους αρχικής επένδυσης που επιτυγχάνεται στο σύνολο του θερμοκηπίου .



**Διάγραμμα 6**  
Περαιτότητα της ακτινοβολίας σε διάφορα πλαστικά φύλλα κάλυψης του θερμοκηπίου

Η διάρκεια ωφέλιμης χρήσης των πλαστικών φύλλων είναι σχετικά μικρή, χρειάζεται να αντικατασταθεί το κάλυμμα αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της παραγωγικής ζωής του θερμοκηπίου .Γι' αυτό ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη στερέωση του πλαστικού φύλλου στο σκελετό του θερμοκηπίου .



### 2.2.1.2 Σελουλλόζη



Είναι ένα φυσικό πολυμερές προερχόμενο από την κυτταρίνη. Με την προσθήκη νιτρικού οξέως παράγεται η νιτρική σελουλλόζη, η οποία με την αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από την κανονική γίνεται κάπως πιο πλαστική. Η προσθήκη καμφοράς στο υλικό της νιτρικής σελουλλόζης δημιουργεί ένα μίγμα το οποίο έχει πολύ μεγαλύτερη πλαστικότητα. Παρόλο που δεν είναι ανθεκτικό και ισχυρό όπως τα νεότερα διαφανή πλαστικά, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε πολλά υλικά οικιακής χρήσεως, λόγω κυρίως της χαμηλής του τιμής και της ευκολότερης αποδόμησής του στις θέσεις

απόρριψης.

### 2.2.1.3 Πολυαιθυλένιο (PE)

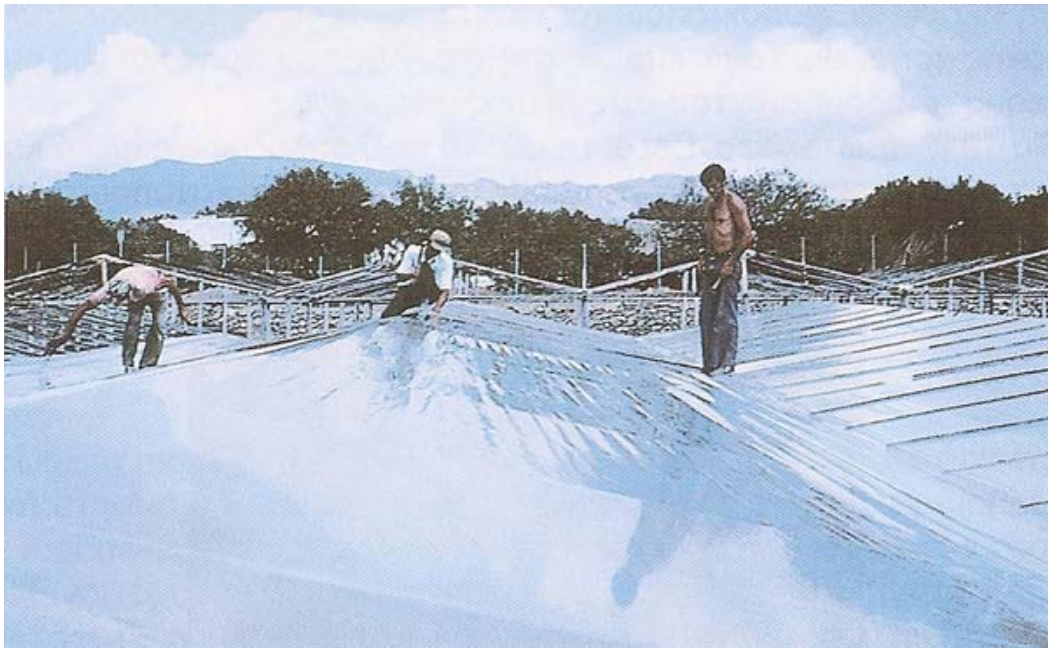
Το πολυαιθυλένιο παράγεται από το αιθυλένιο μετά από πολυμερισμό. Είναι το πιο γνωστό από τα θερμοπλαστικά υλικά. Έχει άριστη αντοχή στη διάβρωση από τα περισσότερα γνωστά χημικά διαβρωτικά. Παραμένει αναλλοίωτο από τις δράσεις των στοιχείων των τροφίμων. Είναι ισχυρό και εύκαμπτο, έχει μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, είναι ελαφρό, ρευστοποιείται και σχηματοποιείται εύκολα. Είναι συγκριτικά φθηνό υλικό και γι' αυτό η χρήση του είναι πολύ διαδεδομένη σε όλους τους τομείς. Το πολυαιθυλένιο είναι διαθέσιμο στην αγορά σε διάφορους τύπους.

Το χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LDPE)

Το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)

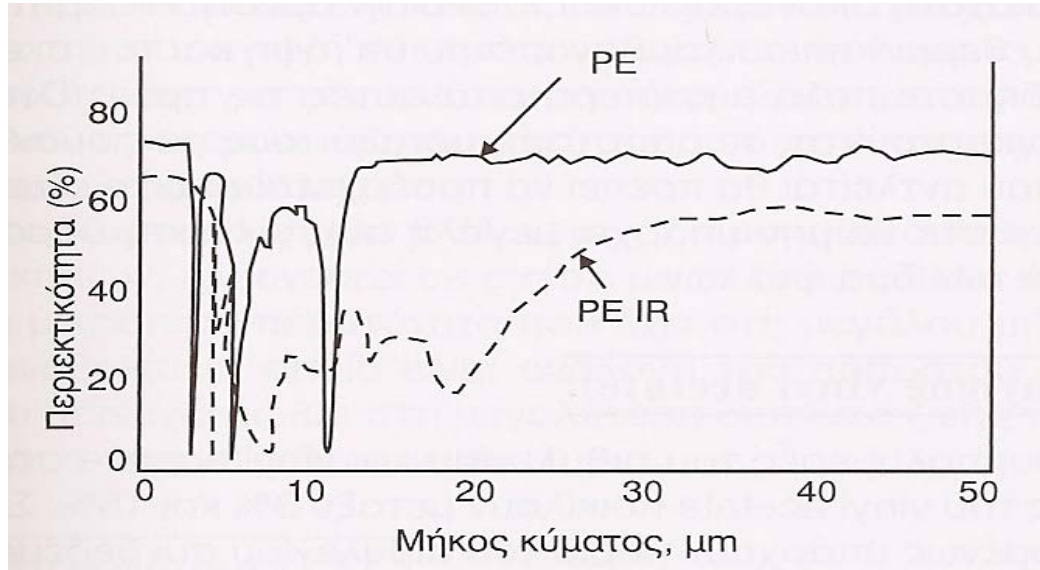
Υψηλού μοριακού βάρους πολυαιθυλενίου





Εικόνα 2

Τοποθέτηση πολυαιθυλενίου σε ξύλινο θερμοκήπιο



Διάγραμμα 7

Περατότητα ακτινοβολίας μέσω ενός κοινού φύλλου πολυαιθυλενίου

PE, και ενός θερμικού πολυαιθυλενίου PE IR.



#### 2.2.1.4 EVA (Ethylene vinyl acetate)

Είναι συμπολυμερές του αιθυλενίου και vinyl acetate στο οποίο οι αναλογίες του vinyl acetate ποικίλουν μεταξύ 3% και 15% .Οι κύριες ιδιότητες του EVA είναι η υψηλή ευκαμψία, η αντοχή, η μεγάλη περατότητα στο φώς, η ελάχιστη περατότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, η μεγάλη αντίσταση στις συνθήκες διάβρωσης του περιβάλλοντος και η αντίσταση στην καταστροφή του από την υπεριώδη ακτινοβολία και το όζον.

Γενικά το πλαστικό φύλλο EVA που χρησιμοποιείται στην κάλυψη των θερμοκηπίων , πλεονεκτεί σε σχέση με το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου στη μικρότερη περατότητα που έχει στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ( η οποία είναι ανάλογη του ποσοστού του vinyl acetate που περιέχεται ) και στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του (φθάνει μέχρι τα 4 έτη) στο θερμοκήπιο .

#### 2.2.1.5 Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Το πολυβινυλοχλωρίδιο, γνωστότερο με τα αρχικά P.V.C., παράγεται από το βινυλοχλωρίδιο μετά από πολυμερισμό. Το αέριο αυτό με την θέρμανση μεταβάλλεται σε ένα σκληρό, λευκό, στέρεο υλικό, το οποίο ρευστοποιείται σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία .Πολύ αργότερα έγινε γνωστό ότι το υλικό αυτό ήταν το πολυβινυλοχλωρίδιο.

Με την προσθήκη ανάλογης ποσότητας υγρού πλαστικοποιητή, παράγεται ένα θερμοπλαστικό υλικό, το οποίο μπορεί να ποικίλει σε σκληρότητα, από πολύ εύκαμπτο μέχρι δύσκαμπτο υλικό όταν δεν έχει πλαστικοποιητή .

Το φύλλο PVC που χρησιμοποιούνται στην κάλυψη των θερμοκηπίων σε θερμοκρασίες άνω των 60οC αλλοιώνεται, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες, μικρότερες των -20οC, το PVC γίνεται εύθραυστο .Στο PVC που χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων έχουν ενσωματωθεί επίσης πρόσθετα που του προσδίδουν μεγαλύτερη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία .



### 2.2.1.6 Πολυεστερικά φύλλα

Οι πολυεστέρες αυτού του είδους είναι προϊόντα πολυμερισμού της αιθυλικής αλκοόλης, της προπυλικής γλυκόζης και των μαλεϊκού και φουμαρικού οξέως. Τα πολυεστερικά φύλλα όπως αυτά με το εμπορικό όνομα mylar και melynex έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής .

Για οροφή χρησιμοποιείται φύλλο πάχους 0,127mm που έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 4 χρόνια, ενώ για κάθετα τοιχώματα, φύλλα 0,076mm με διάρκεια ζωής 7 χρόνια .Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι επίσης η περατότητα του στο φώς, που πλησιάζει εκείνη του γυαλιού, καθώς και η έλλειψη στατικού ηλεκτρισμού, που έχει αποτέλεσμα να μην συγκρατεί μεγάλη ποσότητα σκόνης στην επιφάνεια του όπως το PVC.

### 2.2.1.7 Φθοριούχα (Fluorocarbons)

Τα πιο σημαντικά από αυτά τα υλικά είναι το πολυβινυλοφθορίδιο (PVF) και το πολυτετραφθοροαιθυλένιο ή PTFE .Το μόριο του PVF είναι όπως αυτό του PVC στο οποίο τα άτομα του χλωρίου έχουν αντικατασταθεί από άτομα του φθορίου .

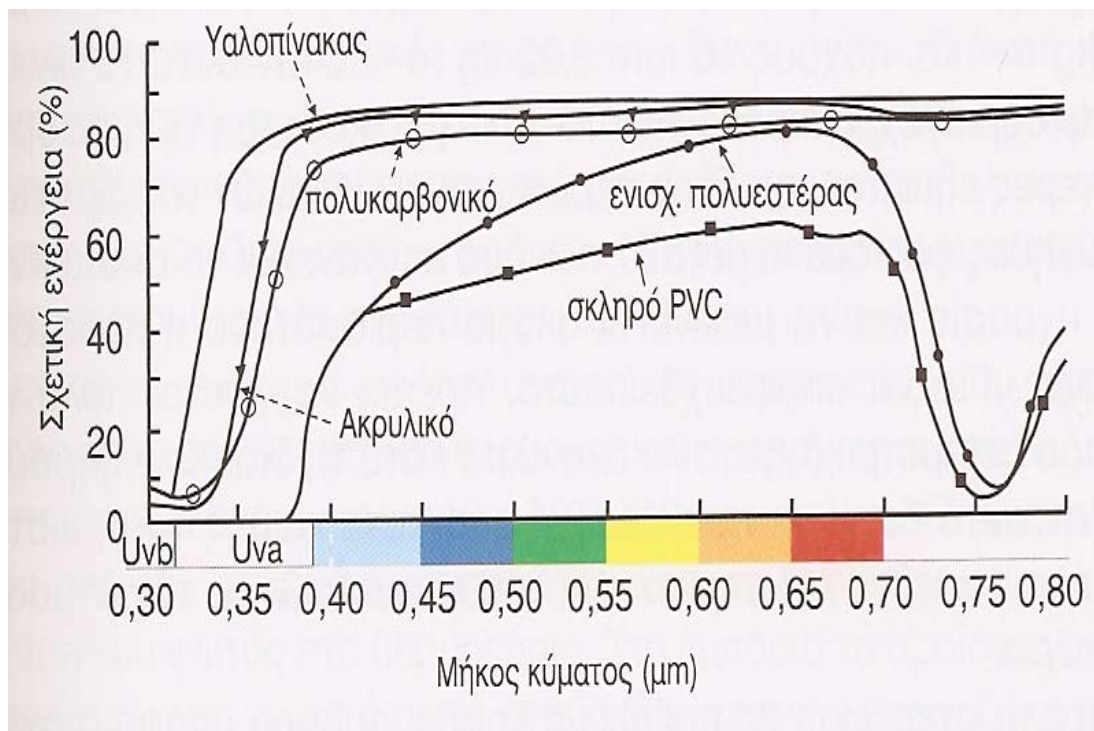
Τα προϊόντα του PTFE ανθίσταται σε όλους τους διαλύτες και διαβρωτικά χημικά .Θερμόθεικό οξύ που είναι πολύ διαβρωτικό ή ακόμα και το βασιλικό υγρό δεν επηρεάζει το PTFE .Ανέχεται επίσης τις υψηλότερες θερμοκρασίες από όλα τα πλαστικά υλικά, χρησιμοποιείται σε θερμοκρασίες μέχρι και 300οC.

Είναι άριστος ηλεκτρικός μονωτής και έχει πολύ χαμηλό συντελεστή ιξώδους .Το υψηλό κόστος του PTFE σήμερα περιορίζει τις χρήσεις του μόνο σε εφαρμογές που αξιοποιούνται πλήρως οι ιδιαίτερες ιδιότητες του .



## 2.3 Επιφάνειες σκληρού πλαστικού

Οι επιφάνειες σκληρού πλαστικού είναι μεγαλύτερου πάχους από τα πλαστικά φύλλα και λιγότερο εύκαμπτες από αυτά. Στο εμπόριο κυκλοφορούν επιφάνειες πλάτους 1,25 m και μήκους μέχρι 8 m, σχετικά 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.



Διάγραμμα 8

Περατότητα της ακτινοβολίας σε διάφορα υλικά κάλυψης του θερμοκηπίου



### 2.3.1 Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC)

Οι πολυκαρβονικές επιφάνειες είναι θερμοπλαστικοί πολυεστέρες που έχουν άριστες μηχανικές ιδιότητες, ιδιαίτερα έχουν υψηλή αντοχή στα χτυπήματα και αντέχουν σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες .

Ως διάφανες υλικό χρησιμοποιείται ευρέως εκτός από την κατασκευή επιφανειών κάλυψης των θερμοκηπίων και για την κατασκευή σχετικά άθραυστων καλυμμάτων φωταγωγών, λαμπτήρων, μπουκαλιών που χρησιμοποιούνται για την διατροφή των νηπίων, πλαστικών ποτηριών για καφέ κλπ.

Κυκλοφορούν στο εμπόριο υπό μορφή απλών αυλακωτών επιφανειών και υπό μορφή διπλών τοιχωμάτων .Οι απλές επιφάνειες όταν είναι καινούριες, έχουν περατότητα στο φως της τάξης του 87% .

### 2.3.2 Ενισχυμένος πολυεστέρας

Πολυεστερικές ρητίνες : Σε αντίθεση με τον θερμοπλαστικό πολυεστέρα εδώ χρησιμοποιώντας ειδικά μονομερή, παράγονται πολυεστέρες με πλευρικές διακλαδώσεις μεταξύ των μορίων .

Τα παραγόμενα προϊόντα επομένως είναι θερμοσκληρά Π.χ. η προσθήκη στυρενίου στον υγρό πολυεστέρα δίνει τους πλευρικούς δεσμούς και το υγρό βαθμιαία στερεοποιείται χωρίς την εφαρμογή θερμότητας .Από τον πολυεστέρα αυτό με την προσθήκη ινών γυαλιού για να αυξηθεί η αντοχή του υλικού σχηματίζονται οι επιφάνειες πολυεστέρα που χρησιμοποιούνται στις διάφορες κατασκευές και ονομάζονται ενισχυμένες πολυεστερικές επιφάνειες .Είναι επίσης δυνατή η προσθήκη ινών πολυαμιδίου, αντί ινών γυαλιού .

Με την προσθήκη παραγόντων απορρόφησης της υπεριώδους ακτινοβολίας σχηματίζονται και οι διάφορες επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμοκηπίων .Ο ενισχυμένος πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στις χαλαζοπτώσεις και στις περιπτώσεις βανδαλισμών .



### 2.3.3 Σκληρό Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

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

### 2.3.4 Ακρυλικές επιφάνειες

Τα Ακρυλικά είναι μια ομάδα βινυλοπλαστικών από τα οποία σημαντικότερο είναι το PMMA. Παράγεται με πολυμερισμό του methyl methacrylate. Είναι ένα πλαστικό υλικό διάφανο σαν το γυαλί.

Είναι περισσότερο γνωστό με τα εμπορικά ονόματα : Plexiglas, Persper, Vedril και Mouch. Λόγω της μεγάλης του διαφάνειας, της σκληρότητας του και της αντοχής του, χρησιμοποιείται ευρέως για τη δημιουργία διαφανών τμημάτων στις οικιστικές και βιομηχανικές κατασκευές, στα αεροπλάνα καθώς και στην κατασκευή φακών εστίασης, λόγω χαμηλού κόστους κατασκευής. Έχουν ένα πάρα πολύ καλό συντελεστή περατότητας στο φως. Με πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του υλικού αυτού διαρκεί πολύ.

Για να φανεί η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα, όσο αφορά τα υλικά κάλυψης, παρατίθεται ο επόμενος πίνακας:

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Τύποι θερμοκηπίων	Συνολική έκταση (στρέμματα)
Υαλόφρακτα	1810
<b>Πλαστικά</b>	
A) Τυποποιημένα	(15833)
Μεταλλικός σκελετός	11407
Ξύλινος σκελετός	4426
B) Χωρικού τύπου	(26702)
Μεταλλικός σκελετός	11571
Ξύλινος σκελετός	15131
<b>Σύνολο</b>	<b>44345</b>



Είναι σκόπιμο να αναφερθούν μερικές από τις ιδιότητες των πλαστικών, οι οποίες συγκεντρώθηκαν και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9**

<b>Ιδιότητες</b>	<b>Αιτίες για τις οποίες η κάθε ιδιότητα ενδιαφέρει τον καλλιεργητή</b>	<b>Πολυαιθυλένιο (PE)</b>	<b>Χλωριούχο Πολυβινύλιο (PVC)</b>
Διάρκεια ζωής	Για το οικονομικό της καλύψεως	Ένα έτος αν αφεθεί εκτεθειμένο στους θερμούς και έντονης φωτεινότητας μήνες. Αν συμμαζευτεί και προστατευτεί αυτή τη περίοδο η διάρκεια ζωής μπορεί να είναι μεγαλύτερη	Δύο έτη και πλέον, ακόμη κι αν αφεθεί εκτεθειμένο κατά τους θερμούς και έντονης φωτεινότητας μήνες
Μηχανική αντοχή	Για να μην παθαίνει το φιλμ σπασίματα ή γενικά πληγές από διάφορες αιτίες (άνεμοι, χαλάζι κ.λ.π.)	Καλή	Καλή
Χημική αδράνεια	Για να μην αλλοιώνεται ή φθείρεται το φιλμ ερχόμενο σε επαφή με διάφορες χημικές ουσίες	Καλή: δεν υφίσταται ζημιές από γεωργικά φάρμακα, λιπάσματα κ.λ.π.	Καλή: δεν υφίσταται ζημιές από γεωργικά φάρμακα, λιπάσματα κ.λ.π.
Θερμική αγωγιμότητα	Για να μην διαχέεται πολύ γρήγορα η ζέστη από το εσωτερικού του θερμοκηπίου	Πολύ χαμηλή: περί το ένα τέταρτο χαμηλότερη εκείνης του γυαλιού	Ακόμη χαμηλότερη εκείνης του πολυαιθυλενίου



Διαπερατότητα από τις υπεριώδεις ακτίνες και τις ορατές φωτεινές (διαφάνεια)	Για να μπορούν τα φυτά να δέχονται μια μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακού φωτός και να αναπτύσσονται κανονικά	Καλή	Πολύ καλή
Ενέργεια θερμοκηπίου	Για να υπάρχει μέσα στο θερμοκήπιο, με μόνη τη δράση των ηλιακών ακτινών, μια υψηλότερη θερμοκρασία και να διατηρείται επαρκώς υψωμένη ακόμη και στις πιο ψυχρές ώρες		
Ειδικό βάρος	Για οικονομία στην κάλυψη, δεδομένου ότι τα φιλμ πουλιούνται με το ζύγι	0,9	1,3
Κόστος		Το πιο χαμηλό όλων των πλαστικών υλικών	Ανώτερο κατά το 1/3 περίπου ως προς το ΡΕ κι αυτό λόγω του μεγαλύτερου ειδικού βάρους





Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των σκληρών πλαστικών που χρησιμοποιούνται σαν υλικά κάλυψης καλλιεργείων στα θερμοκήπια:

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

Υλικό	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Γυαλί	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. πολύ υψηλή διαφάνεια</li> <li>2. διαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>3. μεγάλη διάρκεια ζωής</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. εύθραυστο</li> <li>2. μικρή αντοχή σε πρόσκρουση (χαλάζι)</li> <li>3. απώλειες θερμότητας με διαφυγή</li> <li>4. υψηλό κόστος αγορά και συντήρησης</li> </ol>
Πλάκες πολυεστέρα ενισχυμένες με ίνες γυαλιού	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ισχυρή διάχυση του ηλιακού φωτός</li> <li>2. αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>3. υψηλές μηχανικές αντοχές</li> <li>4. μεγάλη διάρκεια ζωής</li> <li>5. μικρό βάρος</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. χαμηλή διαφάνεια</li> <li>2. περαιτέρω απώλεια της διαφάνειας κατά τη χρήση, λόγω σκόνης και σταγόνων</li> <li>3. ανάγκη καθαρισμού και συντήρησης</li> <li>4. υψηλό κόστος</li> </ol>
Πλάκες στερεού PVC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. υψηλή διαφάνεια</li> <li>2. μεγάλη διάρκεια ζωής (&gt;3 – 4 χρόνια)</li> <li>3. αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>4. σχετική ευλυγισία</li> <li>5. υψηλές μηχανικές αντοχές</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. σταδιακή μείωση της διαφάνειας κατά τη χρήση, λόγω επικάθησης σκόνης και σταγόνων</li> <li>2. υψηλό κόστος</li> <li>3. μικρή αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες</li> </ol>
Ακρυλικές πλάκες PMMA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. υψηλές μηχανικές αντοχές</li> <li>2. μεγάλη διάρκεια ζωής</li> <li>3. ευλυγισία</li> <li>4. υψηλή διαφάνεια</li> <li>5. αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης</li> <li>2. σταδιακή μείωση της διαφάνειας λόγω επικάθησης σκόνης και σταγόνων</li> </ol>
Πολυκαρβονικές πλάκες PC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (&lt;10 χρ)</li> <li>2. μηχανικές αντοχές</li> <li>3. διαφάνεια</li> <li>4. αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. μείωση της διαφάνειας λόγω επικάθησης σκόνης και σταγόνων</li> <li>2. υψηλό κόστος</li> </ol>



Οι ιδιότητες των μαλακών υλικών κάλυψης είναι:

ΠΙΝΑΚΑΣ 11

Υλικό	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE, LLDPE)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. διαφάνεια</li> <li>2. μηχανικές αντοχές</li> <li>3. διάρκεια ζωής (σταθεροποιημένο)</li> <li>4. δυνατότητα παραγωγής σε μεγάλα πλάτη</li> <li>5. χαμηλό κόστος</li> <li>6. διατηρεί την ιδιότητά του σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. διαπερατό στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>2. δημιουργία σταγόνων στην επιφάνειά του</li> </ol>
EVA (14 – 19 % VA)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>2. μεγαλύτερη αντοχή στην παλαιώση από LDPE</li> <li>3. υψηλότερη διαφάνεια από LDPE</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. μεγάλη ελαστικότητα</li> <li>2. προσελκύει σκόνη στην επιφάνειά του</li> <li>3. ακριβότερο</li> <li>4. μαλακώνει σε υψηλές θερμοκρασίες</li> <li>5. διαμορφώνεται δυσκολότερα σε φύλλο</li> </ol>
PVC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. διαφάνεια</li> <li>2. αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>3. διάρκεια ζωής (σταθεροποιημένο)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. μείωση διαφάνειας με προσέλκυση σκόνης</li> <li>2. μεγάλο ειδικό βάρος</li> <li>3. ακαμψία σε χαμηλές θερμοκρασίες</li> <li>4. μαλακώνει σε υψηλές θερμοκρασίες</li> <li>5. μικρότερη αντοχή στο σχίσσιμο</li> <li>6. δυσκολία διαμόρφωσης σε μεγάλα πλάτη</li> <li>7. καταστρέφεται από το χαλάζι</li> </ol>



Πολυεστέρες	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. καλές οπτικές ιδιότητες</li> <li>2. ικανοποιητική αδιαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία</li> <li>3. διάρκεια ζωής (σταθεροποιημένο)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. υψηλό κόστος</li> <li>2. παράγεται σε μικρό πλάτος</li> </ol>
Πολυπροπυλένιο	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. καλές οπτικές και θερμικές ιδιότητες</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. μικρότερη αντοχή στην παλαιώση</li> <li>2. μεγαλύτερη ακαμψία ειδικά στις χαμηλές θερμοκρασίες</li> </ol>
Πολυαμίδιο	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. πολύ υψηλές μηχανικές αντοχές</li> <li>2. καλές οπτικές και θερμικές ιδιότητες</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. κόστος</li> <li>2. δυσκολία παραγωγής</li> <li>3. μικρή εμπειρία στη σταθεροποίηση</li> <li>4. απορροφά υγρασία και χάνει τις μηχανικές και οπτικές του ιδιότητες</li> </ol>

**Οι γενικές ιδιότητες των πλαστικών υλικών είναι :**

- Επιδεικνύουν ανθεκτικότητα στην ατμοσφαιρική διάβρωση και στη διάβρωση πολλών χημικών αντιδραστηρίων.
- Έχουν αρκετά χαμηλή σχετική πυκνότητα , μερικά μόλις επιπλέουν στο νερό. Τα περισσότερα είναι λίγο πυκνότερα .
- Μεγάλος αριθμός πλαστικών παρουσιάζει πολύ καλή αντοχή στην έλξη σε σχέση με το βάρος τους (Αντοχή/Βάρος) . Η αντοχή των θερμοπλαστικών μειώνεται γρήγορα με την άνοδο της θερμοκρασίας τους .
- Η πλειοψηφία των πλαστικών μαλακώνουν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και ελάχιστα μπορούν να φανούν χρήσιμα για θερμοκρασίες υψηλότερες των 100° C.
- Ένας μεγάλος αριθμός πλαστικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή διαφανών επιφανειών ή φύλλων , χωρίς κανένα χρωματισμό , ενώ τα περισσότερα έχουν ευχάριστη εμφάνιση και μπορούν να χρωματιστούν .



### Λοιπές ιδιότητες των υλικών κάλυψης

Από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμοκηπίων μόνο το γυαλί δεν υφίσταται αλλοίωση της μάζας του που να οφείλεται στην επίδραση του χρόνου, των καιρικών συνθηκών και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων. Όλα τα υπόλοιπα υλικά υφίστανται αλλαγές που εκδηλώνονται με αλλαγή στο χρώμα τους, την περατότητα τους στο φως και την αντοχή τους.

Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επιφέρουν τις παραπάνω αλλαγές είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία, το οξυγόνο, το διοξείδιο του θείου, μερικοί υδατάνθρακες, τα ελεύθερα σωματίδια και μερικοί βιοτικοί παράγοντες .

Η θερμοκρασία επιταχύνει την υδρόλυση των πολυεστέρων, συντελεί στον αποχρωματισμό μερικών πλαστικών και επηρεάζει τους πλαστικοποιητές .

Η υγρασία υδρολύει ορισμένα πολυμερή των αμιδίων, των εστέρων και των ακετυλίων από τα οποία παράγονται τα πλαστικά και επιταχύνει έτσι την αποσύνθεσή τους . Επίσης η υγρασία διαχέεται στα πολυμερή και απορροφάται από τα υδρόφιλα μέρη του πλαστικού. Τέλος απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και δημιουργεί ελεύθερες ρίζες OH .

Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία με την απορρόφησή της από τα πλαστικά, ενεργοποιεί άτομα και μόρια που συνδέονται με δεσμούς (Martin,1974). Ο αριθμός των δεσμών που θα σπάσουν εξαρτάται από το ποσό των quanta που θα απορροφηθούν, δηλαδή από την ένταση και το χρόνο έκθεσης του πλαστικού στην ηλιακή ακτινοβολία .

Το οξυγόνο δρα δευτερογενώς σχηματίζοντας ρίζες υπεροξειδίου με τα άτομα του πλαστικού που ενεργοποιήθηκαν από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας .

Οι υδατάνθρακες, που τυχόν υπάρχουν σε επαφή με τα πλαστικά, οξειδώνονται από την ηλιακή ακτινοβολία και ελευθερώνουν ρίζες, οι οποίες επηρεάζουν τη φωτοοξείδωση.

Το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), που ελευθερώνεται κατά την καύση των υγρών υδρογονανθράκων για θέρμανση του θερμοκηπίου, ενώνεται με τα υπεροξειδία και σχηματίζει ενώσεις υδροθείου οι οποίες είναι έγχρωμες και αλλοιώνουν έτσι το χρώμα των πλαστικών .



Τα ελεύθερα σωματίδια που επικάθονται στα υλικά κάλυψης, ανάλογα με το είδος τους, είτε επιταχύνουν είτε επιβραδύνουν την αποσύνθεση των πλαστικών .

Οι βιοτικοί παράγοντες, και ειδικά τα βακτήρια, προσβάλλουν τα πλαστικά που περιέχουν σταθεροποιητές, πλαστικοποιητές κτλ. Έτσι τα πλαστικά που περιέχουν μικρό ποσοστό σταθεροποιητών ( όπως το πολυμεθυλένιο) προσβάλλονται λιγότερο απ' ότι άλλα υλικά που περιέχουν πρόσθετες ουσίες ( πχ το PVC).

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επιδρούν, ο καθένας χωριστά ή και σε συνδυασμό μεταξύ τους, επί του πλαστικού και προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας του που καλείται φωτουποβάθμιση .Ο βαθμός φωτουποβάθμισης εξαρτάται από τη φύση του υλικού .Για παράδειγμα, το πλαστικό PVC έχει μεγαλύτερη αντοχή απ' ότι το πολυαιθυλένιο.

Άλλη ιδιότητα των υλικών κάλυψης που μας ενδιαφέρει είναι η αντοχή τους στην έλξη .Το πολυαιθυλένιο έχει την μεγαλύτερη αντοχή στην έλξη και αυτό συμβάλλει στην παρασκευή του σε φύλλα μεγάλου μήκους και πλάτους, γεγονός που βοηθάει τους παραγωγούς στο άπλωμα τους και στη σταθεροποίησή τους επί του σκελετού των θερμοκηπίων .Το γυαλί είναι λιγότερο ανθεκτικό στην έλξη. Η αντίσταση των υλικών στην έλξη μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας .Η αντοχή των πλαστικών κάλυψης στην επίδραση του χρόνου σχετίζεται με το πάχος τους .

### **Η σύνθεση και η μοριακή φύση των πλαστικών υλικών**

Όλα τα υλικά στα οποία αναφερόμαστε με τον όρο “πλαστικά” είναι οργανικά υλικά και επομένως έχουν ως βασικό συστατικό τους τον άνθρακα . Γενικά τα οργανικά σχετίζονται κυρίως με τους ζωντανούς οργανισμούς . Οι φυσικές οργανικές ενώσεις που συναντώνται στον πλανήτη μας έχουν προέλευση από τα ζώα και τα φυτά . Οι ίνες κυτταρίνης , που αποτελούν την πρώτη ύλη της σελουλόζης είναι το υλικό που αποτελεί το σκελετό των περισσότερων φυτών , ενώ το πετρέλαιο και το κάρβουνο από τα υποπροϊόντα των οποίων προέρχονται σχεδόν όλα τα πλαστικά σήμερα , παρήχθησαν και αυτά από την αποσύνθεση φυτικής ύλης η οποία υπήρξε εκατομμύρια χρόνια πριν.

Εκτός από το στοιχείο του άνθρακα , τα περισσότερα πλαστικά περιέχουν υδρογόνο , ενώ πολλά περιέχουν και οξυγόνο .Ένας μικρότερος αριθμός περιέχει και άλλα χημικά στοιχεία , σημαντικότερα των οποίων είναι το άζωτο , το χλώριο και το φθόριο .



Όπως όλες οι οργανικές ενώσεις έτσι και τα πλαστικά υφίστανται υπό τη μορφή μορίων , εντός των οποίων τα άτομα συγκρατούνται μεταξύ τους με τις ισχυρές δυνάμεις του ομοιοπολικού δεσμού. Μέσα στη μάζα του πλαστικού υλικού τα μόρια συγκρατούνται μεταξύ τους με τις πολύ ασθενέστερες δυνάμεις Van de Waals.

Τα πλαστικά υλικά αποτελούνται από μεγαλομόρια . Κάθε τέτοιο μόριο αποτελείται από χιλιάδες άτομα . Η δημιουργία της αλυσίδας των ατόμων του άνθρακα και η συγκράτηση των ατόμων του υδρογόνου στα άτομα του άνθρακα οφείλονται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω του ομοιοπολικού δεσμού .Αυτό γίνεται δυνατό σε στοιχεία στα οποία για διάφορους λόγους υπάρχει μια ισχυρή δύναμη έλξης μεταξύ του πυρήνα και της εξωτερικής στοιβάδας ηλεκτρονίων

.Μεταξύ των ατόμων των στοιχείων αυτών , δίνεται η δυνατότητα να μοιραστούν αμοιβαία τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας και κατά συνέπεια να συγκρατηθούν τα άτομα μεταξύ τους.

Λόγω του πολύ μεγάλου μεγέθους των μορίων , η συγκράτηση των μορίων μεταξύ τους , παρόλο που γίνεται με τις σχετικά ασθενέστερες δυνάμεις , van de Waals , είναι πολύ ισχυρή, γιατί το συνολικό άθροισμα των δυνάμεων αυτών είναι πολύ μεγάλο . Το σχήμα επίσης του μορίου επηρεάζει πολύ τις ιδιότητες του πλαστικού



## Μηχανικές ιδιότητες και έλεγχος των πλαστικών υλικών

Η αντοχή στα φορτία ενός πλαστικού υλικού είναι πολύ μικρότερη εκείνης των περισσότερων ανόργανων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές. Αν συνεκτιμηθεί όμως κανείς και το βάρος του υλικού, επειδή τα πλαστικά υλικά έχουν σχετικά μικρή πυκνότητα (0,9 έως 2,0), η σχέση αντοχής προς βάρος είναι ευνοϊκή για τα πλαστικά συγκριτικά με πολλά μέταλλα και κράματα..

Η σημαντική όμως διαφορά στις μηχανικές ιδιότητες μεταξύ των πλαστικών υλικών και μετάλλων είναι ότι η θερμοκρασία επηρεάζει τις ιδιότητες αυτές στα μέταλλα και στα κράματα σε μικρό βαθμό, ενώ τα πλαστικά υλικά τα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό. Αυτό συμβαίνει γιατί ενώ στα μέταλλα δεν συμβαίνουν δομικές αλλαγές (εκτός από τη διαστολή) μέχρι την τιμή της θερμοκρασίας που συμβαίνει ανακρυστάλλωση ( η οποία συνήθως γίνεται σε θερμοκρασίες πολύ άνω των 100 °C).

Στα περισσότερα πολυμερή, ιδιαίτερα στα θερμοπλαστικά, οι μηχανικές ιδιότητες μεταβάλλονται πολύ με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, λόγω της εξασθένησης των δυνάμεων van de Waals μεταξύ των μορίων τους, με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Έτσι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές μπορεί να παρουσιάζει μια αντοχή στην έλξη 70 N/mm<sup>2</sup> στους 0°C, ενώ 40 N mm<sup>-2</sup> στους 25° C και όχι πάνω από 10Nmm<sup>-2</sup> στους 80°. Όσο η αντοχή στην έλξη μειώνεται με τη θερμοκρασία, παρουσιάζεται μια αντίστοιχη αύξηση της επιμήκυνσης.

Στα θερμοσκληρά πλαστικά η επίδραση της θερμοκρασίας στη μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων είναι πολύ μικρότερη, γιατί ο ομοιοπολικός δεσμός μεταξύ των μοριακών αλυσίδων τα καθιστά λιγότερο ευαίσθητα.

Οι μηχανικές ιδιότητες των πλαστικών υλικών επηρεάζονται επίσης πολύ από την διάρκεια της καταπόνησης και από την ηλικία του υλικού. Αυτό συμβαίνει γιατί η συνολική παραμόρφωσή τους εξαρτάται από :



A Από το δεσμό που υφίσταται μεταξύ δύο διαδοχικών ατόμων άνθρακος στην αλυσίδα του μορίου του πολυμερούς (ομοιοπολικός δεσμός) . Αυτός επιτρέπει μια στιγμιαία παραμόρφωση.

B Εκτύλιξη των αλυσίδων του πολυμερούς . Αυτό δίνει μεγάλη ελαστικότητα , το μέγεθος της οποίας επηρεάζεται πολύ από την ηλικία του πλαστικού.

Γ Γλίστρημα των αλυσίδων του πολυμερούς μεταξύ τους. Αυτό δημιουργεί μη αναστρέψιμη πλαστική ροή, το μέγεθος της οποίας επηρεάζεται πολύ από την ηλικία του υλικού.

### **Η σταθερότητα των πλαστικών**

Μερικά πλαστικά υλικά είναι σχετικά αδρανή και ανθίστανται στις χημικές επιδράσεις οι οποίες συνήθως διαβρώνουν τα μέταλλα .Έτσι το πολυαιθυλένιο μένει ανεπηρέαστο από από την παρατεταμένη επαφή του με πυκνά οξέα (ακόμη και το υδροφθορικό οξύ που διαλύει το γυαλί ),αλλά δεν είναι σταθερό όταν εκτίθεται ελεύθερα στην ατμόσφαιρα υπό την επίρεια της υπεριώδους ακτινοβολίας και του οξυγόνου, τείνοντας να γίνει αδιαφανές και εύθραυστο με την πάροδο του χρόνου

Σχεδόν όλα τα πολυμερή και ιδιαίτερα τα θερμοπλαστικά υλικά γηράσκουν με γρήγορο ρυθμό, εκτός αν έχουν υποστεί σταθεροποίηση .Η γήρανση εμφανίζεται με τη μείωση της διαφάνειας τους, την υποβάθμιση της ποιότητας εμφάνισης της επιφάνειας τους και το εύθραυστο του υλικού, έτσι ώστε να καθίστανται άχρηστα .

Στις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος η γήρανση του υλικού οφείλεται κυρίως στη συνδυασμένη επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας και του οξυγόνου .Η επίδραση του οξυγόνου, μόνου φαίνεται ότι είναι αμελητέα .Τα περισσότερα πολυμερή απορροφούν υπεριώδη ακτινοβολία και η ενέργεια αυτής της ακτινοβολίας διεγείρει τα μόρια του πολυμερούς, κάνοντας τα να δονούνται σε βαθμό που ο χημικός δεσμός σπάει και επομένως τα μόρια μικραίνουν .Ταυτόχρονα , η παρουσία οξυγόνου οδηγεί στο σχηματισμό άλλων χημικών ομάδων και πιθανώς συνδέσεις μεταξύ των μορίων . Και τα δύο αυτά γεγονότα μειώνουν την διαφάνεια, την ευκαμψία και τη μηχανική αντοχή του πολυμερούς και αυξάνουν το εύθραυστο του .





Ο απλούστερος τρόπος προστασίας του πλαστικού από την γήρανση είναι η προσθήκη ουσιών μέσα στο ρευστό υλικό του πλαστικού όταν διαμορφώνεται, που δεν απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία προστατεύοντας (σκιάζουν στην υπεριώδη ακτινοβολία) το πολυμερές. Συνήθως, γι' αυτό το σκοπό στα αδιαφανή πολυμερή χρησιμοποιείται το «Carbon black» (άνθρακας) και άλλες χρωστικές. Στα διαφανή πλαστικά υλικά, ως απορροφητές της υπεριώδους ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται άλλες, οργανικές κυρίως ενώσεις διαφανείς στο φώς.

Η λειτουργία των προστατευτικών ουσιών είναι να απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία χωρίς να καταστρέφονται. Ένας άλλος τύπος απορροφητή υπεριώδους ακτινοβολίας μετατρέπει την υπεριώδη ακτινοβολία σε ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος που δεν έχει καταστροφική επίδραση. Επίσης μπορεί να προστεθούν και άλλοι σταθεροποιητές στο υλικό. Έτσι 0,1 έως 0,2 φαινόλη ή αμίνη απορροφούν δραστικά το οξυγόνο και έτσι προλαμβάνουν την οξείδωση.

Γενικά, όλες οι υψηλές ενέργειας ακτινοβολίες, όπως ακτίνες – γ, ακτινοβολία χ, καταστρέφουν τα πολυμερή. Ηλεκτρόνια και νετρόνια υψηλής ταχύτητας έχουν το ίδιο αποτέλεσμα.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, η μείωση της μηχανικής αντοχής του υλικού από την υπεριώδη ακτινοβολία, οφείλεται στο γεγονός ότι το άθροισμα των δυνάμεων Van de Waal's που κρατούν τα μόρια μαζί, καθίσταται μικρότερο όσο τα μόρια γίνονται μικρότερα.



## Ηλεκτρική αντίσταση

Στα πλαστικά, εφόσον τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων που τα αποτελούν, έχουν χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία των ομοιοπολικών δεσμών, στα μόρια του υλικού δεν παρουσιάζεται η ιδιότητα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας .

Γι' αυτό είναι πολύ καλοί μονωτές του ηλεκτρικού ρεύματος .Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα ότι τα πλαστικά μπορεί να φορτιστούν εύκολα με στατικό ηλεκτρισμό, γιατί είναι δύσκολο με αγωγή να μεταφερθεί αλλού. Αυτό είναι ανεπιθύμητη ιδιότητα διότι έλκονται μόρια σκόνης .

Εμφανίζεται σε σημαντικό βαθμό στο πλαστικό PVC που καλύπτει το θερμοκήπιο, μειώνοντας την περατότητα του φωτός λόγω της σκόνης που επικάθεται σε αυτό .

Για την αποφυγή της εκδήλωσης αυτής της ιδιότητας, στο μίγμα του υλικού μπορεί να προστεθεί αντιστατικός παράγοντας .Συνήθως χρησιμοποιείται εστέρας γλυκερίνης γι' αυτό το σκοπό .

Δρουν μειώνοντας την ηλεκτρική αντίσταση, προσφέροντας δρόμους κίνησης ελευθέρων ηλεκτρονίων .Χρησιμοποιούνται επίσης και οργανικές ενώσεις που περιέχουν άζωτο (αμίνες , αμίδια ),παράγωγα του φωσφορικού και του θειικού οξέως .



## Υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φώς

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.

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.

Με τη χρησιμοποίηση πλαστικών φύλλων με περατότητα στη UV-b ακτινοβολία, έχει βρεθεί ότι τα φυτά αναπτύσσουν μικρότερα μεσογονάτια (γινόμενα πιο συμπαγή), τα νεαρά φυτάρια σκληραγωγούνται ταχύτερα, ώστε να αντέχουν αργότερα υψηλές εντάσεις ακτινοβολίας (αυξάνοντας τη σύνθεση ανθοκυανινών) και ο χρωματισμός του άνθους είναι πιο έντονος. Τα πλαστικά που επιτρέπουν την είσοδο στο θερμοκήπιο της UV-b ακτινοβολίας θεωρείται ότι ευνοούν την ανάπτυξη των εντόμων, γιατί η ακτινοβολία αυτή διευκολύνει τον προσανατολισμό των εντόμων. Επίσης η παραγωγή σπορίων μερικών μυκήτων ευνοείται από τη UV-b ακτινοβολία. Πλαστικά φύλλα που απαγορεύουν την είσοδο στο θερμοκήπιο ακτινοβολίας με μήκος κύματος μικρότερο των 0,38μm θεωρούνται ότι εμποδίζουν την ανάπτυξη του Βοτρύτη.

Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου, που περιορίζει κάποια μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας να εισέλθουν στο θερμοκήπιο, παρατηρήθηκε επίσης η απουσία ορισμένων εντόμων από το χώρο του θερμοκηπίου, η μείωση όμως του φωτοσυνθετικά ενεργού φωτός ήταν σημαντική. Γενικά τα υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα μελετούνται σήμερα ερευνητικά, αλλά επειδή τα αποτελέσματα είναι σύνθετα με πολλά θετικά και αρνητικά στοιχεία, δεν επιτρέπουν ακόμα ευρεία εφαρμογή σε εμπορικά θερμοκήπια.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

## Η Αντοχή των πλαστικών υλικών



### 3.1 Αντοχή

Η Ακτινοβολία από τον ήλιο φθάνοντας στα εξωτερικά στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας δείχνει ένα συνεχή ενεργειακό φάσμα στην περιοχή με μήκος κύματος μεταξύ 0,7 και περίπου 3000nm. Καθώς διέρχεται από την ατμόσφαιρα, μεγάλο μέρος του μήκους κύματος της ακτινοβολίας απορροφάται από το νερό τον ατμό και το διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, μόνο το μικρό μήκος κύματος που αποτελεί μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας φθάνει στην επιφάνεια της γης.

Η μικρή μήκους κύματος υπεριώδης ακτινοβολία κάτω των 175 nm μπορεί να απορροφηθεί από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο σε στρώματα πάνω από 100 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια. Η ακτινοβολία μεταξύ 175 και 290 nm απορροφάται από το στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας, το οποίο ξεκινάει περίπου 15 χιλιόμετρα πάνω από τη θάλασσα για τα γεωγραφικά πλάτη και έχει μέγιστη πυκνότητα μεταξύ 25 και 30 km. Αυτό αποτελεί το υπόλοιπο μέρος του ηλιακού φωτός UV, δηλαδή, της ακτινοβολίας μεταξύ 290 και 400 nm, που ξεκινά την υποβάθμιση του πλαστικού.

Θα πρέπει να αναφέρουμε πως εκτός από την απορρόφηση του τμήματος της υπεριώδους ακτινοβολίας από το όζον, πρέπει να ληφθεί υπόψη και η σκέδαση του ηλιακού φωτός για την αλληλεπίδραση με τα μόρια του αέρα και σωματίδια των αερολυμάτων (σταγονίδια νερού, σκόνη) στην ατμόσφαιρα. Κατά συνέπεια, η υπεύθυνη για την ακτινοβολία γήρανση των πλαστικών, είναι, η ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της γης, που αποτελείται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία του διάχυτου φωτός (ακτινοβολία ουρανού).

Η διάρκεια ζωής ενός πλαστικού κάλυψης θερμοκηπίων επηρεάζεται πρωτίστως από την υπεριώδη ακτινοβολία. Επειδή έχει μικρό μήκος κύματος μεταφέρει μεγαλύτερη ενέργεια που είναι ικανή να σπάσει τους δεσμούς C-C και C-H.



Πίνακας 12:

Μήκος Κύματος	Ενέργεια		Τύπος Δεσμού	Τύπος ενέργειας $\text{kJ mole}^{-1}$
	Kcal Einstein <sup>-1</sup>	kJ Einstein <sup>-1</sup>		
290	100	419	C-H	380 έως 420
300	95	398	C-C	340 έως 350
320	90	375	C-O	320 έως 380
350	81	339	C-CL	300 έως 340
400	71	300	C-N	320 έως 330

Για να προσδώσουμε την απαιτούμενη διάρκεια ζωής σ' ένα πλαστικό φύλλο κάλυψης θερμοκηπίου τοποθετούμε ειδικές ουσίες που ονομάζονται σταθεροποιητές. Ανάλογα με το ποσοστό των σταθεροποιητών αυξάνεται η διάρκεια ζωής. Ενώ χωρίς την παρουσία των σταθεροποιητών η διάρκεια ζωής των φύλλων κάλυψης είναι 2-3 μήνες περίπου .

**Έχουμε 3 είδη σταθεροποιητών που δρουν με διαφορετικό τρόπο :**

1. **Οργανομεταλλικές ενώσεις του Ni:** δίνουν την πρασινοκίτρινη απόχρωση στο φύλλο και χρησιμοποιούνται από τις αρχές της δεκαετίας του 70 . Η χρήση τους μειώνεται σιγά σιγά εξαιτίας περιβαλλοντικών λόγων ( Ni, βαρύ μέταλλο).

2. **HALS :** Οργανικές ενώσεις παράγωγα της πυριμιδίνης .Μας εξασφαλίζουν μεγάλη διάρκεια ζωής , δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και δε δίνουν χρωματισμό στο φύλλο . Γενικά επιτρέπουν περισσότερο φως να περνά στο χώρο της καλλιέργειας . Το σοβαρότερο μειονέκτημα τους είναι ότι προσβάλλονται από χημικά (cl ,s ) που περιέχονται στα περισσότερα φυτοφάρμακα .

3. **Νέα γενιά HALS :** Έχουν όλα τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών HALS αλλά είναι ανθεκτικά στα χημικά . Με τη στροφή των καλλιεργειών σε ολοκληρωμένες όπου χρησιμοποιείται πολύ θείο , ολοένα και αυξάνεται η χρήση τους .



Με την ακτινοβολία μεταφέρεται ενέργεια μέσω των φωτονίων ,που είναι διακεκριμένες δέσμες ενέργειας .Γενικά η ακτινοβολία μπορεί να θεωρηθεί και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σ' ένα μήκος κύματος που κυμαίνεται μεταξύ 200 και 100000 nm και έχει σταθερή ταχύτητα .Στο διάστημα αυτό περιλαμβάνεται η ηλιακή ακτινοβολία και η μεγάλου μήκους ακτινοβολία .

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η κύρια πηγή ενέργειας του θερμοκηπίου είναι η ηλιακή ακτινοβολία .Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση των φυτών, καθώς και τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου .Επηρεάζει δε σημαντικά τη διάρκεια ζωής των διάφανων πλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πολλών θερμοκηπίων .

Με τη φωτοσύνθεση δεσμεύεται η φωτεινή ενέργεια στους υδατάνθρακες, οι οποίοι με τη σειρά τους αποτελούν το καύσιμο που δίνει ενέργεια σε κάθε ζωντανό οργανισμό .

Όταν όλοι οι παράγοντες που συμμετέχουν στην φωτοσύνθεση , όπως η φωτεινή ακτινοβολία ,το διοξείδιο του άνθρακος, η θερμοκρασία, το νερό κ.α. βρίσκονται στο άριστο επίπεδο, τότε και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (άρα και η ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών) βρίσκεται στο ανώτερο δυνατό επίπεδο.

Αν ένας από τους παραπάνω παράγοντες μειωθεί, όπως π.χ. η ένταση του φωτισμού, τότε η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (και η ανάπτυξη των φυτών) μειώνεται . Αν ένας από αυτούς τους παράγοντες αυξηθεί πάνω από το άριστο, επομένως και η ένταση του φωτισμού, πάλι μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (στην περίπτωση της υψηλής έντασης φωτισμού , επειδή βλάπτονται οι χλωροπλάστες).

Για την ανάπτυξη των φυτών μας ενδιαφέρει κυρίως το φάσμα της ακτινοβολίας, η ένταση και η διάρκεια της .



## 3.2 Φάσμα

1. **Μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία 190-3000nm.** Λόγω της υψηλής επιφανειακής θερμοκρασίας του ήλιου, το 98% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρού μήκους κύματος. Η ακτινοβολία αυτή διαχωρίζεται σε άμεση και έμμεση η διαχεόμενη ακτινοβολία περιλαμβάνει την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα σύννεφα, τα σωματίδια, μόρια της ατμόσφαιρας και άλλες επιφάνειες. Η ανάκλαση της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από το χρώμα της επιφάνειας, καθώς και από τη γωνία πρόσπτωσης στην επιφάνεια.

Η διαπερατότητα της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας μέσω των διαφανών πλαστικών υλικών είναι περίπου 90% για τον υαλοπίνακα, πολυεστέρα, PVC και πολυαιθυλένιο.

### 3.2.1 Υπεριώδης ακτινοβολία 190 – 380 nm

Περίπου το 7% της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει έξω από την ατμόσφαιρα είναι ακτινοβολία αυτού του μήκους κύματος. Λόγω όμως του στρώματος του όζοντος που υπάρχει στην ατμόσφαιρα φθάνει πολύ μικρότερη ποσότητα στην επιφάνεια της γης. Περίπου όλη η ακτινοβολία με μήκος κύματος από 300nm απορροφάται στην ατμόσφαιρα. Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) είναι το μέρος του ηλιακού φάσματος με την υψηλότερη ενέργεια. Χαρακτηρίζεται ως UV-c (190-280nm) UV-b (280-315nm) και UV-a (315-380nm).

Η ακτινοβολία αυτή έχει τη δυνατότητα να καταστρέφει τους δεσμούς των οργανικών ενώσεων στις οποίες προσπίπτει. Εκτός του ότι είναι επικίνδυνη για το ανθρώπινο δέρμα, καταστρέφει με την πάροδο του χρόνου τα πλαστικά (οργανικές ενώσεις) καλύμματα του θερμοκηπίου. Τα μικρότερα μήκη κύματος είναι και τα πιο καταστροφικά. Για την επιβράδυνση





της καταστροφής των πλαστικών, κατά την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται πρόσθετα που χαρακτηρίζονται ως σταθεροποιητές στην υπεριώδης ακτινοβολία .Τα περισσότερα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στο θερμοκήπιο, καθώς και οι υαλοπίνακες δεν είναι περατά στην UV-b ακτινοβολία .

Ο υαλοπίνακας μόνο σε ένα μέρος της UV-a ακτινοβολίας είναι περατός Εξαίρεση αποτελεί ένας ειδικός υαλοπίνακας που ονομάζεται Planilux diamand ή Optiwhite,ο οποίος, λόγω τροποποιημένης πρώτης ύλης, είναι περατός στην UV-a και ένα μέρος της UV-b ακτινοβολίας .

### 3.2.2 Ορατό φως 380 – 700nm

Είναι η περιοχή της ακτινοβολίας που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι .Διάφορα μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας αντιστοιχούν στο μπλε, πράσινο, κίτρινο και κόκκινο φώς .

**Πίνακας 13.** Κάθε χρώμα έχει το δικό του μήκος κύματος

Χρώμα φωτός	Μήκος κύματος σε nm
Ιώδες	400-450
Μπλε	450-500
Πράσινο	500-550
Κίτρινο	550-600
Πορτοκαλί	600-650
Κόκκινο	650-700

Περίπου το 47% της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ορατό φώς. Το ορατό φως εκτός της σπουδαιότητας του για τον άνθρωπο και τα ζώα ,είναι πολύ σημαντικό και για τα φυτά , στη φωτοσύνθεση. Η απορρόφηση της χλωροφύλλης ,είναι ο συλλέκτης ενέργειας για τα φυτά, δείχνει ένα μέγιστο στην περιοχή του κόκκινου (600-700nm) και στην περιοχή του μπλε (400-500nm) .



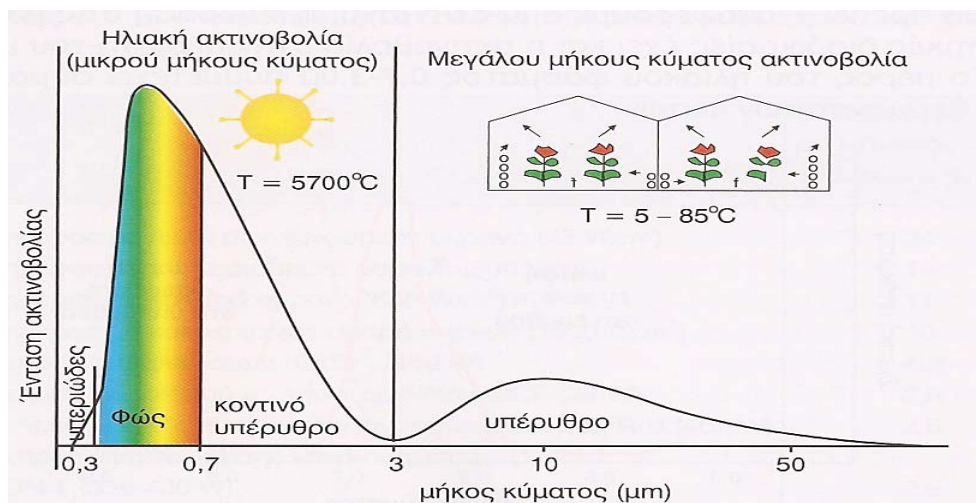
### 3.2.3 Κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (NIR) 700-800nm

Η περιοχή κοντά στο ερυθρό 700-780nm, είναι σημαντική για την επιμήκυνση και τις άλλες μορφοποιητικές διαδικασίες των φυτών .Ο φωτοπεριοδισμός του φυτού εξαρτάται άμεσα από αυτή την περιοχή του φάσματος .Η απορροφούμενη χρωστική είναι το φυτόχρωμα ,το οποίο απορροφά ακτινοβολία και στην περιοχή του κόκκινου .

Θα πρέπει ν' αναφέρουμε όμως ότι ισχυρή επίδραση στις μορφοποιητικές διαδικασίες έχει και η ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε .Το μέρος του ηλιακού φάσματος 700-3000nm συμμετέχει σημαντικά στη θέρμανση των φυτών .

#### 3.2.3.1 Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ή μακρινή υπέρυθη ακτινοβολία 3000-100000nm.

Μόνο το 2% της ηλιακής ακτινοβολίας είναι στο μήκος κύματος της περιοχής αυτής .Κάθε επιφάνεια όμως πάνω στη γη που έχει τη συνήθη θερμοκρασία ,εκπέμπει μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία γύρω στο 100000nm .

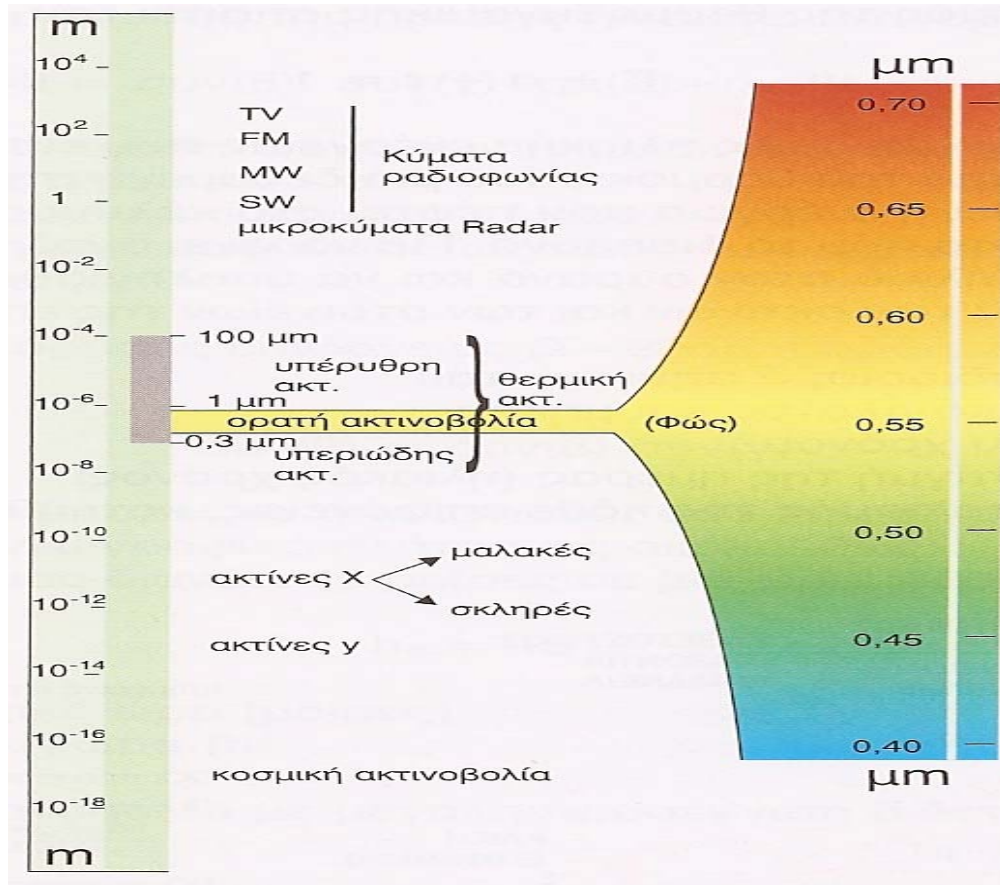


**Διάγραμμα 9**

Μήκη κύματος ηλιακής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αντικείμενα του θερμοκηπίου.



Η ανάκλαση σ' αυτή την περιοχή του φάσματος είναι εξαιρετικά χαμηλή (0,5% για όλες τις έγχρωμες επιφάνειες). Η διαπερατότητα επίσης της ακτινοβολίας αυτής μέσω των διαφανών υλικών διαφέρει και είναι περίπου 0% για τον υαλοπίνακα, 12% για το PVC και σχεδόν 88% για το καθαρό πολυαιθυλένιο. Λόγω της μικρής διαπερατότητας της ακτινοβολίας μέσω του υαλοπίνακα και άλλων διαφανών υλικών (ενώ παρουσιάζει υψηλή περατότητα η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στα υλικά αυτά), δημιουργείται μια παγίδα θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου, που ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το μέγεθος της μεγάλης μήκους κύματος ακτινοβολίας βρίσκεται κυρίως από τη διαφορά της ολικής ακτινοβολίας μείον τη μικρού μήκους κύματος.



Διάγραμμα 10

Οι περιοχές του φάσματος των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών.



### 3.2.3.2 Υλικά και φωτοπερατότητα

Το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου πρέπει να είναι αρκετά περατό στη φωτεινή ακτινοβολία για να διασφαλίσει τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης των φυτών, αλλά να είναι ταυτόχρονα λίγο περατό στη θερμική ακτινοβολία του εδάφους ώστε να εγκλωβίζονται μέσα στο θερμοκήπιο μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Από το φως που προσπίπτει στο υλικό κάλυψης ένα μέρος ανακλάται προς το περιβάλλον, ένα μέρος απορροφάται από τη μάζα του υλικού και το υπόλοιπο το διαπερνά και εισέρχεται στο θερμοκήπιο.

Το ποσοστό του φωτός που φθάνει στα φυτά του θερμοκηπίου εξαρτάται από το πάχος, το χρώμα και το είδος του υλικού κάλυψης, το είδος της ακτινοβολίας, τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας και από το ποσοστό των αδιαφανών μερών του σκελετού ανά μονάδα καλυπτόμενης επιφάνειας. Το ποσοστό αυτό είναι το άθροισμα του φωτός που διέρχεται απευθείας από το υλικό και του φωτός που φθάνει στο εσωτερικό μετά από διάχυση εντός της μάζας του υλικού.

Το φως που ανακλάται από την εξωτερική επιφάνεια του υλικού χάνεται στο περιβάλλον, όπως χάνεται και το φως που απορροφάται από τη μάζα του υλικού. Καταλληλότερο θεωρείται το υλικό κάλυψης που ανακλά και απορροφά ελάχιστα ποσοστά του φωτός. Το διερχόμενο φως ακολουθεί σχεδόν την ίδια πορεία με το προσπίπτον και συνεπώς μειώνεται ανάλογα με το ποσοστό της επιφάνειας των στοιχείων του σκελετού, τα οποία δημιουργούν και τις σκιές.

Αντίθετα το διαχεόμενο φως ακολουθεί διαφορετικές κατευθύνσεις και μειώνει τις σκιάσεις. Έτσι, οι υαλοπίνακες και τα φύλλα πλαστικού που έχουν κυματοειδή ή φολιδωτή την επιφάνεια τους μειώνουν το απευθείας διερχόμενο φως και αυξάνουν το ποσοστό του διαχεόμενου.

Το χρώμα του υλικού κάλυψης επηρεάζει την απορρόφηση της ακτινοβολίας και αλλάζει το φάσμα. Για παράδειγμα τα φύλλα πολυαιθυλενίου που περιέχουν σταθεροποιητές με ελαφριά απόχρωση μειώνουν την περατότητα τους στο φως μέχρι και 5% σε ακτινοβολίες 0,300 – 0,480 μικρών (Nisen, 1978). Όμως τα μη έγχρωμα πλαστικά απορροφούν ομοιόμορφα όλα τα είδη της φωτεινής ακτινοβολίας.



Το πάχος του υλικού κάλυψης, όπως προέκυψε από μετρήσεις που έκανε ο Nisen (1978), ελάχιστα επηρεάζει την περατότητα του στο φώς. Για παράδειγμα, η περατότητα φύλλων πλαστικού στο φώς μειώνεται μόνο κατά 1-2% όταν το πάχος του αυξηθεί από τα 75 στα 150 μικρά.

Όμως η εναπόθεση σκόνης και υγρασίας στην επιφάνεια του υλικού επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό την περατότητα του στο φώς. Βρέθηκε ότι η ύπαρξη σταγόνων νερού μπορεί να μειώσει την περατότητα ενός πλαστικού στο φώς σε επίπεδα 10 – 40% ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης. Σημαντική μείωση της περατότητας στο φώς παρατηρείται όταν το θερμοκήπιο καλύπτεται με διπλά φύλλα του υλικού.

Από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη διέλευση της φωτεινής ακτινοβολίας από ένα διαφανές υλικό είναι η γωνία πρόσπτωσης. Όσο η γωνία αυτή πλησιάζει τις 90° τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της διερχόμενης ακτινοβολίας, επειδή μειώνεται αντίστοιχα στο ελάχιστο το ποσοστό της απώλειας της φωτεινής ακτινοβολίας από την ανάκλαση.

Η θερμική ακτινοβολία είναι μεγάλου μήκους και εκπέμπεται απ' όλα τα θερμά σώματα και συνεπώς τόσο από τα φυτά όσο και από το έδαφος του θερμοκηπίου. Προκειμένου ο παραγωγός να έχει μείωση στην κατανάλωση καυσίμων πρέπει το υλικό κάλυψης να μην επιτρέπει ή να επιτρέπει σε μικρό ποσοστό τη διέλευση αυτής της ακτινοβολίας προς το εξωτερικό περιβάλλον, ειδικά τη νύχτα και τη χειμερινή περίοδο.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του θερμοκηπίου διαφέρουν μεταξύ τους αναφορικά με την περατότητα τους στη θερμική ακτινοβολία. Το γυαλί, τα μετακρυλικά πλαστικά και το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) έχουν μικρή διαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία.

Αντίθετα τα φύλλα πολυαιθυλενίου (PE) είναι πολύ περατά και αυτό έχει ως συνέπεια την άμεση πτώση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο μόλις σταματήσει η παροχή της θερμότητας.



Ενδιάμεσες ιδιότητες έχει το υλικό EVA (πολυμερές του αιθυλενίου και του βινυλακετυλενίου). Από μετρήσεις που έγιναν (Bowman, 1963 και Nisen, 1978) διαπιστώθηκε ότι το γυαλί και τα μετακρυλικά πλαστικά μπορούν να θεωρηθούν αδιαπέραστα στη θερμική ακτινοβολία και ότι σε μήκος κύματος 5-36 μικρών οι πολυεστέρες απορροφούν σχεδόν το 90% της ακτινοβολίας, το χλωριούχο πολυβινύλιο το 60-78% και τα φύλλα πολυαιθυλενίου το 15-30%

### **3.3 Η ανακύκλωση των πλαστικών**

Η ανακύκλωση πλαστικών είναι γενικά δύσκολη και πολλές φορές οικονομικά ασύμφορη. Από περιβαλλοντική άποψη είναι σημαντική γιατί πολλά πλαστικά που περιέχουν χλώριο (π.χ. πολυβινυλοχλωρίδιο) όταν καίγονται παράγουν πολύ τοξικές ενώσεις (διοξίνες και φουράνες) και γιατί τα πιο πολλά πλαστικά διασπώνται δύσκολα.

**Τα πιο διαδεδομένα είδη προς ανακύκλωση είναι:**

PVC - Πολυβινυλοχλωρίδιο

HDPE - Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας

LDPE - Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας

PP - Πολυπροπυλένιο

PS – Πολυστυρένιο



Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πλαστικών, είναι η σχέση βάρους : όγκου που φτάνει και μέχρι 1:3. Η αλλαγή της συσκευασίας των προϊόντων προς όφελος του πλαστικού είχε ως συνέπεια τη δραματική αύξηση της συμμετοχής του στα απορρίμματα, ιδίως τα τελευταία χρόνια.

Υπάρχουν πολλά προβλήματα με τα πλαστικά από την άποψη της δυνατότητας ανακύκλωσής τους. Αυτά οφείλονται στο ότι: (α) υπάρχουν πολλές ποιότητες και τύποι πλαστικών με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση, (β) είναι αρκετά δύσκολο να αναγνωρισθούν εύκολα, ακόμα και εάν φαίνονται ίδια (π.χ. πλαστικά μπουκάλια), (γ) υπάρχουν σε αυτά πολλές προσμίξεις.

Αρκετά πρόσφορη μεθοδολογία ανάκτησης του PVC είναι η συλλογή πόρτα-πόρτα (και όχι η τοποθέτηση σε κοντέινερς) και πιθανόν η μεταφορά του με ειδικό όχημα για συμπίεση. Λόγω των προβλημάτων που υπάρχουν, οι προσπάθειες για ανάκτηση πλαστικού έχουν εστιασθεί στα είδη που ανακυκλώνονται ευκολότερα (PET και HDPE). Από PET (Polyethylene terephthalate) είναι κατασκευασμένες οι φιάλες που περιέχουν ανθρακούχα αναψυκτικά λοιπά μπουκάλια αναψυκτικών, ενώ από HDPE (High density polyethelane) είναι τα κουτιά γάλακτος, αναψυκτικών και εμφιαλωμένου νερού.

Λόγω της χαρακτηριστικής σχέσης όγκου:βάρους, τα πλαστικά μπουκάλια θραύονται και δεματοποιούνται για την οικονομικότερη μεταφορά τους στη βιομηχανία, όπου κατά την επεξεργασία τους απομακρύνονται οι προσμίξεις (ετικέτες, κατάλοιπα και σκόνη). Αν και τα θερμοπλαστικά διαθέτουν τη δυνατότητα επαναθέρμανσης και επαναδιαμόρφωσης, η επαναθέρμανση υποβαθμίζει τελικά τα πλαστικά. Άλλα προβλήματα στα ανακυκλωμένα πλαστικά εμφανίζονται λόγω βιολογικών προσμίξεων που δεν καταστρέφονται. Τα μπουκάλια PET και HDPE δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια ως περιέκτες. Τα πλαστικά προϊόντα προέρχονται από ένα είδος ρητίνης ή από σύνθεση ρητινών πολλών ειδών.

Η ανακύκλωση στις μονάδες κατεργασίας πλαστικού είναι πιο εύκολη σε πολλές περιπτώσεις. Το πλαστικό σκράπ λειοτεμαχίζεται, αναμιγνύεται με παρθένους κόκκους (ρητίνες) και τήκεται



Στην κανονική διαδικασία κατασκευής πλαστικού. Σε πολλές περιπτώσεις, η επαναχρησιμοποίηση πλαστικού είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία. Κλειδί στην ανακύκλωση πλαστικού είναι η διάθεση ρητίνης γνωστού μοριακού βάρους χωρίς προσμίξεις. Εκτός των άλλων, αυτό αποτελεί κριτήριο για τη δυνατότητα της μετέπειτα ανακύκλωσής του. Ακριβώς λόγω των προβλημάτων που αναφέρθηκαν, η ανακύκλωση των πλαστικών βρίσκεται ακόμη σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

### **Οι πηγές παραγωγής πλαστικών στα απορρίμματα είναι:**

- i. Μεταφορές, όπως αυτοκίνητα, ποδήλατα, μμοτοσικλέτες, φορτηγά κ.λπ.
- ii. Συσκευασία, όπως μπουκάλια, δοχεία τροφίμων, σακούλες και πλαστικά περιτυλίγματα.
- iii. Οικοδομές και κατασκευές όπως σωλήνες, αποχετεύσεις, πατώματα, μονώσεις, πόρτες και παράθυρα.
- iv. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά όπως καλώδια και συσκευές επικοινωνίας.
- v. Επιπλώσεις όπως έπιπλα, καρπέτα, κουρτίνες, έπιπλα γραφείου και καλύμματα τοίχων.
- vi. Καταναλωτικά όπως τσάντες, παιχνίδια, εργαλεία κήπων και εξοπλισμός εργαστηρίων.
- vii. Βιομηχανία.
- viii. Θερμοκήπια. Σημειώνεται εδώ το πανελλήνιο δίκτυο που έχει αναπτυχθεί με έδρα την Κρήτη για την συλλογή των χρησιμοποιημένων καλυμμάτων των θερμοκηπίων από PE, τα οποία οδηγούνται στην Κρήτη όπου και ανακυκλώνονται από τοπική βιομηχανία.

Τέλος, προϊόντα από ανακυκλωμένο PET είναι διάφορα υποβοηθητικά υλικά για επιστρώσεις και επενδύσεις, σχοινιά και σπάγκοι, γεωϋφάσματα και διαμορφωμένα πλαστικά, ενώ προϊόντα από ανακυκλωμένο HDPE είναι οι διάφορες βιομηχανικές επιστρώσεις δαπέδων, δεξαμενές και κάδοι, γλάστρες





Για να ανακυκλωθούν τα πλαστικά απορρίμματα συμπιέζονται χωρίς προηγούμενη διαλογή και καθαρισμό τους, για να μειωθεί ο όγκος τους. Έπειτα ακολουθεί θέρμανσή τους και συνεχής ζύμωση σε θερμοκρασία γύρω στους 200οC.

Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η παραγωγή ενός ρευστού ομοιόμορφου υλικού που μπορεί να μορφοποιηθεί κατάλληλα με χύτευση υπό πίεση. Το υλικό που προκύπτει είναι δεύτερης ποιότητας, που ωστόσο, μπορεί να βελτιωθεί, αν διοχετευτεί σε αυτό ποσότητα καθαρού πλαστικού.

Μια λύση στο πρόβλημα ανακύκλωσης των πλαστικών προσφέρει το βιοπλαστικό, ένα είδος πλαστικού που παρασκευάζεται με τη βοήθεια βακτηριδίων και ανακαλύφθηκε το 1988 από μια βρετανική εταιρία. Σε αντίθεση με τα κοινά πλαστικά, που είναι απρόσβλητα σε μικροοργανισμούς και δεν αποσυντίθενται, το βιοπλαστικό μπορεί να αποσυντεθεί μέσα στο έδαφος μέσω μυκήτων και βακτηριδίων σε διάστημα λίγων μηνών. Από βιοπλαστικό κατασκευάζονται ήδη μπουκάλια, δοχεία, μεμβράνες συσκευασίας κ.λπ., ενώ υπάρχουν πολλές προοπτικές για επέκταση της χρήσης του.



Εικόνα : Σύγχρονες Θερμοκηπιακές Εγκαταστάσεις. [ Θερμοκήπια του Μέλλοντος ]



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :**  
**ΤΥΠΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ**  
**ΠΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ISO EN 13206 – EN 13207**

Table 3 - COVERING "NORMAL FILM"

Properties	Unit	Nominal thickness of the film						Test method
		μm	≥ 50	≥ 70	≥ 80	≥ 100	≥ 150	
<b>Appearance and dimensional properties</b>								
Appearance		Regular						see 8.1
Average thickness tolerance vs nominal	%	± 5						ISO 4591 and ISO 4593
Point to point thickness tolerance vs nominal	%	- 15						
Width tolerance vs nominal Normal film Tubular film	%	0; + 4 0; + 2,4						ISO 4592
<b>Mechanical properties</b>								
Tensile stress at break (MD, TD)	MPa	≥ 17						EN ISO 527-3
Tensile strain at break (MD, TD)	%	≥ 180	≥ 200	≥ 250	≥ 300	≥ 400		
Dart Drop test								ISO 7765-1: 1998 Method A
Flat		≥ 90	≥ 120	≥ 140	≥ 200	≥ 300	≥ 400	
Fold	cN	≥ 60	≥ 80	≥ 90	≥ 110	≥ 190	≥ 220	
Creep test MD	%	-----						see 8.6
<b>Optical properties</b>								
Total visible light transmission	%	≥ 88			≥ 86			EN 2155-5
Haze	%	≤ 30			≤ 35			EN 2155-9



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β :**  
**ΤΥΠΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ**  
**ΠΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ISO EN 13206 – EN 13207**

Table 4 - COVERING "THERMIC CLEAR FILM"

Properties	Unit	Nominal thickness of the film						Test method
	μm	≥ 70	≥ 80	≥ 100	≥ 150	≥ 180	≥ 200	
<b>Appearance and dimensional properties</b>								
Appearance		Regular						see 8.1
Average thickness tolerance vs nominal	%	± 5						ISO 4591 and ISO 4593
Point to point thickness tolerance vs nominal	%	- 15						
Width tolerance vs nominal Normal film Tubular film	%	0; + 4 0; + 2,4						ISO 4592
<b>Mechanical properties</b>								
Tensile stress at break (MD, TD)	MPa	≥ 19						EN ISO 527-3
Tensile strain at break (MD, TD)	%	≥ 400				≥ 500		
Dart Drop test Flat	cN	≥ 240	≥ 350	≥ 550	≥ 650			ISO 7765-1:1988 Method A
Fold		≥ 120	≥ 200	≥ 350	≥ 450			
Creep test MD	%	----		≤ 30			see 8.6	
<b>Thermic and optical properties</b>								
Total visible light transmission	%	≥ 89			≥ 87			EN 2155-5
Haze	%	≤ 25			≤ 35			EN 2155-9
IR effectiveness	%	≥ 55	≥ 65	≥ 75			see 8.9	



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dr. Hans Zweifel (2007), Plastics additives Handbook.
2. Ανδρέας Γ. Κανάκης (2003) , Γενική Λαχανοκομία.
3. Μαυρογιαννόπουλος , Γ. Ν (2005) Θερμοκήπια , Σταμούλης
4. Κίττας Κ.(1986).Μελέτη των φαινομένων εναλλαγής θερμότητας στο θερμοκήπιο.  
Τεχνικά Χρονικά Β, Τομ. 5, Τεύχος 4:45-59
5. Nelson, P.V (1983). Greenhouse Operation and Managment. Reston Publishing company  
Inc. Reston Virginia U.S.A
6. Pollok, R.D. (1975). Flower crops in peat substrates. , «Acta Hort».w, η.51
7. Εμμανουήλ. Α Τραντά (1996-1997) Τα θερμοκήπια στο Νομό Λασιθίου
8. Ευσταθιάδης Θ.1987, ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ , Εκδοτική Αγροτεχνική ,Αθήνα
9. Boodley W.J. ,Θερμοκηπιακές Εγκαταστάσεις , Ιων, Αθήνα
10. Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H., Van De Braak N.J. Greenhouse Climate Control ,  
1995 , Wageningen Pers
11. Το Σύγχρονο Θερμοκήπιο και ο Εξοπλισμός του., 1999, Εκδόσεις Γεωργική  
Τεχνολογία