ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

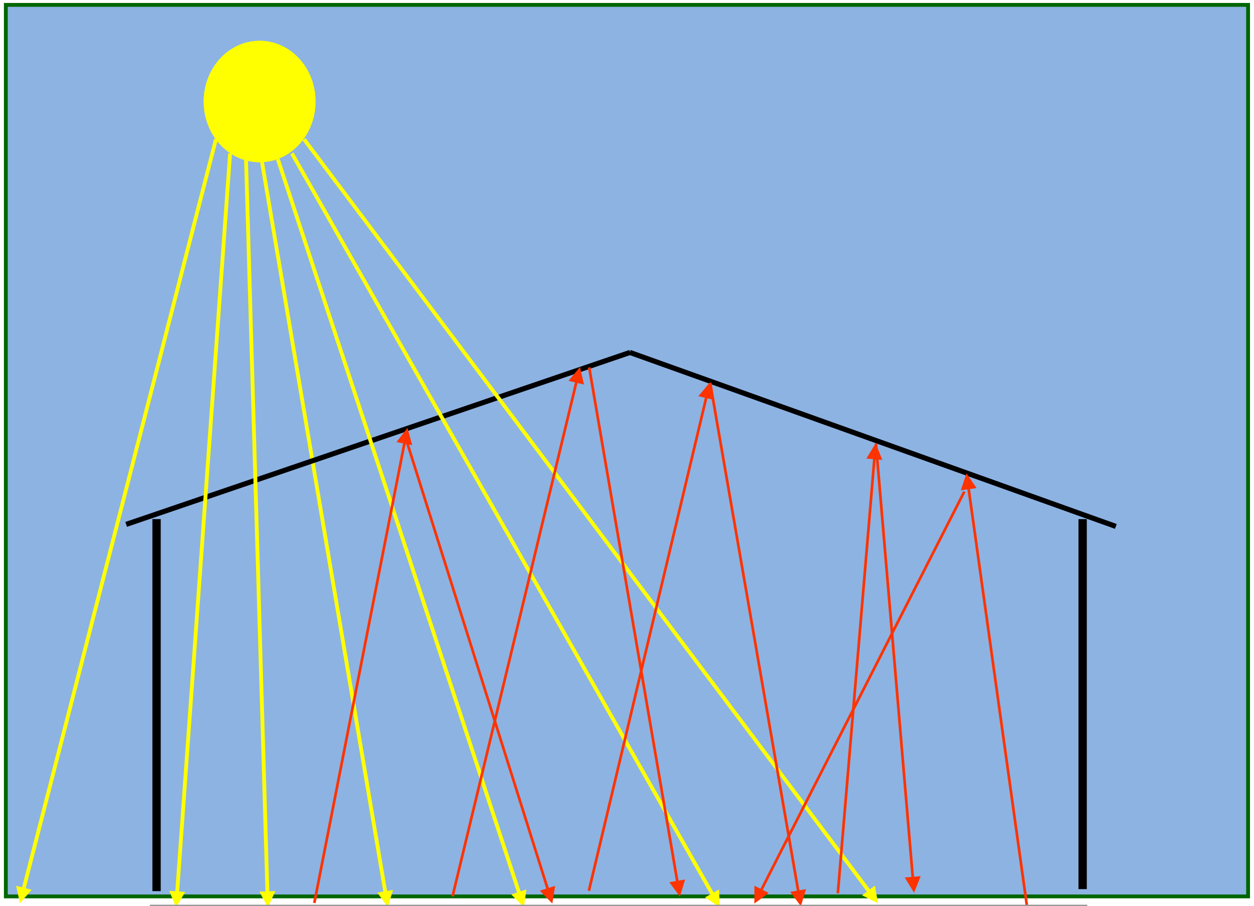
Τι είναι το θερμοκήπιο

Θερμοκήπιο είναι μία κλειστή κατασκευή η οποία:

- είναι καλυμμένη με υλικό διαπερατό από την ορατή ηλιακή ακτινοβολία,
- έχει ικανό ύψος για την είσοδο ανθρώπων σε αυτήν,
- Αποσκοπεί στην τροποποίηση των κλιματικών συνθηκών στο εσωτερικό της σε σύγκριση με το εξωτερικό περιβάλλον,
- Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη φυτών ή και την παραγωγή φυτικών προϊόντων, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Η επίδραση του θερμοκηπίου ως κλειστής κατασκευής στην τροποποίηση του εσωτερικού μικροκλίματος. I. Παγίδευση της θερμικής ακτινοβολίας

Το διαφανές υλικό κάλυψης παρουσιάζει υψηλή διαπερατότητα στην υπεριώδη, φωτεινή & εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (700-2.500 nm)



Παρουσιάζει όμως χαμηλή διαπερατότητα στη μεγάλου μήκους κύματος θερμική ακτινοβολία (>2.500 nm).

Η επίδραση του θερμοκηπίου ως κλειστής κατασκευής στην τροποποίηση του εσωτερικού μικροκλίματος. ΙΙ. Παρεμπόδιση κίνησης αέρα

ΙΙ. Η θερμοκρασία, η υγρασία και η σύσταση του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου τροποποιούνται λόγω του δραστικού περιορισμού της ανταλλαγής αέρα μεταξύ του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου και του φυσικού εξωτερικού περιβάλλοντος.

Σκοπιμότητα καλλιέργειας στο θερμοκήπιο

- Στις χώρες με μεσογειακό κλίμα, όπως η Ελλάδα, τα κηπευτικά που έχουν ανάγκη να καλλιεργηθούν σε θερμοκήπιο είναι κυρίως τα θερμής εποχής.

- Στόχος είναι η παραγωγή των αντίστοιχων προϊόντων την ψυχρή εποχή του έτους, όταν δηλαδή η καλλιέργειά τους στην ύπαιθρο είναι αδύνατη κυρίως λόγω χαμηλών θερμοκρασιών.

- Συχνά όμως τα θερμής εποχής κηπευτικά καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο και το καλοκαίρι με στόχο:
  - Να αποφευχθούν τα σοβαρά προβλήματα καρπόδεσης που παρουσιάζει τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο στην ύπαιθρο λόγω των υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών αέρα.
  - Να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα προϊόντων, λόγω αποφυγής φυσιολογικών διαταραχών και εγκαυμάτων, καθώς και λόγω ελέγχου των προσβολών από έντομα.

Θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών στην Ελλάδα

Είδος κηπευτικού	Θερμαινόμενα θερμοκήπια		Μη θερμαινόμενα θερμοκήπια		ΣΥΝΟΛΟ
	Υαλόφρακτα θερμοκήπια	Καλυμμένα με πλαστικό	Υαλόφρακτα θερμοκήπια	Καλυμμένα με πλαστικό	
	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)
Τομάτα	622	4.252	239	13.930	19.043
Αγγούρι	115	1.883	254	8.955	11.206
Κολοκύθι	9	150	30	574	763
Μελιτζάνα	7	160	30	1.558	1.756
Πιπεριά	119	789	83	6.269	7.259
Φασόλι	20	622	75	1.044	1.761
Μαρούλι	18	224	30	1.158	1.430
Πεπόνι	1	21	10	20	52
Καρπούζι	2	16	60	145	223
Φράουλα	0	0	0	11.630	11.630
Διάφορα	20	169	10	421	621
ΣΥΝΟΛΟ	933	8.286	821	45.704	55.744

Ελληνικά θερμοκήπια

Απλό θερμοκήπιο χαμηλής τεχνολογίας & χαμηλού κόστους

Σύγχρονο υδροπονικό θερμοκήπιο υψηλής τεχνολογίας

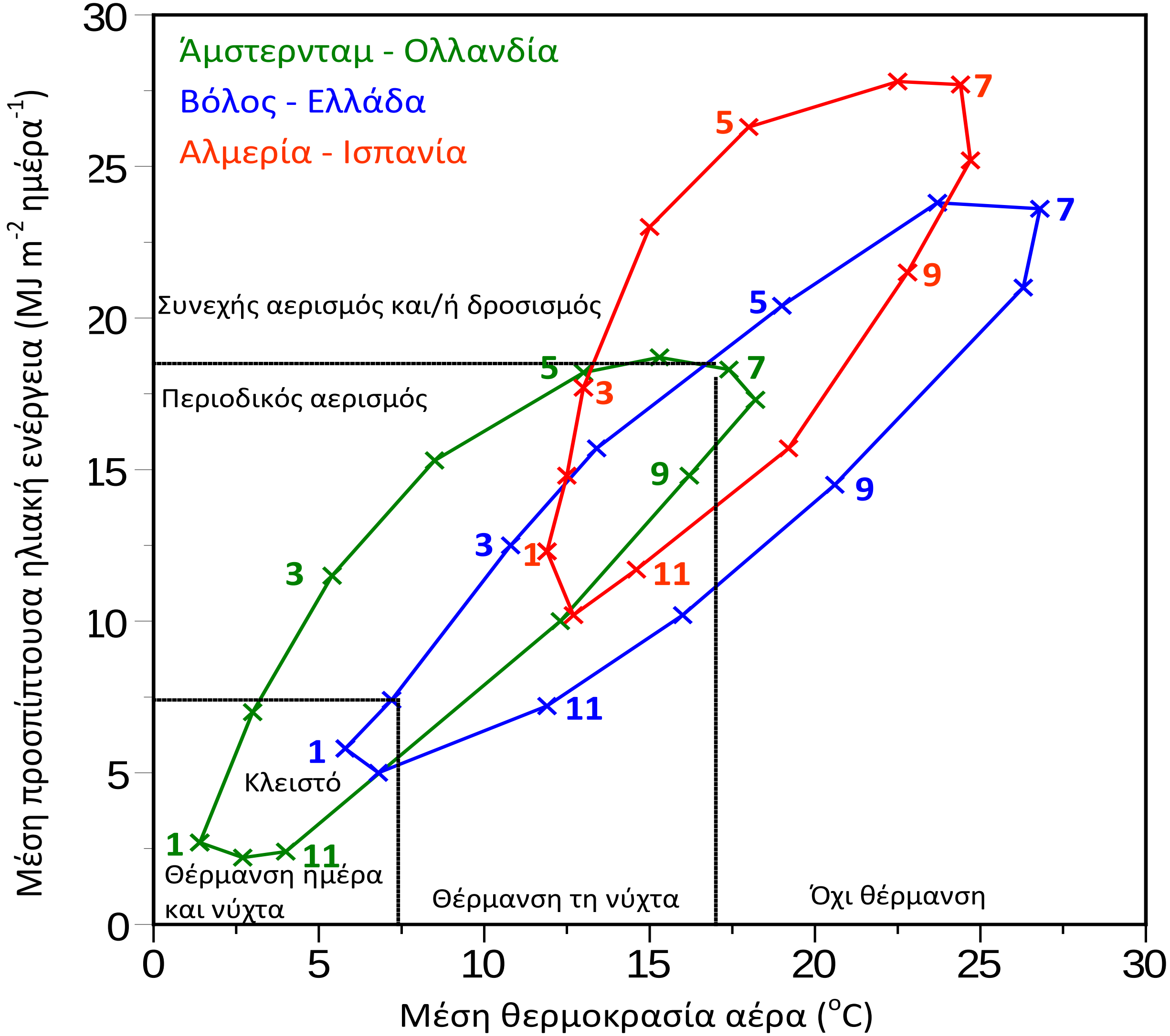
Δεύτερη καλλιέργεια στο ίδιο θερμοκήπιο

Είδος κηπευτικού	Καλλιεργούμενη έκταση (στρ.)
Τομάτα	7.109
Αγγούρι	3.179
Κολοκύθι	318
Μελιτζάνα	123
Πιπεριά	528
Φασόλι	1.259
Μαρούλι	2.378
Πεπόνι	1.180
Καρπούζι	6.850
Φράουλα	20
Διάφορα	509
ΣΥΝΟΛΟ	23.452

Θέση εγκατάστασης θερμοκηπίου

- Κόστος και χρήση γης
- Κλιματικά δεδομένα περιοχής
- Ανάγλυφο εδάφους
- Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά εδάφους
- Νερό άρδευσης
- Ρύπανση περιβάλλοντος
- Υποδομές για μεταφορές
- Δυνατότητα ηλεκτροδότησης
- Τηλεφωνική και διαδικτυακή σύνδεση
- Διαθεσιμότητα εργατικού προσωπικού

Κλιματικά δεδομένα περιοχής

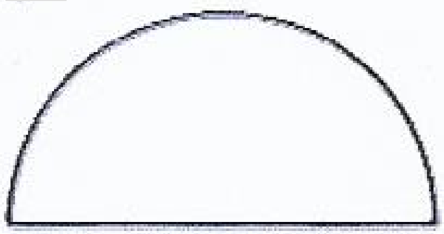


Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά θερμοκηπίων

- Σχήμα θερμοκηπίων
- Πλάτος ΒΚΜ θερμοκηπίων
- Ύψος θερμοκηπίων
- Τρόπος διάταξης ΒΚΜ
- Σκελετός και λοιπά κατασκευαστικά θερμοκηπίων
- Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

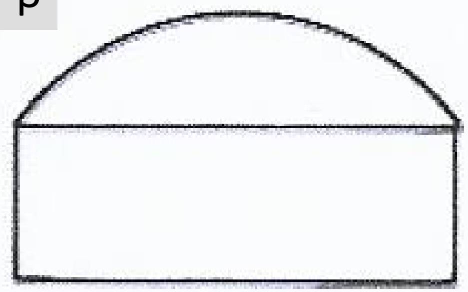
Σχήμα θερμοκηπίων

α



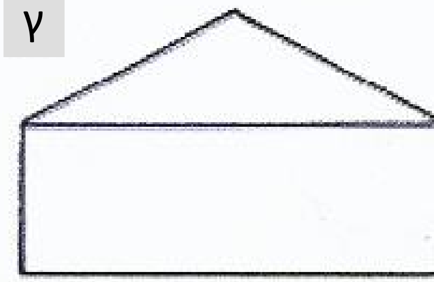
Τοξωτό

β



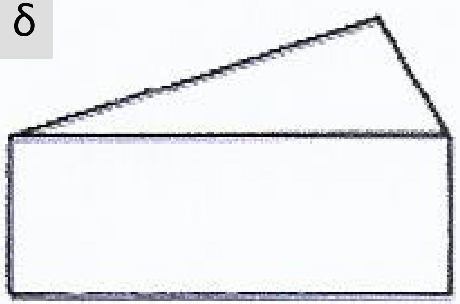
Τροποποιημένο τοξωτό

γ



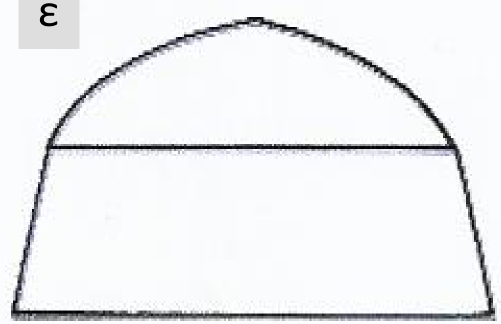
Αμφικλινές

δ



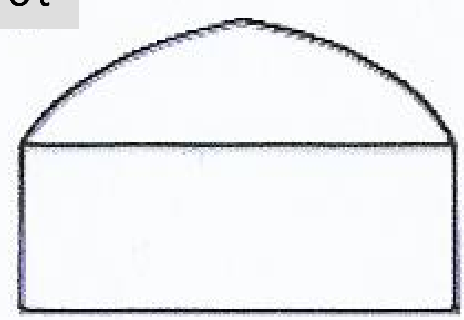
Ετεροκλινές

ε



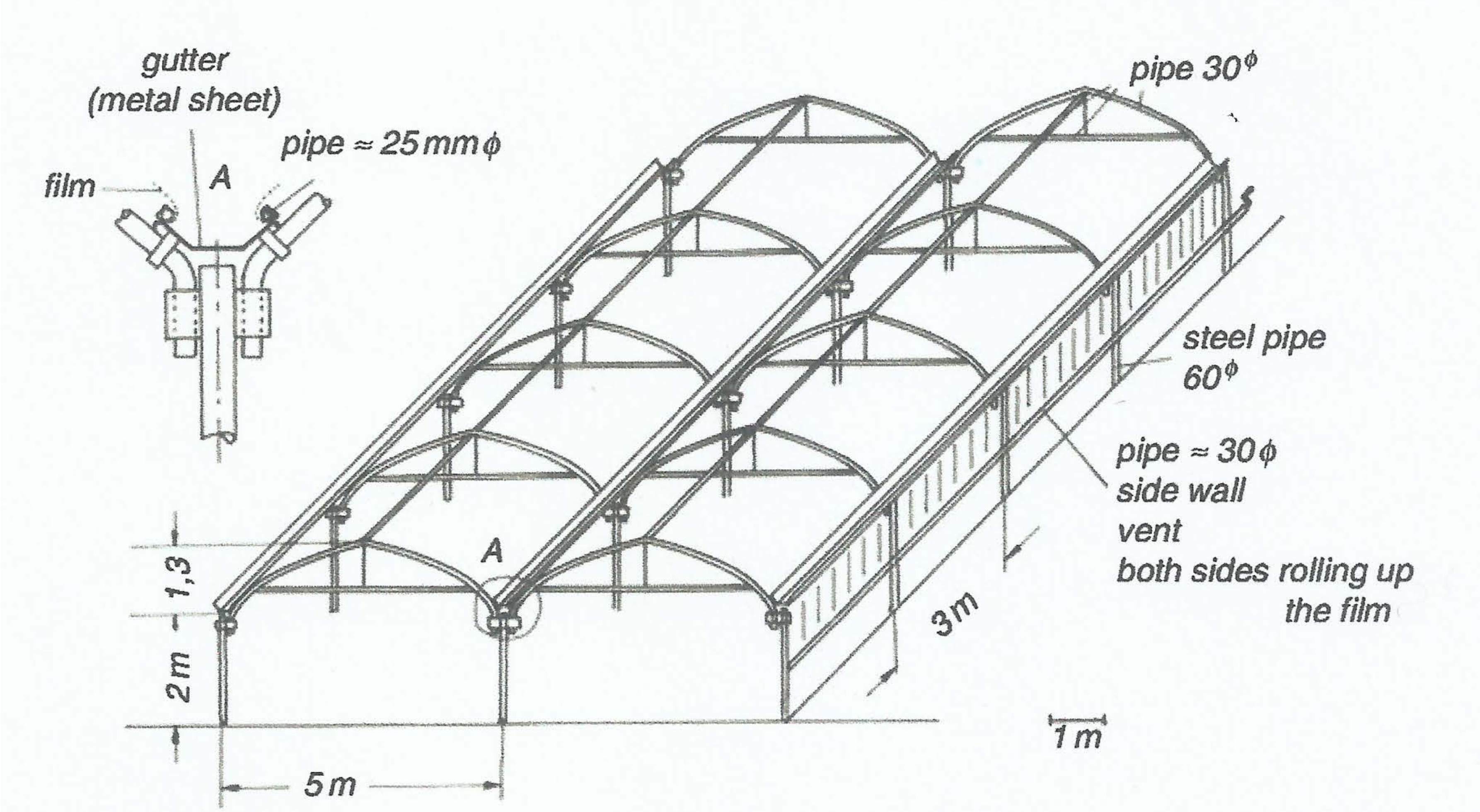
Γοτθικού τύπου

στ



Με στέγη γοτθικού τύπου

Βασική κατασκευαστική μονάδα θερμοκηπίου (ΒΚΜ)

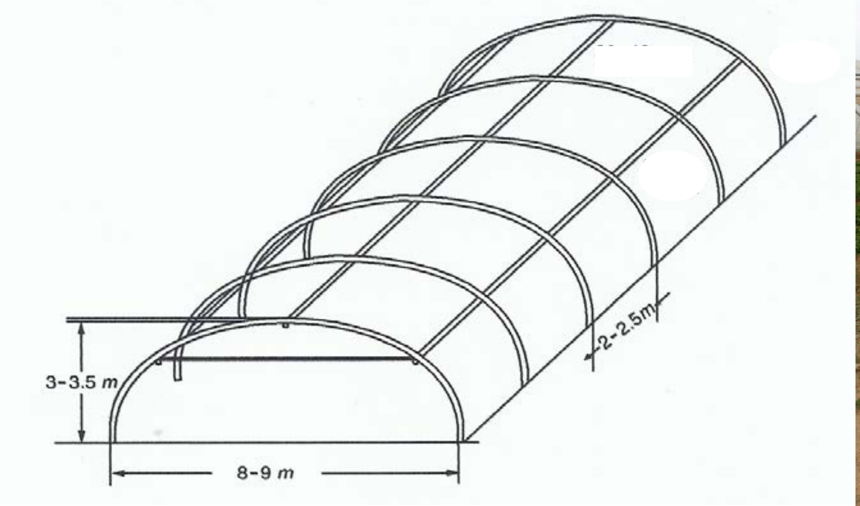


<u>Βασική κατασκευαστική μονάδα</u> ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβανόμενο κατά μήκος και κατά πλάτος σχηματίζει το σύνολο.

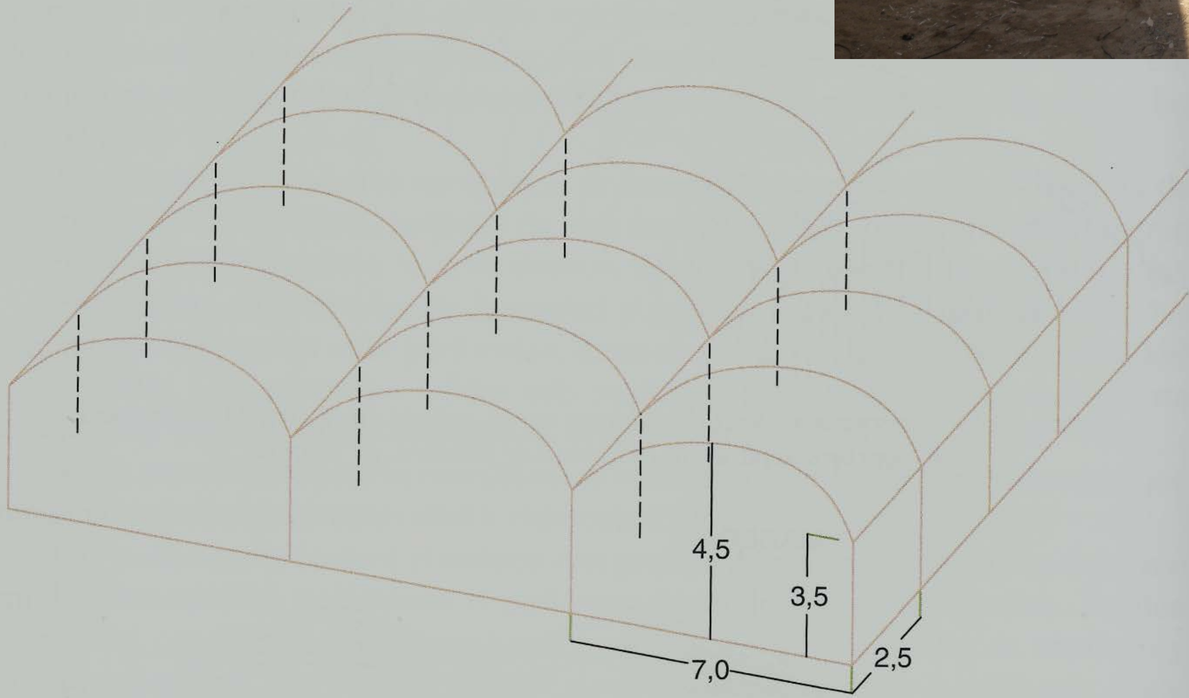

Απλής γραμμής (μονόρρικτο) θερμοκήπιο


Πολλαπλής γραμμής (πολύρρικτο) θερμοκήπιο

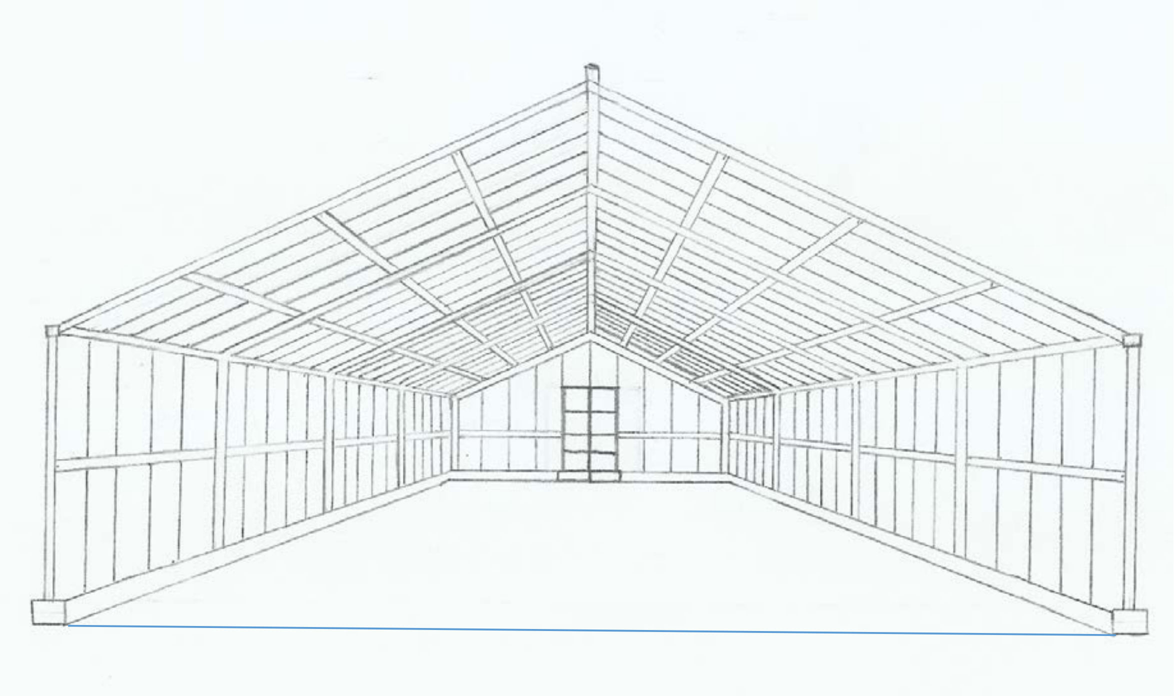
Απλό τοξωτό θερμοκήπιο



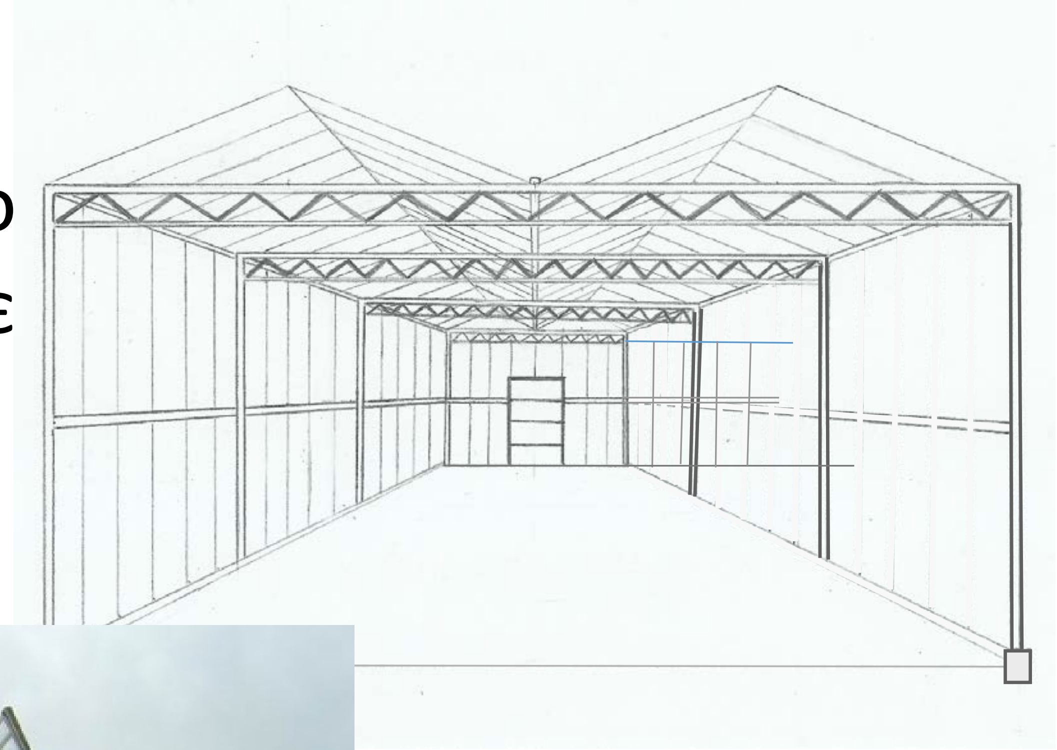
Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο

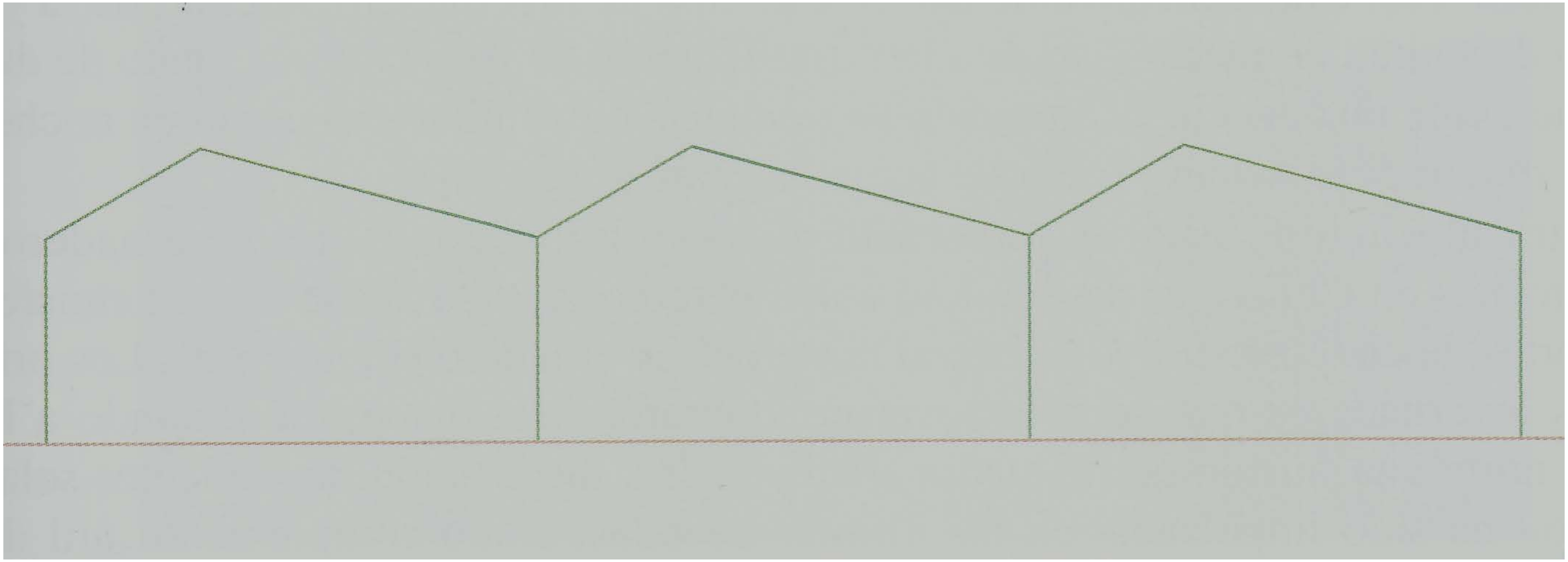


Αμφικλινές θερμοκήπιο με μία στέγη σε κάθε ΒΚΜ (wide-span type)



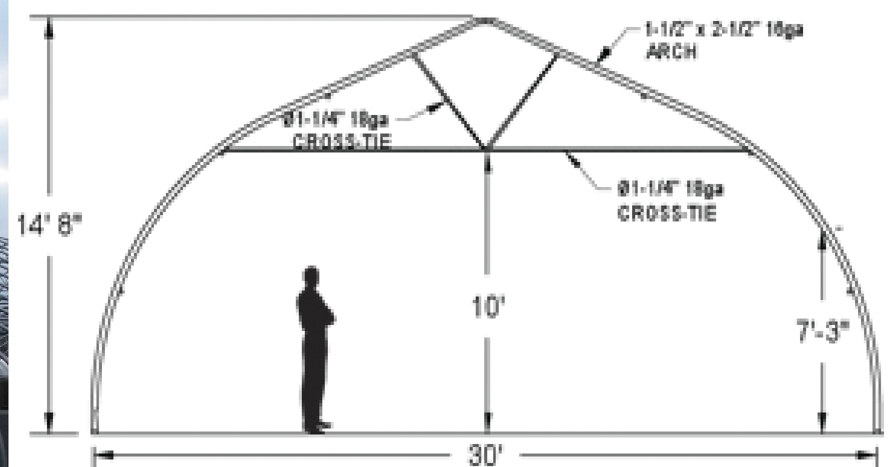
Αμφικλινές θερμοκήπιο με δύο στέγες σε κάθε ΒΚΜ (Venlo type)



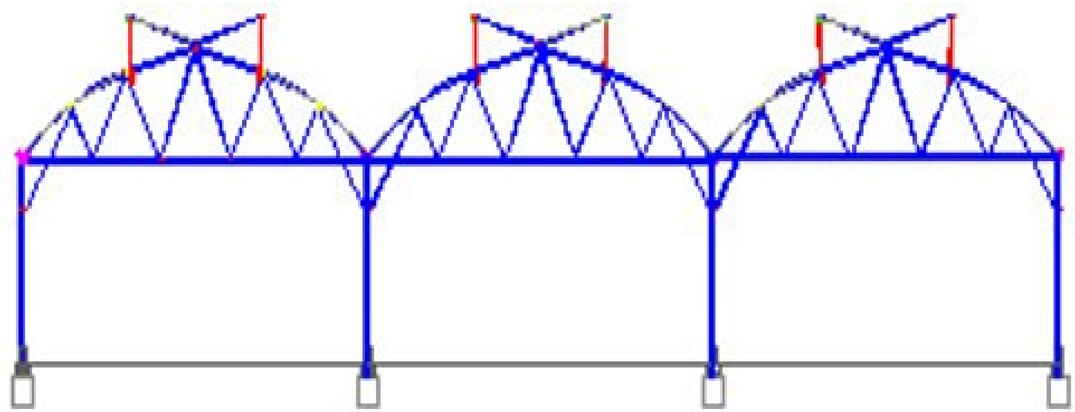


Ετεροκλινές θερμοκήπιο

Γοτθικού τύπου θερμοκήπιο



Θερμοκήπιο με στέγη γοτθικού τύπου



Πλάτος BKM θερμοκηπίων

- Το πλάτος μίας BKM θερμοκηπίου καθορίζεται από τεχνικούς περιορισμούς που σχετίζονται με την στατική της ευστάθεια, καθώς και με τις διαστάσεις των διαθέσιμων υλικών κάλυψής της.

- Η πλειονότητα των τυποποιημένων θερμοκηπίων που υπάρχουν στη χώρα μας έχει BKM με πλάτος που κυμαίνεται από 5 μέχρι 8 m.

- Για τα τοξωτά θερμοκήπια προβλέπεται ελάχιστο ελεύθερο πλάτος ίσο με 7 m.

- Πολλά θερμοκήπια χωρικού τύπου όμως έχουν πλάτος BKM μικρότερο από 5 m.

Ύψος θερμοκηπίων

Συνιστώνται τα ψηλά θερμοκήπια

Πλεονεκτήματα:

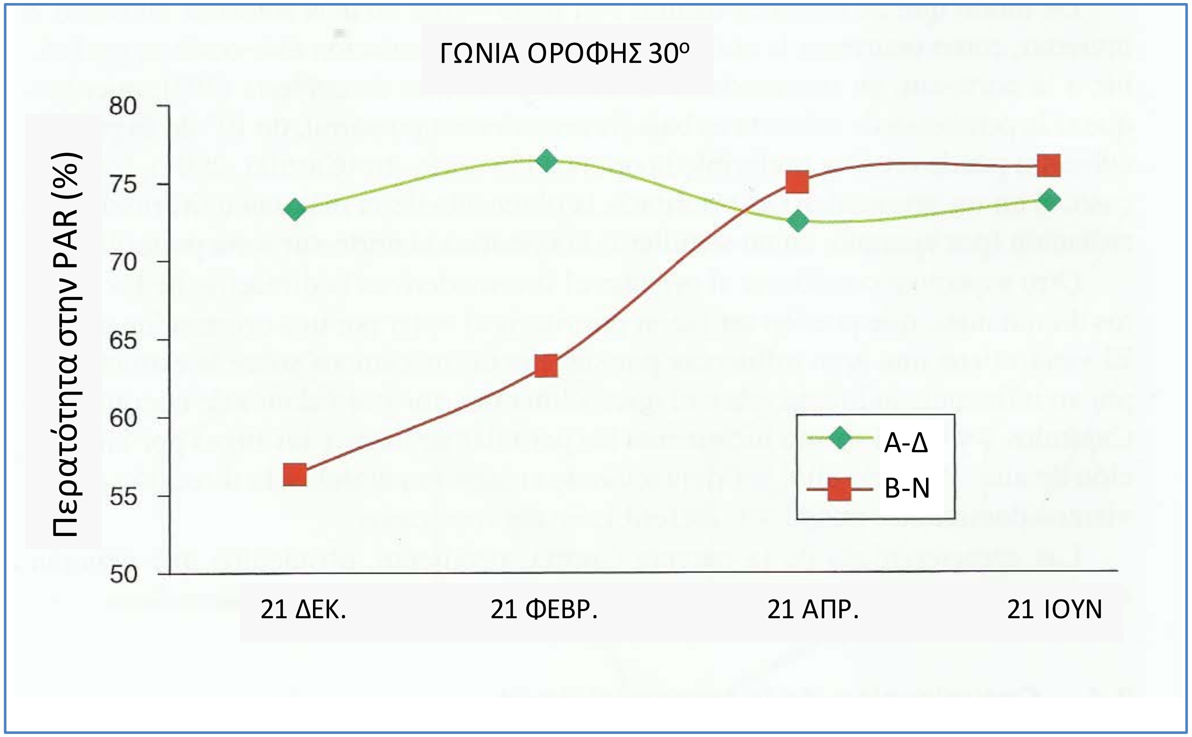
- Μεγαλύτερος όγκος ανά μονάδα επιφάνειας και επομένως μεγαλύτερη "αδράνεια" σε μεταβολές θερμοκρασίας.

- Αργούν περισσότερο να θερμανθούν αλλά διατηρούν τη θερμοκρασία που απέκτησαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Γι΄ αυτό είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για περιοχές όπου οι ημέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια ακολουθούνται από ιδιαίτερα ψυχρές νύκτες.

- Λιγότερα προβλήματα έλλειψης CO_2 στην διάρκεια ψυχρών ημερών του χειμώνα (όταν δεν εφαρμόζεται ανθρακολίπανση).

Τρόπος διάταξης ΒΚΜ

Περατότητα δύο παρόμοιων αμφίρρικτων θερμοκηπίων στην PAR σε τέσσερις αντι-προσωπευτικές ημερομηνίες στη διάρκεια ενός έτους. Τα θερμοκήπια ήταν στην ίδια περιοχή και διέφεραν μόνο στον προσανατολισμό.



Ημερομηνία	Ανατολή-Δύση	Βορράς-Νότος
2 Ιανουαρίου	379	293
4 Ιανουαρίου	426	322
6 Φεβρουαρίου	578	530
10 Μαρτίου	1.243	1.226
14 Απριλίου	1.955	2.104
20 Ιουνίου	2.720	2.969

Επίδραση του προσανατολισμού του θερμοκηπίου στην ημερήσια ποσότητα PAR (Wh m^{-2}) που προσπίπτει στην κόμη των φυτών στην Ολλανδία σε διαφορετικές αντιπροσωπευτικές ημερομηνίες.

Σκελετός θερμοκηπίων

Ξύλο


Γαλβανισμένος χάλυβας

Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

Τα διαφανή υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων διακρίνονται σε τρεις γενικές κατηγορίες και ειδικότερα:

- μαλακό (εύκαμπτο) πλαστικό,
- σκληρό πλαστικό,
- γυαλί.

Διαφανή φύλλα μαλακού πλαστικού

- **Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE: low density polyethylene).**

- **Αιθυλένιο - οξικό βινύλιο (EVA: ethylene vinyl acetate).**

- **Αιθυλένιο - ακρυλικό βουτύλιο (EBA: ethylene butyl acrylate).**

- **Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC: Polyvinyl chloride).**

- **Πολυεστέρας (Polyester).**

- **Αιθυλένιο – τετραφθοριοαιθυλένιο (ETFE: Ethylene – tetrafluoroethylene).**

Διαφανείς επιφάνειες σκληρού πλαστικού

- Πολυκαρβονικές επιφάνειες
- Ενισχυμένος πολυεστέρας (Fibreglass)
- Σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
- Πολυμεθυλομεθακρυλικό πολυμερές (PMMA: Polymethyl methacrylate)

Γυαλί

Είναι πολύ διαδεδομένο κυρίως στα υψηλής τεχνολογίας θερμοκήπια.

Πλεονεκτήματα:

- Πολύ μεγάλη περατότητα στην φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία,
- Διατήρηση της περατότητάς του στο φώς για θεωρητικά άπειρο χρόνο,
- Πρακτικά μηδενική περατότητά του στην υπέρυθρη ακτινοβολία μήκους κύματος πάνω από 3000 nm
- Υψηλή αντίσταση στον άνεμο
- Σχετικά αποδεκτό κόστος

Μειονεκτήματα:

Σχετικά υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης:

i) λόγω αυξημένου κόστους αγοράς του γυαλιού,

ii) επειδή το σχετικά υψηλό ειδικό βάρος του απαιτεί ενισχυμένο σκελετό, ο οποίος επίσης έχει υψηλό κόστος

Χαρακτηριστικά υλικών κάλυψης θερμοκηπίων

Υλικό κάλυψης	Ειδικό βάρος (kg/m^3)
LDPE	915-930
EVA	920-930
EBA	920-930
PVCP	1.250-1.500
MMA	1.180
Πολυεστέρας/Fibreglass*	1.500-1600
Γυαλί	2.400

Διαπερατότητα των σημαντικότερων υλικών κάλυψης θερμοκηπίων στη φωτεινή & την υπέρυθρη (IR) ακτινοβολία

Υλικό κάλυψης	Πάχος	Διαπερατότητα (%)	
	(mm)	Φως	IR
Απλό γυαλί	4,00	82	0
Αντι-ανακλαστικό γυαλί	4,00	89	0
LDPE με προστασία από UV	0,20	81	40-60
EVA	0,18	82	20-40
PVC	0,1-0,2	87-91	
ETFE	0,10	88	15-20
Πολυκαρβονικό φύλλο (PC) διπλό	12,00	61	0
PC με κυματοειδή επιφάνεια	25,00	80	0
PMMA διπλό φύλλο	16,00	76	0

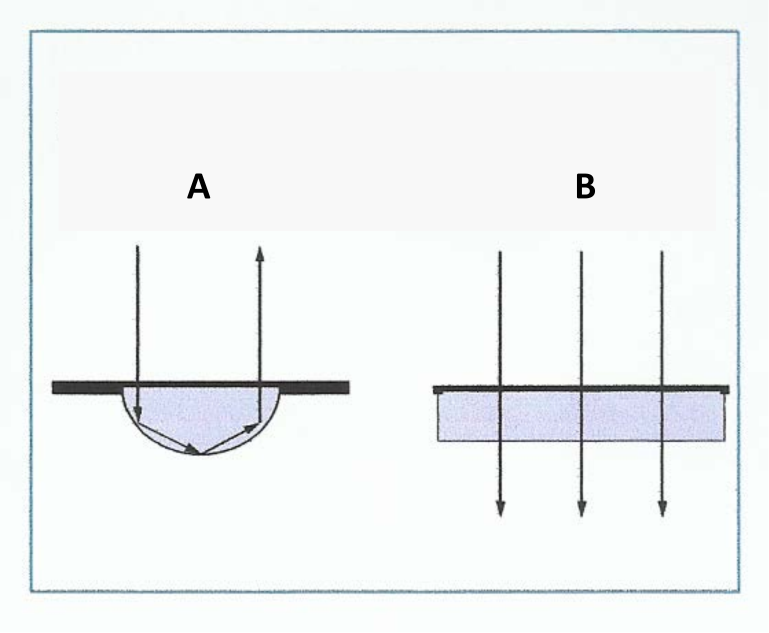
Ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού αέρα (*u*)

Υλικό κάλυψης	Συντελεστής u (W m^{-2} K^{-1})
Απλό γυαλί	6,0-8,8
Διπλό γυαλί με κενό αέρα 9 mm	4,2-5,2
Διπλό ακρυλικό με κενό αέρα 16 mm	4,2-5,0
Απλό πλαστικό φύλλο*	6,0-8,0
Διπλό πλαστικό φύλλο*	4,2-6,0
Απλό γυαλί και θερμοκουρτίνα με:	
- απλό φύλλο, μη υφασμένη	4,1-4,8
- απλό φύλλο με στρώση αλουμινίου	3,4-3,9

Ειδικοί τύποι πλαστικών κάλυψης θερμοκηπίων

- **Σταθεροποιημένα πλαστικά**
- **Πλαστικά που εμποδίζουν την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας**
- **Πλαστικά που μειώνουν την διαπερατότητα στην υπέρυθρη ακτινοβολία (θερμόφυλλα)**
- **Πλαστικά που ανακλούν την εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR)**
- **Πλαστικά που αυξάνουν το ποσοστό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας**
- **Αντισταγονικά πλαστικά υλικά κάλυψης**
- **Αντισκονικά πλαστικά υλικά κάλυψης**

Αντισταγονικά φύλλα κάλυψης



Εξοπλισμός θερμοκηπίων

- Συστήματα εξαερισμού
- Συστήματα θέρμανσης & εξοικονόμησης ενέργειας
- Συστήματα αφύγρανσης
- Συστήματα σκίασης
- Συστήματα δροσισμού
- Συστήματα εμπλουτισμού με CO_2
- Συστήματα τεχνητού φωτισμού

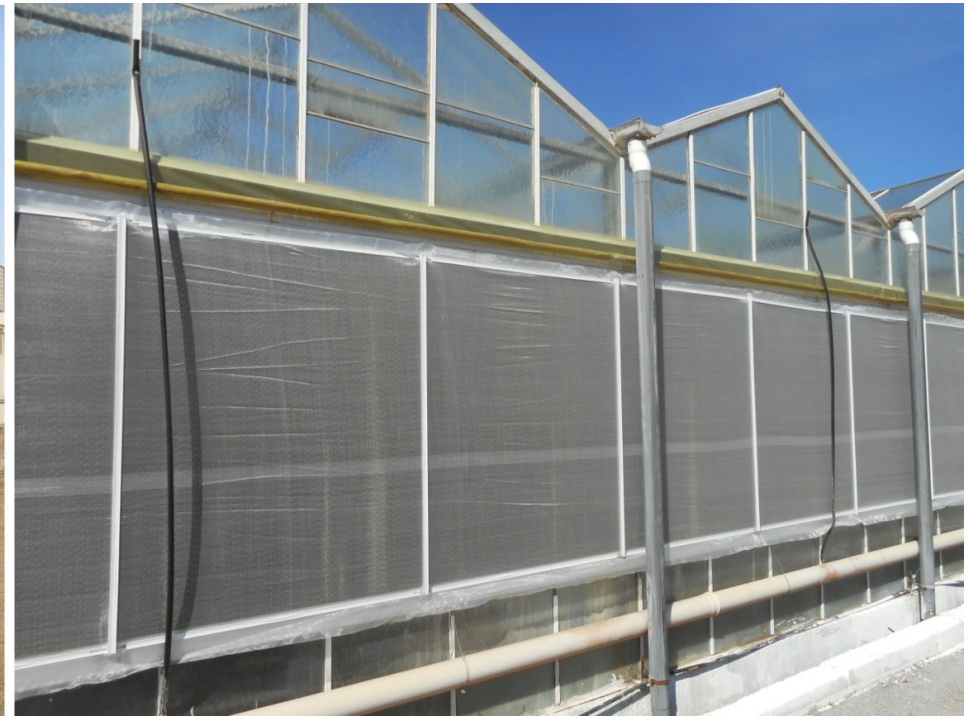
Παθητικά συστήματα εξαερισμού

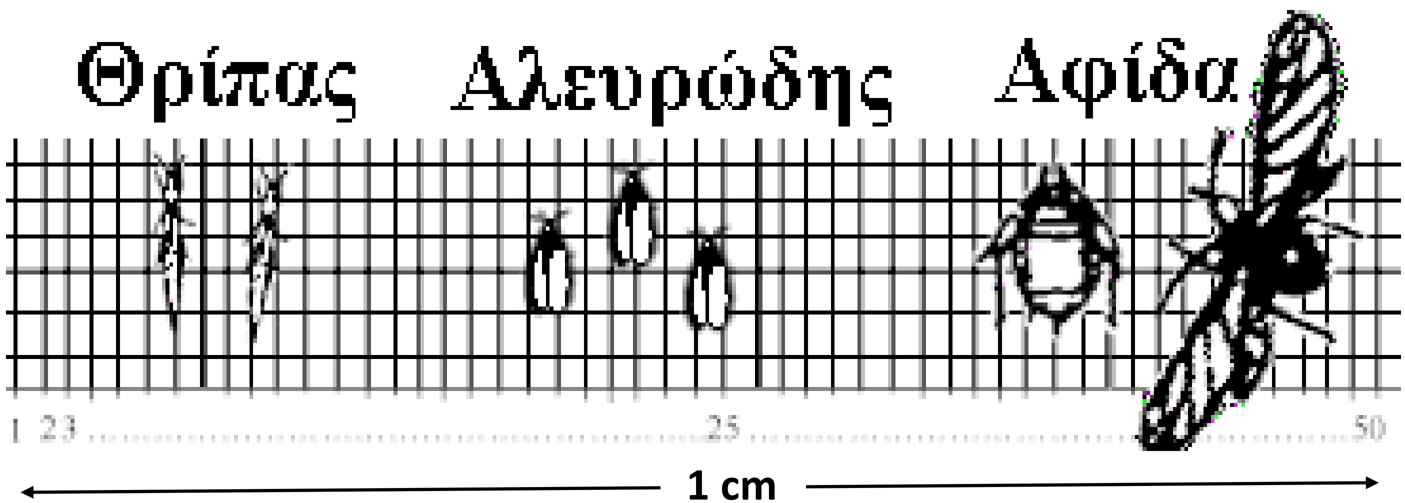
Παθητικό σύστημα εξαερισμού με ανοίγματα που φέρουν πτερυγωτά καλύμματα

Παθητικό σύστημα εξαερισμού με ανοίγματα που φέρουν πτυσσόμενα καλύμματα

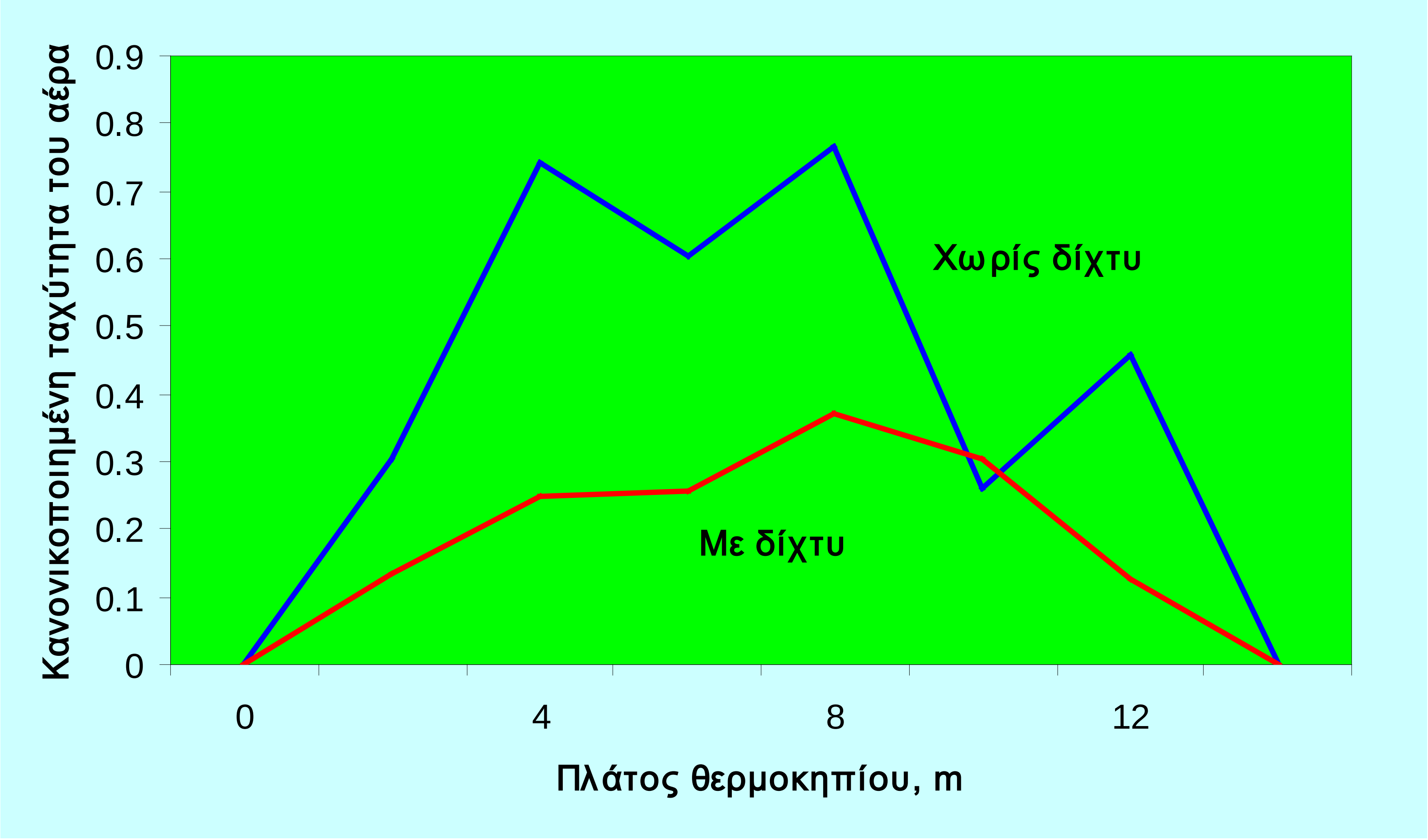
Δυναμικό σύστημα εξαερισμού

Εντομοστεγή δίχτυα και είσοδος εντόμων





Εντομοστεγή δίχτυα και αερισμός θερμοκηπίου



Συστήματα θέρμανσης & εξοικονόμησης ενέργειας

Τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων διαφοροποιούνται ανάλογα με :

- Την πηγή που παρέχει την θερμική ενέργεια.
- Το σύστημα παραγωγής θερμότητας (π.χ. λέβητας και καυστήρας)
- Το σύστημα διανομής της θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο.

Πηγή θερμικής ενέργειας

- **Ορυκτά καύσιμα (**πετρέλαιο, μαζούτ, φυσικό αέριο, γαιάνθρακας, λιγνίτης).

- **Βιομάζα**

- **Γεωθερμική ενέργεια**

- **Θερμά απόνερα από βιομηχανίες**

- **Ηλιακή ενέργεια**

Συστήματα παραγωγής θερμότητας

Σύστημα κεντρικής θέρμανσης με λέβητα θερμού νερού

Αερόθερμο

Τοπικές θερμάστρες θέρμανσης με λέβητα θερμού νερού

Σύστημα διανομής θερμότητας

Μεταλλικοί σωλήνες για μεταφορά θερμού νερού

Μεταλλικοί σωλήνες για μεταφορά ατμού

Πλαστικοί σωλήνες με σπειρωτή επιφάνεια για μεταφορά θερμού νερού

Διάτρητοι πλαστικοί σωλήνες για μεταφορά και διανομή θερμού αέρα από αερόθερμα

Θερμοκουρτίνες

Οι θερμοκουρτίνες μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κατά 35-40%.

Οι θερμοκουρτίνες αποτελούνται από υλικά με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα που περιορίζουν την διαφυγή θερμότητας από τον εσωτερικό προς το εξωτερικό αέρα τη νύχτα.

Θερμοκουρτίνες

- Θερμοκουρτίνες τοποθετούνται κυρίως στην οροφή του θερμοκηπίου.
- Συχνά οι θερμοκουρτίνες λειτουργούν ταυτόχρονα και ως κουρτίνες σκίασης το καλοκαίρι.

Σε ψυχρά κλίματα, θρμοκουρτίνες τοποθετούνται και στις πλάγιες εξωτερικές πλευρές του θερμοκηπίου.

Συστήματα σκίασης

Η σκίαση του θερμοκηπίου αποσκοπεί στην μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας με στόχο την μείωση της θερμοκρασίας στον εσωτερικό του χώρο την θερμή εποχή του έτους, όταν ο αερισμός δεν επαρκεί για το σκοπό αυτό.

Ταυτόχρονα όμως, η σκίαση επιδρά και σε δύο άλλες κλιματικές παραμέτρους που είναι σημαντικές για τα καλλιεργούμενα κηπευτικά και ειδικότερα:

- στη σχετική υγρασία την οποία αυξάνει και
- στον φωτισμό τον οποίο μειώνειμε συνέπεια να περιορίζει τη φωτοσύνθεση.

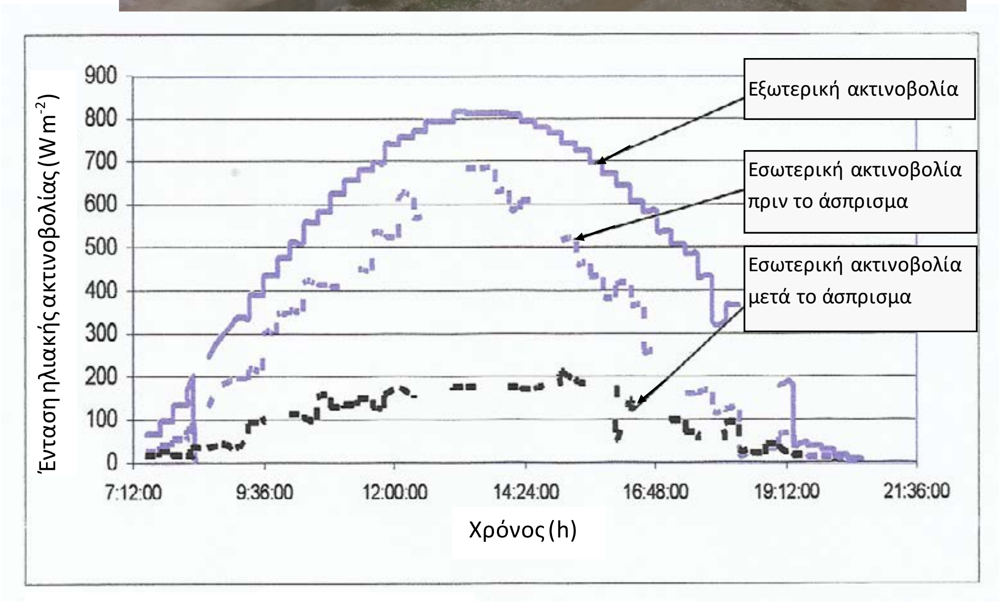
Τρόποι σκίασης θερμοκηπίων

- Βάψιμο (άσπρισμα) θερμοκηπίου
- Σκίαση με δίχτυ
- Σκίαση με κουρτίνες

Σκίαση με άσπρισμα του θερμοκηπίου

Το άσπρισμα της εξωτερικής επιφάνειας των θερμοκηπίων είναι μία αποτελεσματική τεχνική μείωσης της εσωτερικής τους θερμοκρασίας, όταν ο εξαερισμός δεν επαρκεί.

- Συνήθως, για το άσπρισμα του θερμοκηπίου χρησιμοποιείται στόκος διαλυμένος σε νερό μαζί με λευκή ακρυλική βαφή.

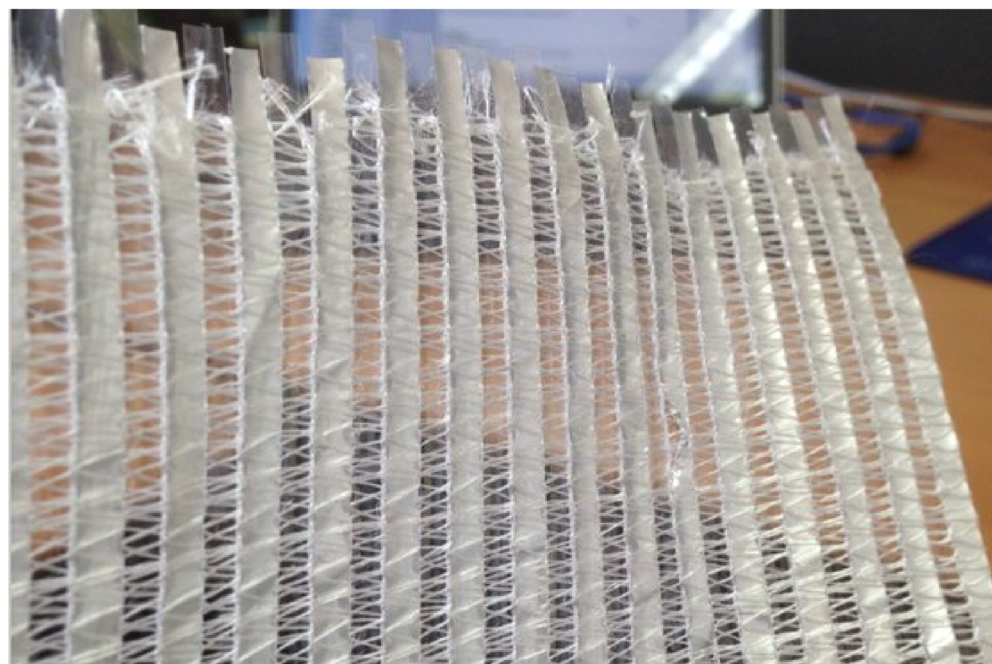


- Αρκετοί παραγωγοί χρησιμοποιούν ασβέστη (CaO) για το άσπρισμα των θερμοκηπίων.

Κουρτίνες σκίασης

- Οι κουρτίνες σκίασης είναι κατασκευασμένες κυρίως από ακρυλικές ίνες οι οποίες σχηματίζουν μία αραιή ύφανση, καθώς και από λεπτές λωρίδες στιλπνών φύλλων αλουμινίου.
- Η αραιή ύφανση των ακρυλικών ινών, αλλά και η αραιή διάταξη των λωρίδων αλουμινίου επιτρέπει στο μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας να τις διαπεράσει.

Οι λωρίδες αλουμινίου αντανακλούν μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με συνέπεια να μειώνουν το ενεργειακό φορτίο που εισέρχεται στο θερμοκήπιο.



Τοποθέτηση & λειτουργία κουρτινών σκίασης

- Οι κουρτίνες σκίασης τοποθετούνται εσωτερικά του θερμοκηπίου, οριζόντια, στο ύψος της υδρορροής.

- Συχνά οι κουρτίνες σκίασης χρησιμοποιούνται και ως θερμοκουρτίνες την ψυχρή εποχή του έτους.

- Κατά κανόνα οι κουρτίνες σκίασης εκπτύσσονται και συμπτύσσονται αυτόματα με βάση την εσωτερική θερμοκρασία.

- Η εσωτερική θερμοκρασία καταγράφεται από θερμόμετρο και μεταφέρεται στο σύστημα αυτόματου ελέγχου του κλίματος σε πραγματικό χρόνο.

Δροσισμός θερμοκηπίων

- Ο δροσισμός των θερμοκηπίων αποσκοπεί στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό τους μέσω εξάτμισης νερού.

- Η εξάτμιση νερού μετατρέπει μέρος της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα θερμότητα, με συνέπεια να μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα.

- Για να ψυχθεί ο αέρας μέσω εξάτμισης νερού, πρέπει να μην είναι κορεσμένος σε υγρασία, ώστε να μπορεί το νερό να μετατρέπεται σε υδρατμούς.

- Η χρήση ενός συστήματος δροσισμού είναι αναγκαία κυρίως σε περιοχές με σχετικά θερμό κλίμα, εφόσον το θερμοκήπιο λειτουργεί το καλοκαίρι.

- Ο δροσισμός μπορεί να εφαρμοστεί είτε εναλλακτικά είτε συμπληρωματικά με την σκίαση, ώστε να μην χρειαστεί να μειωθεί ο φωτισμός σε επίπεδα που περιορίζουν την φωτοσύνθεση.

Συστήματα δροσισμού

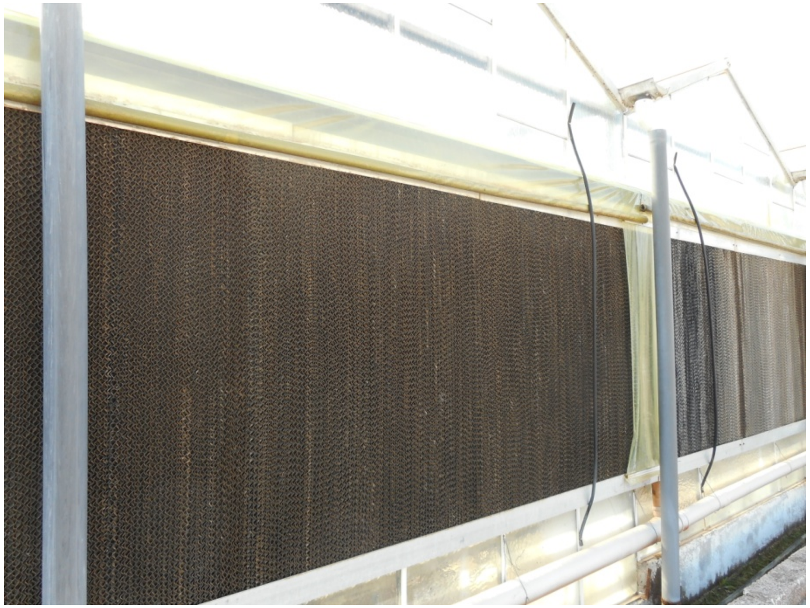
Σύστημα ομίχλης (fog system)

Ένα σύστημα ομίχλης περιλαμβάνει:
- μία μονάδα πίεσης του νερού,
- σωληνώσεις για την μεταφορά του νερού,
- διατάξεις εκτοξευτήρων (ακροφύσια) που ψεκάζουν το νερό σε μορφή πολύ λεπτών σταγόνων.

Για να λειτουργεί αποτελεσματικά ένα σύστημα ομίχλης, θα πρέπει:
- ο εσωτερικός αέρας να κινείται μέσα στο θερμοκήπιο,
- ο αέρας να ανανεώνεται συνεχώς με νέο αέρα προερχόμενο από το εξωτερικό του θερμοκηπίου.

Συστήματα δροσισμού

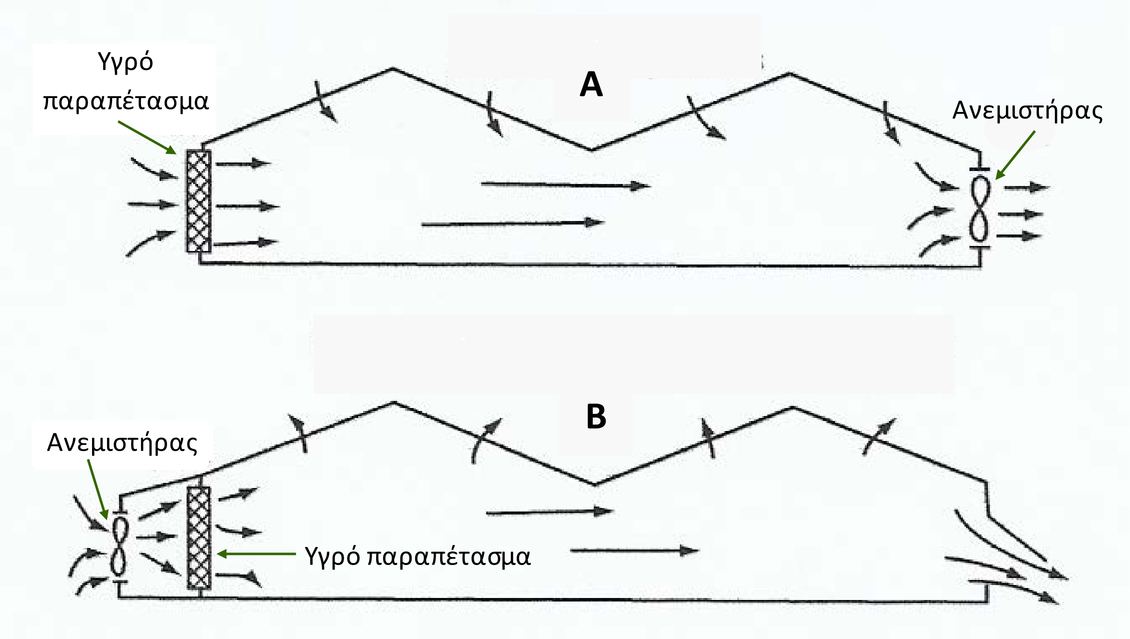
Υγρό παραπέτασμα ή υγρή παρειά ή υγρό τοίχωμα (fan and pad)



Σε τμήμα της μίας πλευράς του θερμοκηπίου τοποθετούνται συνεχόμενες πορώδεις πλάκες οι οποίες διαβρέχονται από πάνω με νερό συνεχώς όταν το σύστημα λειτουργεί.

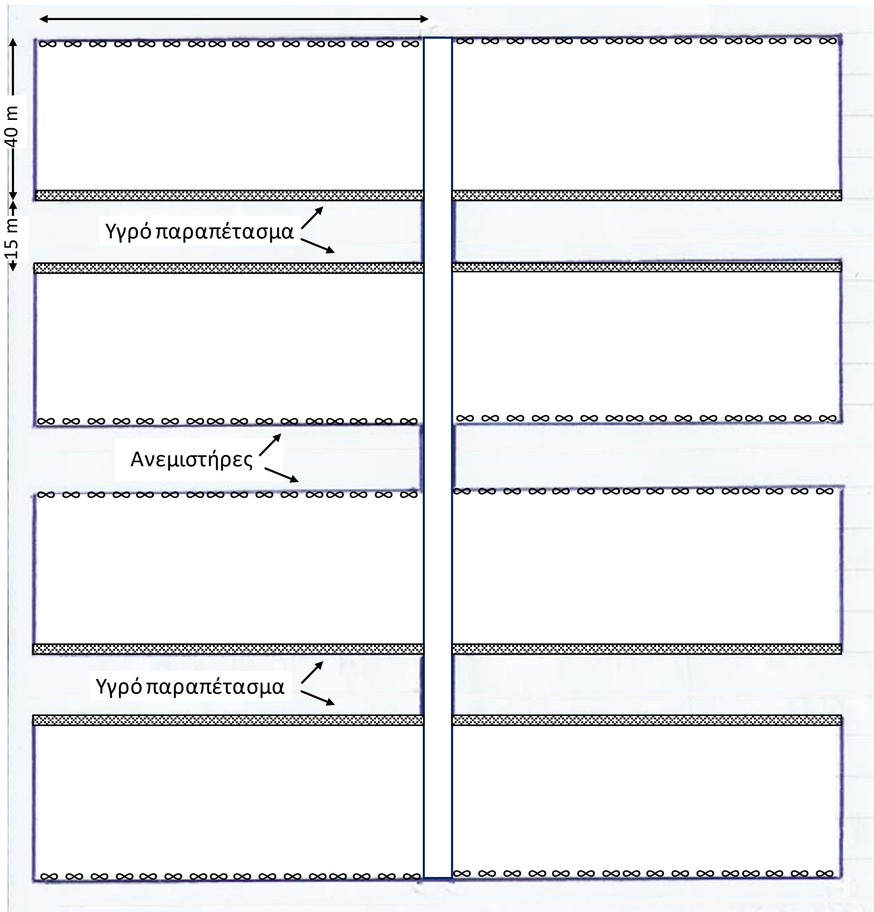
Οι πορώδεις πλάκες συνδυάζονται με ανεμιστήρες τοποθετημένους είτε στην ακριβώς απέναντι πλευρά είτε στην ίδια πλευρά του θερμοκηπίου που εξάγουν τον αέρα εκτός θερμοκηπίου με συνέπεια να εισέρχεται νέος αέρας μέσω των πορωδών πλακών.

Εναλλακτικοί τρόποι διάταξης υγρού παραπετάσματος και ανεμιστήρων



- Ο εισερχόμενος αέρας εξατμίζει μέρος του νερού που περιέχεται στο υγρό παραπέτασμα καθώς το διαπερνά, με συνέπεια αφενός μεν να ψύχεται λόγω της λανθάνουσας θερμότητας που απορροφά και αφετέρου να αποκτά αυξημένη σχετική υγρασία.
- Συνεπώς, ο εισερχόμενος αέρας ψύχει το εσωτερικό του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα αυξάνει την σχετική υγρασία του.

Διάταξη υγρών παραπετασμάτων σε μεγάλης έκτασης θερμοκηπιακές μονάδες



Το θερμοκήπιο διαχωρίζεται σε διαμερίσματα πλάτους 40-60 m το πολύ γιατί η μέγιστη απόσταση μεταξύ υγρού παραπετάσματος και ανεμιστήρων συνιστάται να μην υπερβαίνει τα 40 m (με μέγιστο ανεκτό τα 60 m).

Σκοπιμότητα παροχής CO_2 στα θερμοκήπια

Όταν επικρατούν χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, το θερμοκήπιο μένει κλειστό και δεν αερίζεται, οπότε η εσωτερική συγκέντρωση CO_2 μειώνεται σε επίπεδα σημαντικά χαμηλότερα από αυτά που επικρατούν στον εξωτερικό αέρα (π.χ. στα 150-250 ppm).

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης περιορίζονται δραστικά, με συνέπεια η παραγωγή των κηπευτικών που καλλιεργούνται μέσα στο θερμοκήπιο να μειώνεται σημαντικά.

Από την άλλη πλευρά, η ανύψωση της φυσικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου στα 700 - 1000 ppm αυξάνει τους ρυθμούς φωτοσύνθεσης, με συνέπεια να λαμβάνεται υψηλότερη παραγωγή κατά 21-61% σε ξηρή μάζα.

Συστήματα εμπλουτισμού με CO_2

Παροχή συμπιεσμένου & υγροποιημένου CO_2 από κεντρικές δεξαμενές αποθήκευσης

Παροχή CO_2 που παράγεται στη θερμοκηπιακή μονάδα μέσω τέλειας καύσης υγαερίου, φυσικού αερίου, πετρελαίου, κηροζίνης, βιομάζας ή άλλης θερμαντικής πηγής

Παροχή του CO_2 μέσα στο θερμοκήπιο

Το CO_2, είτε προέρχεται από δεξαμενές είτε από καύση, διανέμεται στα φυτά μέσω διάτρητων πλαστικών σωλήνων μέσα στο θερμοκήπιο.

Το πεπιεσμένο CO_2 μεταφέρεται στο θερμοκήπιο αρχικά μέσω μεταλλικών σωλήνων, ενώ ένα σύστημα βαλβίδων μειώνει την αρχική πίεση που είχε στην δεξαμενή αποθήκευσης, οπότε σε κάποιο σημείο μετατρέπεται από υγρό σε αέριο.

Πριν διανεμηθούν στο θερμοκήπιο τα καυσαέρια με το CO_2, θα πρέπει να αναμειγνύονται με καθαρό εξωτερικό αέρα για να ψύχονται και να μην αυξάνουν πολύ την υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Συστήματα τεχνητού φωτισμού

Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης (HPS: high-pressure sodium)

Υψηλό κόστος εγκατάστασης & λειτουργίας

Λαμπτήρες LED (light emitting diode)

Οι τεχνολογίες τεχνητού αφομοιωτικού φωτισμού με λαμπτήρες LED αναμένεται να κυριαρχήσουν στο μέλλον.

Λαμπτήρες μεταλλικών αλάτων αλογόνων

Λαμπτήρες φθορισμού (Fluorescent)

Καλλιέργεια σε δικτυοκήπια

- Τα δικτυοκήπια φέρουν παρόμοιο σκελετό με αυτόν των θερμοκηπίων, αλλά είναι καλυμμένα πλήρως με δίχτυα σκίασης αντί διαφανών υλικών.

- Τα δίχτυα που καλύπτουν τα δικτυοκήπια δεν εμποδίζουν πλήρως την είσοδο του αέρα και δεν περιορίζουν την έξοδο της θερμικής ενέργειας.

- Συνήθως το σχήμα των δικτυοκηπίων είναι τοξωτό ή τροποποιημένο τοξωτό.

Καλλιέργεια σε δικτυοκήπια

- Δικτυοκήπια εγκαθίστανται συνήθως σε περιοχές με πολύ θερμό και ημίξηρο κλίμα.

- Οι βασικοί σκοποί της καλλιέργειας κηπευτικών σε ένα δικτυοκήπιο είναι:
  - η μείωση της θερμοκρασίας κάτω από το δικτυωτό πλέγμα,
  - η προστασία από επιβλαβή έντομα
  - η προστασία από χαλάζι, έντονη βροχή, άνεμο και πουλιά.