

ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας

Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής
Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Αδραχτά Ειρήνη (10390)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: Συστήματα Υπέρυθρης θέρμανσης.
Ενεργειακή και οικονομική ανάλυση σε σχέση με τα
συμβατικά συστήματα θέρμανσης**



Αργυρούση Ελένη Ευαγγελία (9621)

Επιβλέπων Καθηγητής
Καυγά Αγγελική
Επίκουρος Καθηγήτρια

Αμαλιάδα, Μάιος 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

➤ ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	σελ.3
➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
➤ ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	
➤ 1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ.....	σελ.8
➤ 1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	σελ.9
➤ 1.3 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.....	σελ.10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	
➤ 2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	σελ.12
➤ 2.2 ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ.....	σελ.15
➤ 2.3 ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΑΚΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.....	σελ.17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	
➤ 3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	σελ.28
➤ 3.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	σελ.30
➤ 3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	σελ.31
➤ 2.3.1. <i>Gas-Fired Infrared Heating system</i>	σελ 32
➤ 2.3.2 <i>Σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία (Infrared Heaters)</i>	σελ.33
➤ 2.3.4 <i>Σύστημα θέρμανσης με σωληνωτά κάτοπτρα υπέρυθρης ακτινοβολίας</i>	
➤ 2.3.5 <i>Σύστημα θέρμανσης με διαμήκη σωληνωτά κάτοπτρα ακτινοβολίας</i>	
➤ 2.3.6 <i>Ηλεκτρικά πάνελ οροφής ακτινοβολίας</i>	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ

ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

- 4.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....σελ.41
- 4.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....σελ.42
- 4.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....σελ.45
- 4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ.....σελ.47
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.49**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες αποτελούν έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς της πρωτογενούς παραγωγής στην Ελλάδα συμβάλλοντας σημαντικά στην εθνική οικονομία του τόπου μας. Όπως είναι γνωστό, πρόκειται για την πλέον εντατική μορφή καλλιέργειας, η οποία απαιτεί υψηλό κόστος παραγωγής. Επομένως, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι εκείνοι οι απαραίτητοι παράγοντες που οδηγούν στην επιτυχία της καλλιέργειας. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που συμβάλλει στην επιτυχία μιας θερμοκηπιακής καλλιέργειας είναι η ρύθμιση των συνθηκών του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.

Μια από σημαντικότερες συνιστώσες που διαμορφώνουν το περιβάλλον του θερμοκηπίου είναι η θερμοκρασία του αέρα. Για την καλύτερη ανάπτυξη και απόδοση των διαφόρων φυτών πρέπει να υπάρχει άριστη θερμοκρασία ημέρας και νύχτας. Η θερμοκρασία της νύχτας πρέπει πάντα να είναι χαμηλότερη από αυτήν της ημέρας. Για τις περισσότερες καλλιέργειες η άριστη θερμοκρασία νύχτας κυμαίνεται στους 14-18 °C, ενώ της ημέρας στους 25-27 °C.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας των φυτών του θερμοκηπίου είναι σημαντική για την ανάπτυξη και τη καρποφορία τους. Η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου τη νύχτα επηρεάζεται πολύ από την εξωτερική θερμοκρασία, το είδος και το μέγεθος της επιφάνειας του καλύμματος του θερμοκηπίου και τη ταχύτητα του ανέμου. Η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη θέρμανση του θερμοκηπίου εξαρτάται και από την επιθυμητή ελάχιστη θερμοκρασία, που καθορίζεται από το είδος του φυτού που καλλιεργείται.

Με την τρέχουσα οικονομική κρίση και την παγκοσμιοποίηση η συμβατική θέρμανση έχει κλείσει τον κύκλο της πια. Βασισμένη σε αναλώσιμους εισαγόμενους ορυκτούς πόρους, υπόκειται σε συνεχείς αυξήσεις της τιμής, εξαιτίας της αύξησης της φορολογίας, της διεθνούς ζήτησης και του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος. Εκτός αυτού, έχει εξαιρετικά μεγάλο κόστος αγοράς και εγκατάστασης, καθώς απαιτείται, εκτός του καυστήρα, ένα ευρύ κύκλωμα κυκλοφορίας του νερού ή του θερμού αέρα (σωληνώσεις – αερόθερμα).

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης με χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας ή Συστήματα Υπέρυθρης θέρμανσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρωταρχικό αντικείμενο των θερμοκηπίων είναι η παραγωγή αγροτικών προϊόντων καθόλη την διάρκεια του έτους. Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι εντατικής μορφής καλλιέργειες, οι οποίες απαιτούν υψηλό κόστος παραγωγής αλλά έχουν πολύ μεγάλη σημασία στην αγορά της αγροτικής παραγωγής. Για κάθε καλλιέργεια υπάρχει η ευνοϊκή θερμοκρασία στην οποία τα ένζυμα που είναι ευαίσθητα στην θερμότητα και υπεύθυνα για τις βιοχημικές αντιδράσεις του φυτού ενεργοποιούνται. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του φυτού και η θερμοκρασία του εδάφους που είναι σημαντικές για την ανάπτυξη του φυτού εξαρτώνται από την πυκνότητα του φωτός (lux), την λήψη και συγκέντρωση CO₂, την υγρασία, και την ταχύτητα του αέρα. Για να επιτευχθούν βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες, είναι απαραίτητη η θέρμανση, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια των ψυχρών εποχών. Ο τομέας των θερμοκηπίων έχει μεγάλη δυνατότητα για ενεργειακό απόθεμα. Εφαρμογές θέρμανσης μέσα στα θερμοκήπια και βελτιστοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα έχουν σημαντικό αποτέλεσμα πάνω στην παραγωγή, καθώς επίσης στην ποιότητα και στον χρόνο καλλιέργειας (πρωίμιση παραγωγής). Κατά τον σχεδιασμό ενός θερμοκηπιακού συστήματος θέρμανσης διάφοροι παράγοντες λαμβάνονται υπόψη. Ενδεικτικά, είναι προτεινόμενο η θερμοκρασία στο επίπεδο του φυτού να είναι ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του θερμοκηπίου. Επίσης η θερμοκρασία των καλλιεργειών κατά την διάρκεια της θέρμανσης πρέπει να είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του σημείου δροσού, για να εμποδίζεται η συμπύκνωση των υδρατμών και έτσι να μειώνεται ο κίνδυνος μυκητολογικών ασθενειών. Επιπλέον η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας των καλλιεργούμενων φυτών του θερμοκηπίου είναι σημαντική για την ανάπτυξη και τη καρποφορία τους. Η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου τη νύχτα επηρεάζεται πολύ από την εξωτερική θερμοκρασία, το μέγεθος της επιφάνειας του καλύμματος του θερμοκηπίου και τη ταχύτητα του ανέμου. Η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη θέρμανση του θερμοκηπίου εξαρτάται και από την επιθυμητή ελάχιστη θερμοκρασία, που καθορίζεται από το είδος του φυτού που καλλιεργείται.

Για την ρύθμιση της θερμοκρασίας τη ψυχρή περίοδο, είναι σημαντικό να εγκατασταθεί ένα σωστά διαστασιοποιημένο σύστημα θέρμανσης ζεστού νερού ή ατμού ή θερμού αέρα (αερόθερμα), ή επιδαπέδιο σύστημα που συγκαταλέγονται στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και έχουν την ικανότητα να καλύψουν τις ανάγκες του θερμοκηπίου σε θερμότητα ακόμα και τις πιο κρύες νύχτες. Τα καυσαέρια πρέπει να βγαίνουν εκτός θερμοκηπίου χωρίς διαρροές και ο αέρας που χρησιμοποιείται στο

θάλαμο καύσης να έρχεται από έξω. Οι θερμοστάτες ή οι αισθητήρες θερμοκρασίας πρέπει να τοποθετούνται στο μέσο ύψος των φυτών στο κέντρο του θερμοκηπίου και να προστατεύονται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Στη περίπτωση των αερόθερμων, η χρήση διάτρητων σωλήνων διαφανούς πολυαιθυλενίου, για την ομοιόμορφη κατανομή του θερμού αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου, είναι πολύ χρήσιμη στα μεγάλα θερμοκήπια. Στη περίπτωση του λέβητα ζεστού νερού, η προσθήκη αερόθερμων ζεστού νερού, ή η τοποθέτηση υψηλά σωλήνων θέρμανσης, θεωρείται χρήσιμη για την αποφυγή συμπύκνωσης υγρασίας στο επάνω μέρος των φυτών, αλλά και για το λιώσιμο του χιονιού στην οροφή του θερμοκηπίου. Η αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα θέρμανσης, με βάση τη διαφορά θερμοκρασίας του αέρα μέσα έξω του θερμοκηπίου, εξοικονομεί σημαντική ποσότητα καυσίμου.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας, είναι πολύ χρήσιμη η τοποθέτηση θερμοκουρτίνας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Χρήσιμη είναι επίσης και η τοποθέτηση ανεμιστήρων στο εσωτερικό του θερμοκηπίου για την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο χώρο του. Εκτός από την ομοιόμορφη θερμοκρασία η κίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο δημιουργεί και ομοιόμορφες συνθήκες υγρασίας και διοξειδίου του άνθρακα.

Εκτός όμως από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης όπως τα συστήματα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία. Σε αυτά τα συστήματα η θερμότητα στέλνεται απευθείας από την πηγή στον δέκτη με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία μεταδίδεται σε ευθεία γραμμή στον δέκτη, που στην περίπτωση μας είναι τα φυτά και το έδαφος. Ο αέρας του θερμοκηπίου δεν θερμαίνεται απευθείας από την ακτινοβολία, αλλά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά και το έδαφος.

Κατά κανόνα με την λειτουργία αυτών των συστημάτων η θερμοκρασία των φυτών είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του αέρα. Η θερμοκρασία του αέρα είναι συνήθως 4 °C χαμηλότερα από ότι σε ένα θερμοκήπιο με συμβατική θέρμανση κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μειωμένες απώλειες θερμότητας που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Το έδαφος επίσης έχει συνήθως υψηλότερη θερμοκρασία από την συνήθη αν δεν σκιάζεται από την κόμη των φυτών. Αν σκιάζεται η θερμοκρασία του μπορεί να είναι ενίοτε και χαμηλότερη της επιθυμητής.

Η πηγή της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα θερμοκήπια είναι χαλύβδινοι ή κεραμικοί σωλήνες διαμέτρου 10 cm, ισχύος 17000 W, αναρτημένοι ψηλά και κατά μήκος του θερμοκηπίου, σε μεταξύ τους απόσταση 7-10 m μέσα στους οποίους κυκλοφορεί ρευστό υψηλής θερμοκρασίας. Στο πάνω μέρος τους υπάρχει μεταλλικός ανακλαστήρας 40 cm, έτσι ώστε όλη η ακτινοβολία να κατευθύνεται προς τα φυτά και το έδαφος. Κάθε σωλήνας επίσης μπορεί να είναι καυστήρας, στον οποίο εισάγεται μείγμα αέρα και καυσίμου (φυσικό αέριο ή προπάνιο) το οποίο αναφλέγεται και η θερμοκρασία του σωλήνα φθάνει τους 480 0C. Κάθε τέτοιος σωλήνας φτάνει έξω από το θερμοκήπιο και μέσω μιας αναρροφητικής αντλίας βγαίνουν τα αέρια καύσης. Η εξοικονόμηση ενέργειας οφείλεται στα έξης:

- Η χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα έχει ως αποτέλεσμα μειωμένες θερμικές απώλειες του θερμοκηπίου.
- Μειώνεται η στρωμάτωση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα λιγότερες θερμικές απώλειες με συναγωγή από το κάλυμμα και μειωμένες διαφυγές αέρα.
- Μείωση κατά 75% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε σχέση με την παραδοσιακή θέρμανση του θερμοκηπίου, διότι ο μόνος κινητήρας που απαιτείται είναι αυτός για την έξοδο των αερίων καύσης.
- Τα αέρια βγαίνουν σε θερμοκρασία χαμηλότερη σε σχέση με τους συνηθισμένους καυστήρες κάτι που σημαίνει καλύτερη εκμετάλλευση των καυσίμων και αποδοτικότητα της καύσης περίπου σε 90%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.1 Θερμοκρασία φυτού

Ανάμεσα στο φυτό και το περιβάλλον του συμβαίνει συνεχώς ανταλλαγή ενέργειας κυρίως με συναγωγή, ακτινοβολία και λανθάνουσα θερμότητα. Προφανώς και η ενέργεια που εκπέμπεται από το περιβάλλον του φυτού απορροφάται από αυτό, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του μέχρι να αποκατασταθεί ισορροπία. Η θερμοκρασία ισορροπίας καθορίζεται από τα κάτωθι:

- Από την αφαίρεση ενέργειας από το φυτό μέσω αγωγής και συναγωγής. Καθώς την ημέρα αυξάνεται η μετακίνηση του αέρα λόγω εξαερισμού και διαφυγών του θερμοκηπίου, περισσότερη θερμότητα απομακρύνεται μέσω αγωγής και συναγωγής από το φυτό και η θερμοκρασία φυτού πλησιάζει την θερμοκρασία του αέρα. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από αυτήν του φυτού (κυρίως την θερμική νύχτα όταν λειτουργεί σύστημα θέρμανσης) τότε η θερμότητα ρέει σε αντίθετη κατεύθυνση τείνοντας να αυξήσει την θερμοκρασία του φυτού.
- Από το γεγονός ότι το φυτό θα επανεκπέμψει θερμική ακτινοβολία προς το περιβάλλον του, ποσό που εξαρτάται από την διαφορά της τέταρτης δύναμης των θερμοκρασιών μεταξύ φυτού και περιβάλλοντος ($T_p^4 - T_a^4$)
- Από το ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε φωτοχημικές διαδικασίες όπως είναι η φωτοσύνθεση και η αναπνοή. Η ποσότητα αυτή είναι αμελητέα και στο ενεργειακό ισοζύγιο παραλείπεται.
- Από το ποσό της λανθάνουσας θερμότητας που μεταφέρεται με την διαπνοή των φυτών
- Από την θερμική ικανότητα του φυτού να αποθηκεύει το ίδιο θερμότητα στους ιστούς και στην μάζα του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρατηρείται διαφοροποίηση της θερμοκρασίας μεταξύ λεπτότερων και πυκνότερων φύλλων του ίδιου φυτού.

Το τελικό αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να ελαχιστοποιείται η δυνατότητα ελέγχου του ενεργειακού ισοζυγίου της φυτικής επιφάνειας κάτω από ραγδαίες

αλλαγές συνθηκών όπως της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, του εξαερισμού και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Η επίτευξη ομοιόμορφα κατανεμημένης θερμοκρασίας σε όλο τον χώρο του θερμοκηπίου παρουσιάζει ειδικές δυσκολίες, καθώς η θερμοκρασία ποικίλει από την μία περιοχή του θερμοκηπίου στην άλλη, εξαρτώμενη από τον τύπο και την διάταξη των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, από την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου, από τον προσανατολισμό του θερμοκηπίου, την δομή του θερμοκηπίου και την διάταξη της καλλιέργειας. Ακόμα και αν η θερμοκρασία του αέρα δύναται να ελεγχθεί ομοιόμορφα σε όλο τον χώρο του θερμοκηπίου, η ανταπόκριση των φυτών παραμένει λειτουργία εξαρτώμενη μερικώς από την θέση του φυτού. Έχει παρατηρηθεί ότι η νότια περιοχή του θερμοκηπίου που έχει προσανατολισμό στην διεύθυνση Α-Δ δίνει υψηλότερες αποδόσεις. Ο λόγος για αυτές τις διακυμάνσεις απόδοσης οφείλεται κυρίως στην μεταβολή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στα τοιχώματα του θερμοκηπίου και στο ποσό της εισερχόμενης ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου.

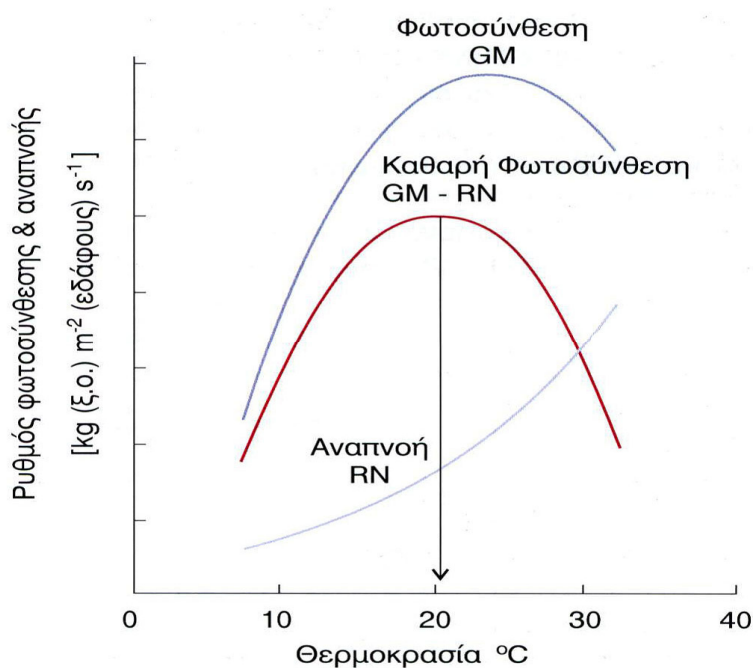
1.2 Επίδραση της θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία είναι μια σημαντική παράμετρος από την οποία εξαρτώνται βασικές φυσιολογικές λειτουργίες κοινές σε όλα τα φυτά. Αυτές είναι η φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή, πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, αναπαραγωγή, επιμήκυνση, και πολλές άλλες. Η θερμοκρασία επηρεάζει όλες αυτές τις διαδικασίες με διάφορους τρόπους και σε διαφορετικό βαθμό. Υπάρχει σχέση ανάμεσα στην θερμοκρασία και στον ρυθμό της αναπνοής και φωτοσύνθεσης. Μέσα σε ένα περιορισμένο εύρος θερμοκρασιών εντός του οποίου γίνεται η ανάπτυξη του φυτού, οι χημικές αυτές διαδικασίες διπλασιάζονται από κοινού για κάθε 10 °C αύξηση της θερμοκρασίας. Η αναπνοή δείχνει μια συνεχή αύξηση καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, το ίδιο και η φωτοσύνθεση. Αλλά η φωτοσύνθεση από ένα σημείο και μετά περιορίζεται από την πλεονάζουσα διαθέσιμη ενέργεια και συγκέντρωση CO₂. Το μέγιστο της διαφοράς (μέγιστο καθαρής φωτοσύνθεσης) καθορίζει την βέλτιστη θερμοκρασία για μεγιστοποίηση της παραγωγής (σχήμα 1).

Η αύξηση της θερμοκρασίας επίσης επηρεάζει και φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού όπως είναι η διαπνοή. Μια αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων θα οδηγήσει σε αύξηση του ρυθμού διαπνοής. Εξαιτίας αυτού η διαπνοή γίνεται με

γρηγορότερο ρυθμό υπό την προϋπόθεση ότι η πίεση υδρατμών στο περιβάλλον του φύλλου παραμένει σταθερή. Επίσης αν η θερμοκρασία του εδάφους είναι χαμηλή ή πολύ χαμηλή, η πρόσληψη H₂O και θρεπτικών στοιχείων καθώς και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος μειώνονται, ακόμα και σε τέτοιο σημείο που να σταματήσει και η ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού άσχετα από την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στην διαδικασία της επιμήκυνσης διαφέρει ανάλογα με το μέρος του φυτού στο οποίο αναφερόμαστε. Για παράδειγμα μια νυχτερινή θερμοκρασία 20 °C προκαλεί καθημερινή επιμήκυνση του ριζικού συστήματος κατά 10 mm αλλά δεν έχει την ίδια επίδραση στην επιμήκυνση του βλαστού. Όσον αφορά ολόκληρο το φυτό, η μέγιστη επιμήκυνση συμβαίνει σε κάποιες ενδιάμεσες θερμοκρασίες.



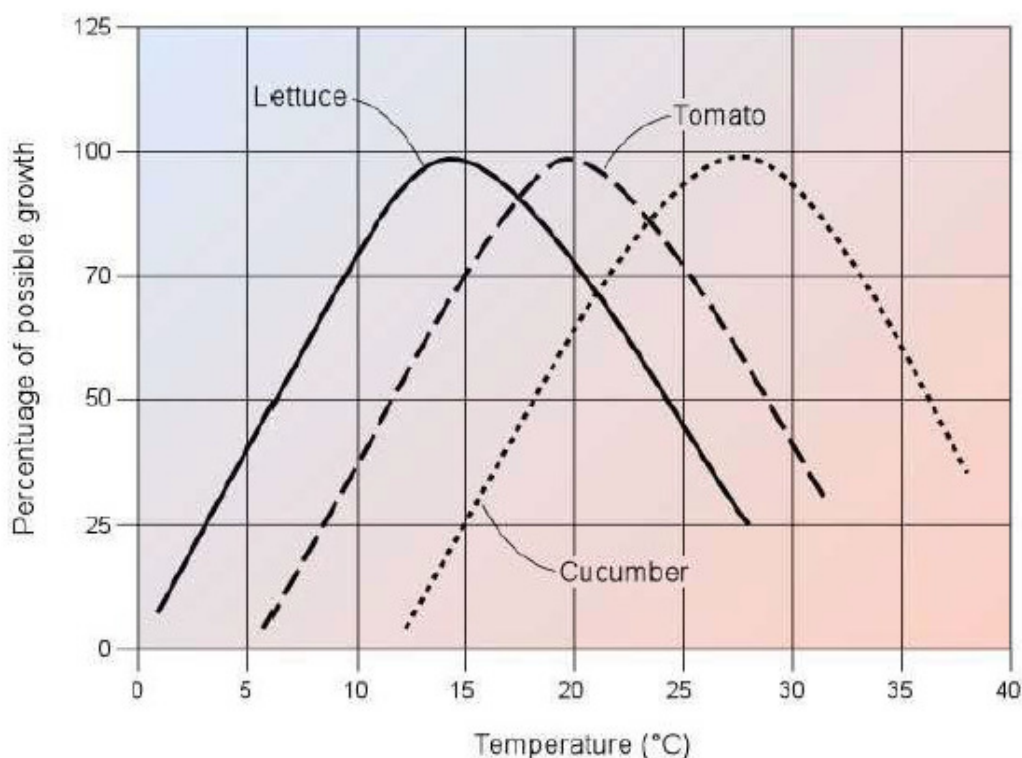
Σχήμα 1: Επίδραση της θερμοκρασίας στον ρυθμό της φωτοσύνθεσης και αναπνοής

1.3 Βέλτιστες θερμοκρασίες

Υπάρχουν ποικίλες λύσεις για την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης φυτών, οι οποίες βασίζονται στην χρήση της καλύτερης θερμοκρασίας για κάθε είδος (σχήμα 2), στην σωστή ένταση του φωτός, στην ιδανική συγκέντρωση CO₂ μέσα στο

θερμοκήπιο, στην κατάλληλη υγρασία του εδάφους και στην κίνηση του αέρα μέσα στα θερμοκήπια

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου θεωρείται πολύ σημαντικός παράγοντας και ασκεί επιρροή στην ταχύτητα της πορείας των φυσιολογικών διεργασιών που συντελούν στην ανάπτυξη του φυτού. Η καλύτερη απόδοση της καλλιέργειας γίνεται σε ένα ορισμένο εύρος τιμών, το οποίο καλείται βέλτιστο και για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες βρίσκεται μεταξύ 10 °C και 30 °C. Ως βέλτιστη θερμοκρασία αναφέρεται η ευνοϊκή θερμοκρασία στην οποία τα ένζυμα που είναι ευαίσθητα στην θερμότητα και υπεύθυνα για τις βιοχημικές αντιδράσεις του φυτού ενεργοποιούνται και το φυτό αναπτύσσεται απρόσκοπτα κάτω από συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες.



Σχήμα 2: Ποσοστιαία ανάπτυξη κηπευτικών σε σχέση με την θερμοκρασία

Στην βιβλιογραφία δίνεται ένα εύρος βέλτιστων θερμοκρασιών (ημερήσιων και νυκτερινών) για τα κυριότερα είδη και ποικιλίες που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια και μερικές γενικές αρχές μπορούν να αναδειχθούν όπως:

- Τα περισσότερα φυτικά είδη απαιτούν ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας. Αυτό διότι καθαρή ανάπτυξη της καλλιέργειας συμβαίνει όταν η φωτοσύνθεση είναι μεγαλύτερη από την αναπνοή. Κατά την διάρκεια της ημέρας η βέλτιστη

θερμοκρασία στο θερμοκήπιο είναι αυτή που δίνει την μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ της παραγωγής της φωτοσύνθεσης και της κατανάλωσης της αναπνοής, δηλ. αυτή που δίνει την μέγιστη καθαρή φωτοσύνθεση (σχήμα 2-1). Την νύχτα που δεν υπάρχει φωτοσύνθεση η θερμοκρασία των φυτών διατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα για να μειωθεί ο ρυθμός αναπνοής. Μερικά ιθαγενή είδη των τροπικών περιοχών (τα περισσότερα φυλλώδη φυτά) συνήθως αναπτύσσονται καλύτερα εντός μιας σταθερής θερμοκρασίας ημέρας - νύχτας.

- Οι βέλτιστες θερμοκρασίες διαφέρουν με την περιοχή και την τοποθεσία (συνολική διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια)
- Οι βέλτιστες θερμοκρασίες διαφέρουν με την ηλικία και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού (ριζοβολία, φύτρωμα, ανθοφορία, βολβοποίηση κλπ)
- Οι βέλτιστες θερμοκρασίες διαφέρουν ανάλογα με τους αντικειμενικούς στόχους του καλλιεργητή σε σχέση με την απόδοση παραγωγής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μια από τις πιο γνωστές ακτινοβολίες τα τελευταία χρόνια, όχι για τις αρνητικές παρενέργειες της στον άνθρωπο και στην Γη, αλλά για τις εφαρμογές και τα θετικά οφέλη της στην ιατρική και στην τεχνολογία είναι η υπέρυθρη ακτινοβολία, γνωστή και ως υπέρυθρη θερμότητα. Η υπέρυθρη φυσική ακτινοβολία (IR) είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος στην κλίμακα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0.7 μm έως 100 μm . Διακρίνεται στην μικρού μήκους ακτινοβολία NIR (κοντινό υπέρυθρο) με μήκος κύματος 0.7–3 μm και στην μεγάλου μήκους ακτινοβολία (μακρινό υπέρυθρο) με μήκος κύματος 3-100 μm . Η εκπεμπόμενη υπέρυθρη ενέργεια απορροφάται από τις ψυχρές επιφάνειες χωρίς φυσική επαφή με την πηγή θερμότητας ή μέσω θέρμανσης του περιβάλλοντος αέρα, όπως συμβαίνει με τα εξαναγκασμένης συναγωγής συστήματα θέρμανσης. Οι επιφάνειες θερμαίνονται και στην συνέχεια απελευθερώνουν θερμότητα στο περιβάλλον με συναγωγή αυξάνοντας την περιβαλλοντική θερμοκρασία.

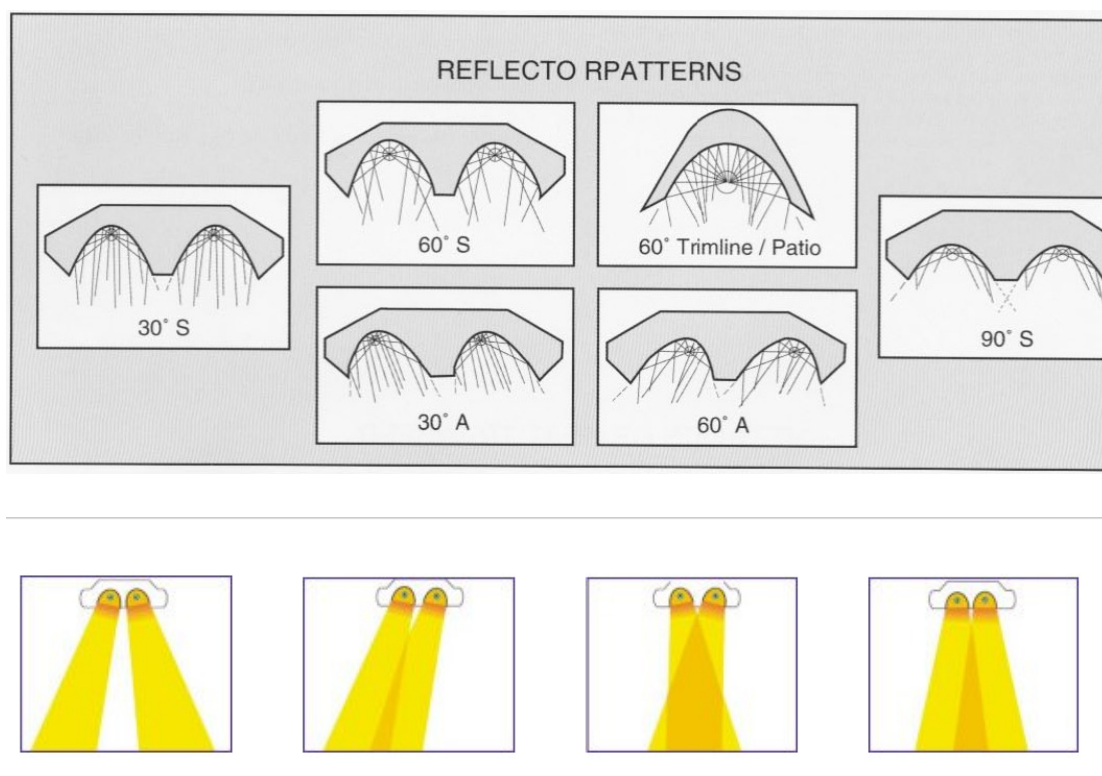
Η υπέρυθρη ακτινοβολία δεν είναι ορατή απ' το γυμνό μάτι αλλά μπορεί να γίνει ορατή κάνοντας χρήση ειδικών καμερών οι οποίες μεταφράζουν την υπέρυθρη ακτινοβολία σε χρώματα ορατά πλέον στα ανθρώπινα μάτια. Μπορούμε να αναγνωρίσουμε αυτό το τύπο φωτός μέσω της θερμότητας. Ο ήλιος μας παράγει ενέργεια το πιο σημαντικό μέρος της ενέργειάς του εκτίθεται στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος. Η ατμόσφαιρά μας λειτουργεί ως παράθυρο που επιτρέπει στις υπέρυθρες ακτίνες να φθάσουν ακίνδυνα στην επιφάνεια της γης σε σειρά 7~14 μm . Όταν η γη ζεσταίνεται (από την υπέρυθρη ακτινοβολία του 7~14 μm) η μέγιστη παραγωγή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να κάνει αγγίζει τα 10 μm . Ακόμα οι τιμές υπέρυθρης ακτινοβολίας που το ανθρώπινο σώμα μπορεί να φτάσει, ξεκινούν από 3 μέχρι 50 μm . Όμως το ανθρώπινο σώμα ακτινοβολεί το πολύ 9,4 μm .

Ένα υπέρυθρο σύστημα προσομοιάζει την ηλιακή ακτινοβολία. Όπως ο ήλιος, έτσι και το σύστημα εκπέμπει υπέρυθρη ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι απώλειες συναγωγής από το σύστημα αν δεν καλύπτεται από ανακλαστήρα είναι

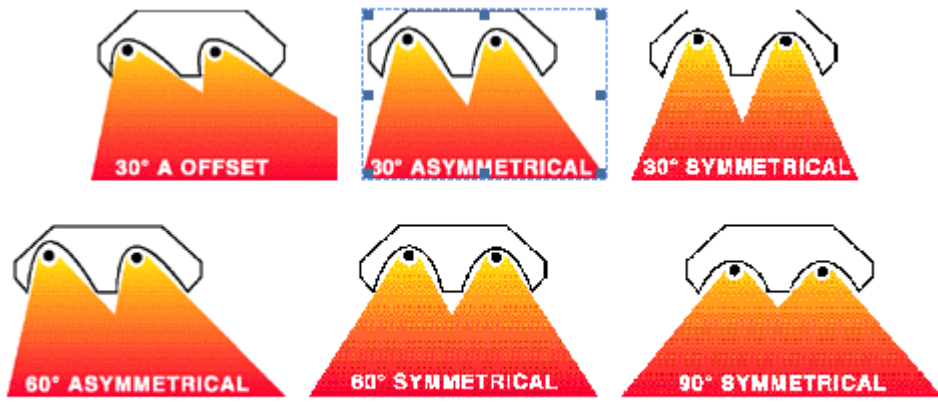
μεγάλες. Οι ανακλαστήρες τοποθετούνται επάνω από το σύστημα ακτινοβολίας και κατευθύνουν την υπέρυθρη προς τα κάτω. Η υπέρυθρη ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμότητα όταν απορροφάται από τα αντικείμενα που βρίσκονται στην πορεία της.

Οι ανακλαστήρες που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως παραβολικοί κατασκευασμένοι από ανοδιωμένο αλουμίνιο με λεία ή ανάγλυφη επιφάνεια. Υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της κλίσης του κάθε ανακλαστήρα από 0° έως 20° για σύγκλιση ή απόκλιση της δέσμης θερμότητας για καλύτερη θέρμανση του επιθυμητού χώρου (σχήμα 3).

Μεγάλη σημασία έχει ο βαθμός απόδοσης του υπέρυθρου συστήματος, δηλαδή το ποσοστό της καταναλισκόμενης ισχύος που τελικώς μεταδίδεται με ακτινοβολία στο στόχο (φυτά και έδαφος) και δεν χάνεται από την πηγή με συναγωγή. Στόχος πάντα στην τεχνολογία των υπέρυθρων συστημάτων είναι η μεγιστοποίηση του βαθμού απόδοσης του συστήματος καυστήρα-σωλήνα-ανακλαστήρα.



Σχήμα 3: Τύποι ανακλαστήρων σε σχέση με την δέσμη υπέρυθρης θερμότητας



2.2 ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

Η υπέρυθρη ακτινοβολία (IR) εκπέμπεται από όλα τα αντικείμενα καθημερινής χρήσης, στην πραγματικότητα από οτιδήποτε με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν. Έχει πολλές χρήσεις στην καθημερινή ζωή, αλλά εδώ επιδίωξη μας είναι η δυνατότητα θέρμανσης αντικειμένων χωρίς άμεση επαφή με την πηγή θερμότητας. Η υπέρυθρη είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, παρόμοιας φύσης με το φως, αλλά σε μια μεγαλύτερη περιοχή μήκους κύματος.

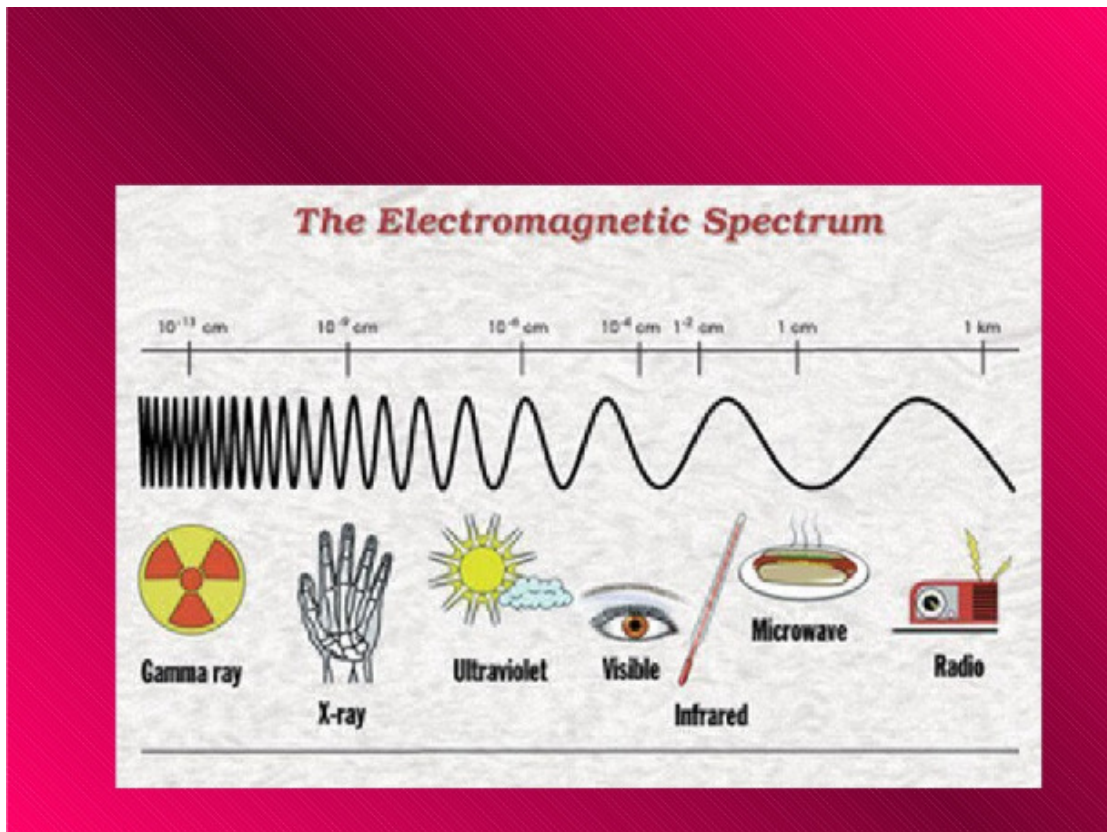
Τα υπέρυθρα συστήματα θέρμανσης γενικά ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες, ανάλογα με την ανώτατη ενέργεια ή αιχμή μήκους κύματος εκπομπής του στοιχείου:

- Μακρού μήκος κύματος: κεραμικά στοιχεία
- Μεσαίου μήκος κύματος: κρυσταλλικά στοιχεία χαλαζία
- Βραχέως μήκος κύματος: χαλαζιακά στοιχεία βολφραμίου κεραμικά στοιχεία σε μέρος από τουρμπίνα αεροσκάφους για την RolsRoice

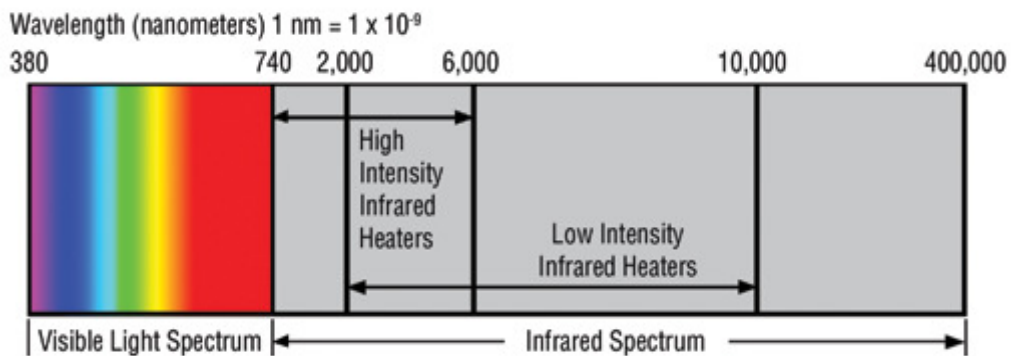
Όταν η ενέργεια υπέρυθρης ακτινοβολίας καταλήγει σε ένα αντικείμενο, απορροφάται από αυτό, ή αντανακλάται στην επιφάνειά του. Τα περισσότερα βιομηχανικά επεξεργασμένα υλικά μπορούν να θερμανθούν άριστα με υπέρυθρη ακτινοβολία, επειδή η υψηλότερη δυνατότητα απορρόφησής τους σε ενέργεια είναι σε μήκη κύματος, μεταξύ 2 -10μικρομέτρων της υπέρυθρης φασματικής ζώνης. Δεδομένου ότι η υπέρυθρη θέρμανση, επιτυγχάνεται χωρίς επαφή, η μεταφορά ενέργειας από την πηγή θερμότητας προς το προϊόν είναι εξαιρετικά γρήγορη. Οι υπέρυθρες εστίες λειτουργούν στο κενό όπως και στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον

2.3 ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΑΚΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Η υπέρυθρη ακτινοβολία (infrared radiation) βρίσκεται στην άκρη της ανάλυσης του φάσματος, μετά τα όρια του ορατού φωτός.



Σχήμα 2: Τύποι ακτινοβολιών ανάλογα του μήκους κύματος



Σχήμα 3: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας

Είναι η ακτινοβολία της θερμότητας, μία από τις ακτινοβολίες που εκπέμπει ο ήλιος και η σημαντικότερη για την ύπαρξη της ζωής στον πλανήτη. Η υπέρυθρη ακτινοβολία δεν είναι νέα για την φύση και τον πλανήτη μας. Είναι αυτή που ευθύνεται για την θερμότητα που εισπράττουμε από τον ήλιο και η βασική της ιδιότητα είναι ότι θερμαίνει σώματα και πράγματα χωρίς να θερμαίνει τον αέρα.

"Αυτό το χαρακτηριστικό είναι που κάνει την υπέρυθρη ακτινοβολία μια πραγματική επανάσταση στην θέρμανση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων."

Η αξιοποίησή της αποτελεί τεχνολογική καινοτομία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της μεθόδου αυτής είναι οι ακτίνες του ήλιου οι οποίες μπορούν να θερμάνουν άτομα τα οποία δέχονται την ακτινοβολία ακόμα και όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλή. Η ακτινοβολία του ήλιου μεταφέρεται στην γη με ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφόρων συχνοτήτων. Σύμφωνα με τον γνωστό νόμο του Planck, όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα των κυμάτων, τόσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος και όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος τόσο περισσότερη ενέργεια μπορεί να μεταφέρει, με άλλα λόγια όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο υψηλότερη είναι η ενεργειακή στάθμη.

Το ορατό φως έχει χαμηλότερη συχνότητα και περιέχει λιγότερη ενέργεια. Το υπέρυθρο φως έχει τη χαμηλότερη συχνότητα και επομένως και τη χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη. Για τον λόγο αυτό η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι εντελώς ακίνδυνη και ειδικά ωφέλιμη στον άνθρωπο.

Η μετάδοση θερμότητας μπορεί να λάβει χώρα με τρεις μηχανισμούς: με αγωγιμότητα, με συναγωγή και με ακτινοβολία

Από τους παραπάνω τρόπους, η συναγωγή και η ακτινοβολία είναι κατάλληλοι για θερμάνσεις χώρου. Αντιθέτως με την θέρμανση με συναγωγή, η θέρμανση με ακτινοβολία δεν απαιτεί ενδιάμεσο μέσο. Αυτός είναι και ο λόγος που με την υπέρυθρη ακτινοβολία θερμαίνονται απευθείας τα αντικείμενα και διαμέσου αυτών στην συνέχεια γίνεται η θέρμανση του περιβάλλοντος αέρα.

Όλα τα συμβατικά συστήματα θερμαίνουν τον χώρο με την βοήθεια του περιβάλλοντος αέρα, δημιουργώντας ρεύματα ψυχρού και θερμού αέρα ο οποίος στην συνέχεια μεταφέρει την θερμότητα σε εμάς. Τα ρεύματα αέρος που δημιουργούνται ευθύνονται για την ανακυκλοφορία της σκόνης και των μικροοργανισμών στην ατμόσφαιρα του χώρου, και είναι αυτά που προκαλούν τα διάφορα προβλήματα στην υγεία (νόσος λεγεωνάριων κλπ).

Όλα αυτά τα προβλήματα της συμβατικής θέρμανσης αποφεύγονται με την εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης νέας τεχνολογίας και φιλοσοφίας όπως είναι κάποιο σύστημα υπέρυθρης θέρμανσης. Είναι οικονομικό με βαθμό απόδοσης

100%, υγιεινό επειδή δεν χρησιμοποιεί ρεύματα αέρος, διατηρεί την σχετική υγρασία του χώρου επειδή δεν θερμαίνει τον αέρα και συνεπώς δεν κάνει καύση του οξυγόνου της εσωτερικής ατμόσφαιρας ενώ παράλληλα, η υπέρυθρη ακτινοβολία δημιουργεί αίσθημα ευεξίας. Η χρήση εξάλλου της υπέρυθρης ακτινοβολίας για θεραπευτικούς σκοπούς μας είναι ήδη γνωστή (φυσιοθεραπεία, ιατρική κλπ). Εξασφαλίζει μέγιστη αποτελεσματικότητα στην θέρμανση του χώρου με 50% εξοικονόμηση κόστους λειτουργίας και μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα θερμαντικά σώματα μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιονδήποτε χώρο (οικιακό, επαγγελματικό, βιοτεχνικό, παραγωγικό) ενώ υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης όσων ζωνών θέρμανσης θέλουμε για την καλύτερη διαχείριση της θερμοκρασίας. Οι θερμοστάτες χώρου μας δίνουν την δυνατότητα απόλυτου ελέγχου της θερμοκρασίας και προσαρμογής στις ανάγκες κάθε ξεχωριστού χώρου-ζώνης, ενώ ο μετρητής ενέργειας της εγκατάστασης, πιστοποιεί συνεχώς την τουλάχιστον κατά 30% εξοικονόμηση κόστους.

Αυτή η νέα φιλοσοφία θέρμανσης είναι απόλυτα φιλική με το περιβάλλον. Η διαδικασία παραγωγής της θερμότητας δεν περιλαμβάνει καύση και έτσι έχει μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Έχει 100% απόδοση και απαιτεί μικρότερη ισχύ (λιγότερα εγκατεστημένα KW) από κάθε άλλη μορφή ηλεκτρικής θέρμανσης. Δεν έχει υπολείμματα καύσης και είναι πλήρως αθόρυβη. Επιπλέον το σύστημα δεν χρίζει συντήρησης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του, η εγκατάστασή του δεν περιλαμβάνει σωληνώσεις, εξωτερικές μονάδες και καυστήρες, δεν απαιτεί επιπλέον χώρο και είναι απόλυτα συμβατή με μονάδες ιδιοπαραγωγής ενέργειας όπως είναι οι ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά συστήματα, αιολικά πάρκα κλπ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η θερμοκρασία είναι ο παράγοντας που έχει την πιο πολύπλοκη επίδραση στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, γιατί επηρεάζει σχεδόν όλες τις λειτουργίες του φυτού, όπως: φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή, μεταφορά και κατανομή των μεταβολιτών. Πιθανόν δε να επηρεάζει για μεγάλο διάστημα χρόνου και όχι μόνο στιγμιαία τις μεταβολές που συμβαίνουν σε αυτά. Επίσης η ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι ο παράγοντας που έχει την μεγαλύτερη επίπτωση στο κόστος της παραγωγής στο θερμοκήπιο.

Η θερμότητα στον χώρο του θερμοκηπίου μπορεί να αποδοθεί με συμβατικά συστήματα θέρμανσης και με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε :

- Στα στατικά συστήματα θέρμανσης που μεταδίδουν τη θερμότητα με ακτινοβολία, μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω μιας θερμαινόμενης επιφάνειας (μεταλλικοί ή πλαστικοί σωλήνες), και στα θερμοδυναμικά συστήματα που μεταδίδουν τη θερμότητα με μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω του θερμού αέρα που παράγεται με ηλεκτρογεννήτριες θερμού αέρα ή αερόθερμα. Εναλλακτικά χρησιμοποιείται συστοιχία αερόθερμων στα οποία κυκλοφορεί θερμός αέρας που διανέμεται μέσω αγωγών πολυαιθυλενίου PE (air heating).
- Ένας δεύτερος διαχωρισμός τους είναι σε τοπικά, στα οποία χρησιμοποιούνται αερόθερμα ή θερμάστρες ή συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας και στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης όπου η θέρμανση γίνεται με ζεστό νερό που παράγεται από λέβητα ζεστού νερού ή ατμού. Ο λέβητας τοποθετείται σε μόνιμη θέση έξω από το θερμοκήπιο και το θερμό νερό ή ο ατμός οδηγείται στο θερμοκήπιο με σωληνώσεις (pipe system).

Συμπληρωματικά, οι εγκαταστάσεις θέρμανσης του εδάφους του θερμοκηπίου έχουν γίνει βασικό τεχνικό εργαλείο στα μοντέρνα θερμοκήπια. Συγκρινόμενες με τις παραδοσιακές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων χωρίς θέρμανση του υπεδάφους, οι μοντέρνες εγκαταστάσεις προσφέρουν τα αποδοτικώς ενεργειακά πλεονεκτήματα της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του εδάφους και της μεταφοράς θερμότητας χαμηλής

θερμοκρασίας που επιτρέπει την διατήρηση σωστής κατακόρυφης κατανομής της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο.

Κατά την εγκατάσταση οποιουδήποτε συστήματος θέρμανσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η επίδραση επί του φυσικού φωτισμού, η θέση που τοποθετείται και ο χώρος που καταλαμβάνει, η αύξηση του ολικού συντελεστή απωλειών του θερμοκηπίου καθώς και η ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο χώρο.

Στα συστήματα θέρμανσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι κυριότερες πηγές που έχουν ήδη εφαρμοστεί είναι:

- Ηλιακή ενέργεια η οποία είναι μία άφθονη, καθαρή και ασφαλής πηγή, είναι ένα ελκυστικό υποκατάστατο των συμβατικών καυσίμων για παθητική και ενεργητική θέρμανση στα θερμοκήπια. Αποδοτική και οικονομική αποθήκευση θερμότητας είναι ο κύριος παράγων στην χρήση της ηλιακής ενέργειας για καλλιεργητικούς σκοπούς. Η χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας παρουσιάζει σοβαρά μειονεκτήματα που οφείλονται στο γεγονός ότι η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο κατά την διάρκεια της ημέρας και μάλιστα μεταβάλλεται η ποσότητα της τις διάφορες εποχές του χρόνου, με αποτέλεσμα να μην συγχρονίζεται η ζήτηση της ενέργειας για θέρμανση, που είναι κυρίως την νύχτα και μάλιστα τον χειμώνα. Τέλος το αρχικό κόστος ενός ποιοτικού ηλιακού συστήματος είναι πολύ υψηλό συγκρινόμενο με τα συμβατικά συστήματα .
- Γεωθερμική ενέργεια στις περιοχές που υπάρχει διαθέσιμο γεωθερμικό ρευστό. Η χρήση της γεωθερμίας παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, σε ότι αφορά τόσο τη διανομή της ενέργειας στα θερμοκήπια όσο και την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, με αποτέλεσμα τη σχετικά περιορισμένη εφαρμογή της. Το σημαντικότερο πρόβλημα δημιουργείται από την υψηλή αλατότητα του γεωθερμικού νερού, το οποίο συχνά περιέχει άλατα διαβρωτικά για τα κοινά μέταλλα και απαιτεί τη χρησιμοποίηση ακριβότερων μετάλλων στους εναλλάκτες. Ακόμη όμως και αν δεν είναι διαβρωτικά, συχνά τα άλατα καθιζάνουν στα τοιχώματα των σωλήνων που πολύ γρήγορα κλείνουν.
- Βιομάζα, με ανάπτυξη μεθόδων ενεργειακής αξιοποίησης της οργανικής ουσίας για παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων με σημαντικότερο το βιοαέριο. Το κυριότερο πρόβλημα είναι το μεγάλο κόστος

αποθήκευσης του παραγόμενου βιοαερίου, γεγονός που εμποδίζει και την ευρύτερη χρήση της μεθόδου αυτής για τη θέρμανση των θερμοκηπίων.

- Αιολική ενέργεια, η οποία μπορεί να θεωρηθεί και ως συμπληρωματική της ηλιακής ενέργειας επειδή μπορεί να συμβάλλει τόσο κατά την ημέρα όσο και κατά την νύκτα στη διάρκεια όλου του έτους. Μέχρι τώρα έχουν μελετηθεί πειραματικές διατάξεις ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών με ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Η αιολική ενέργεια λόγω υψηλού κόστους εγκατάστασης και συντήρησης των μεγάλης ισχύος συστημάτων ελάχιστα ή καθόλου έχει χρησιμοποιηθεί στην θέρμανση των θερμοκηπίων.

3.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Το πρωταρχικό αντικείμενο των θερμοκηπίων είναι η εντατική παραγωγή αγροτικών προϊόντων σε όλη την διάρκεια του χρόνου. Αυτά έχουν αξιοσημείωτη σημασία στην αγορά της αγροτικής παραγωγής. Για κάθε καλλιέργεια υπάρχει η ευνοϊκή θερμοκρασία στην οποία τα ένζυμα που είναι ευαίσθητα στην θερμότητα και υπεύθυνα για τις βιοχημικές αντιδράσεις του φυτού ενεργοποιούνται. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του φυτού και η θερμοκρασία του εδάφους που είναι σημαντικές για την ανάπτυξη του φυτού εξαρτώνται από την πυκνότητα του φωτός, την λήψη CO₂, την υγρασία, και την ταχύτητα του αέρα. Για να επιτευχθούν βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες, είναι απαραίτητη η θέρμανση, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια των ψυχρών εποχών (Santamouris, 1993). Ο τομέας των θερμοκηπίων έχει μεγάλη δυνατότητα για ενεργειακό απόθεμα. Εφαρμογές θέρμανσης μέσα στα θερμοκήπια και βελτιστοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα έχουν σημαντικό αποτέλεσμα πάνω στην παραγωγή, καθώς επίσης στην ποιότητα και στον χρόνο καλλιέργειας (πρωίμιση παραγωγής). Κατά τον σχεδιασμό ενός θερμοκηπιακού συστήματος θέρμανσης διάφοροι παράγοντες λαμβάνονται υπόψη. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι είναι προτεινόμενο η θερμοκρασία στο επίπεδο του φυτού να είναι ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του θερμοκηπίου. Επίσης η θερμοκρασία των καλλιεργειών κατά την διάρκεια της θέρμανσης πρέπει να είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του σημείου δροσού, για να εμποδίζεται η συμπύκνωση των υδρατμών και έτσι να μειώνεται ο κίνδυνος μυκητολογικών ασθενειών. Επιπλέον η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη.

Τα συμβατικά θερμοκηπιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε αυτά που μεταδίδουν τη θερμότητα με ακτινοβολία, μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω μιας θερμαινόμενης επιφάνειας (μεταλλικοί ή πλαστικοί σωλήνες) τα οποία λέγονται στατικά συστήματα, και σε αυτά που μεταδίδουν τη θερμότητα με μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω του θερμού αέρα που παράγεται με ηλεκτρογεννήτριες θερμού αέρα ή αερόθερμα και κυκλοφορεί εντός αγωγών PE, τα οποία λέγονται θερμοδυναμικά συστήματα. Τα πρώτα έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και δύσκολη ρύθμιση της λειτουργίας, αλλά ελάχιστα προβλήματα από καυσαέρια, ενώ πετυχαίνουν καλή ομοιογένεια θέρμανσης, ικανοποιητικό επίπεδο σχετικής υγρασίας και θέρμανσης του εδάφους και του αέρα. Ακόμη, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος, η πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου γίνεται βαθμιαία. Τα θερμοδυναμικά συστήματα έχουν χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, εύκολη ρύθμιση της λειτουργίας και πετυχαίνουν καλή ομοιομορφία θέρμανσης, γρήγορη θέρμανση των φυτών και μείωση της συμπύκνωσης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια του υλικού κάλυψης λόγω των ρευμάτων αέρα. Τέλος, με τα συστήματα αυτά υπάρχει μεγαλύτερη ευχέρεια κίνησης στο θερμοκήπιο, αφού καταλαμβάνουν μικρό όγκο. Όμως έχουν και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι δε θερμαίνεται το έδαφος, μειώνεται η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μειώνεται απότομα η θερμοκρασία και όταν οι συσκευές είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από τα καυσαέρια.

Ένας δεύτερος διαχωρισμός των συστημάτων γίνεται στα τοπικά, στα οποία χρησιμοποιούνται αερόθερμα, θερμάστρες συναγωγής, συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας και στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης στα οποία περιλαμβάνονται οι λέβητες θερμού αέρα, θερμού νερού και ατμού.



Εικόνα 4: Θερμοδυναμικό συμβατικό σύστημα θέρμανσης

Κατά την επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να εξετάζεται:

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

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

- η μείωση του φυσικού φωτισμού που προκαλείται στο χώρο του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή.
- Ο χώρος που καταλαμβάνει το σύστημα θέρμανσης δε θα πρέπει να είναι σε βάρος του χώρου καλλιέργειας.
- Η θέση όπου τοποθετείται δε θα πρέπει να δυσχεραίνει τις καλλιεργητικές εργασίες ή την απόδοση εργασίας (εμπόδια στους διαδρόμους, κ.λ.π.).
- Μια πιθανή αύξηση της ταχύτητας του αέρα δε θα πρέπει να προκαλεί τοπικούς κραδασμούς ή τοπικές αφυδατώσεις των φυτών.
- Να μην αυξάνεται υπερβολικά ο ολικός συντελεστής απωλειών του θερμοκηπίου. Πολύ μεγάλες ταχύτητες του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο ή

πολύ μεγάλες επιφάνειες θερμαντικών στοιχείων, αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας.

- Η κατανομή της θερμότητας στο χώρο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομοιόμορφη, ώστε να αποφευχθούν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας τοπικά και επομένως ανομοιομορφία κατανάλωσης νερού και ρυθμού αύξησης των φυτών.
- Το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να μειώνει αποτελεσματικά και την πύκνωση υδρατμών επάνω στα φυτά.

Θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλο σύστημα ελέγχου, ώστε το σύστημα θέρμανσης να αντιδρά γρήγορα στις μεταβολές των κλιματικών παραμέτρων.

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης θερμότητας μπορεί να προσδιοριστεί από μια σχέση που αφορά το σύνολο των απωλειών του θερμοκηπίου σε ενέργεια:

$$Q = A_s U (T_i - T_a)$$

Η απαιτούμενη θερμότητα ανά τετραγωνικό μέτρο θερμοκηπίου θα είναι:

$$Q = (A_c/A_g) U (T_i - T_a)$$

Q: η μέγιστη απαίτηση θερμότητας σε Watt,

U: ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σε $W/m^2 \text{ } ^\circ C$,

A_g : η επιφάνεια του καλυμμένου εδάφους σε m^2 ,

A_c : η επιφάνεια του καλύμματος σε m^2 ,

T_i : η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο,

T_a : η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία του δυσμενέστερου μήνα.

Ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας U εξαρτάται από το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου, την στεγανότητα του θερμοκηπίου στον άνεμο, την ταχύτητα του εξωτερικού πνέοντος ανέμου, το ποσοστό κάλυψης του ουρανού με σύννεφα, την ύπαρξη βροχής και το σύστημα θέρμανσης. Η τιμή του U για κάθε υλικό κάλυψης δίνεται από τον κατασκευαστή. Η πραγματική ισχύς του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να είναι ίση με την απαιτούμενη θερμότητα..

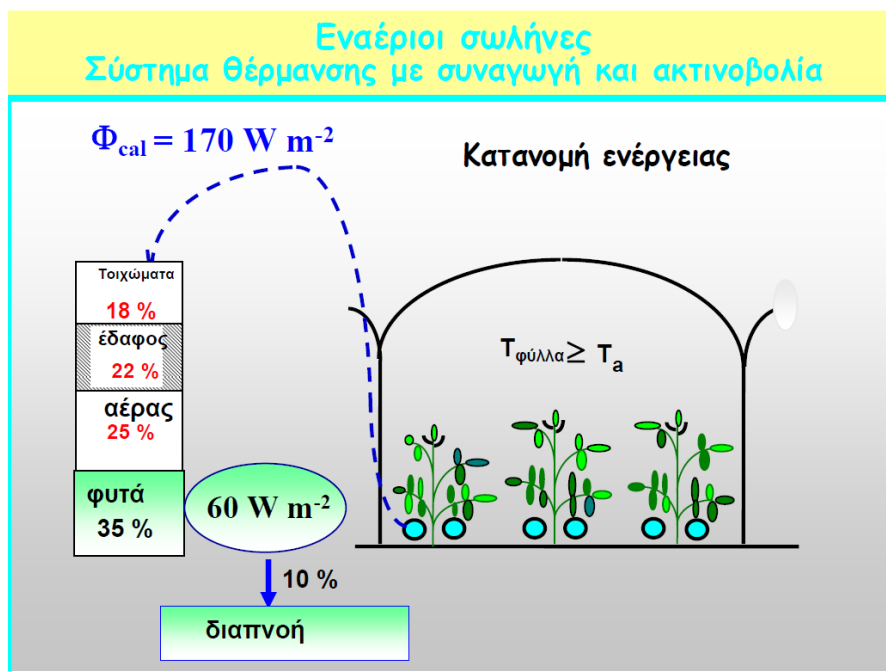
Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης του θερμοκηπίου διακρίνονται με βάση την πηγή θέρμανσης (συμβατικά και συστήματα θέρμανσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με βάση τον φορέα θερμότητας (θέρμανση με θερμό αέρα, με ζεστό νερό, με ατμό και με ακτινοβολία). Τέλος με βάση τον τρόπο μεταφοράς της θερμότητας

και τα καύσιμα που χρησιμοποιούν. Τα προαναφερθέντα συμβατικά θέρμανσης παρουσιάζουν πρακτικά προβλήματα όπως:

- **Ανομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας.** Διαφοροποιήσεις έως και 7°C μεταξύ οροφής & εδάφους.
- **Άμεση θερμική απώλεια** κατά τον εξαερισμό του θερμοκηπίου και από τις διαφυγές που παρουσιάζουν τα θερμοκήπια λόγω αναπόφευκτων κατασκευαστικών ατελειών. Ενεργειακά μάλιστα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι ένα θερμοκήπιο πρέπει να αερίζεται πολύ πιο συχνά και να ανανεώνεται ο αέρας για διατήρηση της σχετικής υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα
- **Υψηλό κόστος λειτουργίας.** Η κατανάλωση πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει αυξημένο κόστος, σε συνδυασμό με την ανοδική τάση στις τιμές των καυσίμων. Η ηλεκτρική ενέργεια στη χώρα μας, παραμένει φθηνότερη σχεδόν κατά 40% σε σχέση με άλλες χώρες της Ευρώπης.
- **Υψηλό κόστος συντήρησης.** Οι καυστήρες και τα κλιματιστικά φέρουν μηχανικά μέρη και άρα πρέπει να συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα για να μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά. Σε περίπτωση βλάβης τα ανταλλακτικά και τα εργατικά μπορεί να είναι έχουν πολύ μεγάλο κόστος επισκευής.
- **Υψηλό κόστος εγκατάστασης.** Τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης (λέβητες, καλοριφέρ, κλιματιστικά κλπ.) έχουν υψηλό κόστος και απαιτήσεις ειδικού χώρου (σε τετραγωνικά μέτρα) για την εγκατάστασή τους.

3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

Όταν εφαρμόζεται θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία στα θερμοκήπια σε αντιδιαστολή με τα συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, η θερμότητα στέλνεται απ' ευθείας από την πηγή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο δέκτη, δηλαδή στα φυτά και το έδαφος που γίνονται η πρωταρχική πηγή θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο. Ο αέρας δεν θερμαίνεται απ' ευθείας από την ακτινοβολία, αλλά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά και το έδαφος που θερμαίνονται άμεσα. Επειδή η στρωματοποίηση του εσωτερικού αέρα (διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εδάφους και θερμοκρασίας οροφής) είναι σημαντικά χαμηλότερη από συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, οι ενεργειακές απώλειες από την δομή του θερμοκηπίου μειώνονται σημαντικά λόγω μείωσης των απωλειών λόγω συναγωγής από το κάλυμμα και μείωσης των διαφυγών, καταλήγοντας σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. Επίσης επιτυγχάνεται και σημαντική μείωση της υγρασίας της επιφάνειας των φυτών γεγονός που βοηθά στην μείωση της εξάπλωσης ασθενειών που είναι σοβαρότατο πρόβλημα εντός των θερμοκηπίων.



Σχήμα 4: Σχηματική απεικόνιση υπέρυθρης θέρμανσης στα θερμοκήπια

Τα συστήματα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκαν αρκετά στα θερμοκήπια στις μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις (70's) (κυρίως στις ΗΠΑ), εν συνεχεία όμως η χρήση τους εγκαταλείφτηκε. Γι' αυτόν τον λόγο λίγες μελέτες

δημοσιεύτηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80, που διερευνούσαν την καταλληλότητα της IR για θέρμανση του θερμοκηπίου. Οι έρευνες είναι κυρίως πειραματικές και δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες προσπάθειες μοντελοποίησης του συγκεκριμένου τρόπου θέρμανσης. Σε αυτές τις έρευνες αναφέρονται ενεργειακά οφέλη της τάξεως των 33-40% σε σύγκριση με τον συμβατικό τρόπο θέρμανσης. Το σύστημα *Gas-Fired Infrared Heating* ήταν η πρώτη προσπάθεια εφαρμογής της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα θερμοκήπια.

Στην βιομηχανία θερμοκηπίων σήμερα, η θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία είναι ευρέως άγνωστη και παρανοημένη και η χρήση της περιορισμένη. Αντιθέτως έχει βρει ευρύτατη εφαρμογή στην βιομηχανία τροφίμων σε πολλές εφαρμογές. Π.χ. χρησιμοποιείται στην ξήρανση προϊόντων λόγω των πλεονεκτημάτων που διαθέτει με όρους ποιότητας και κόστους σε σχέση με τον θερμό αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής.

3.3.1. Gas-Fired Infrared Heating system

Το σύστημα αποτελείται από σωλήνες υπέρυθρης ακτινοβολίας ισχύος 17.5 kW (εναλλάκτης θερμότητας) καυστήρα μείγματος αέρα-καυσίμου και αντλία (εικόνα 2-c). Τα καπναέρια οδεύουν μέσα από τους χαλύβδινους σωλήνες διαμέτρου 10-15 cm που αποτελούν την επιφάνεια ακτινοβολίας με θερμοκρασία επιφανείας 480 – 595 °C και μήκος κύματος εκπομπής 3.2-3.8 μm (μακρινό υπέρυθρο) και αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα με αντλία αναρρόφησης. Όσπου να φθάνουν τα αέρια στην αντλία, σχεδόν όλη η ενέργεια θερμότητας λόγω της εξάπλωσή της σε μεγάλη περιοχή έχει απελευθερωθεί. Σε ένα τέτοιο σύστημα η καύση και η ροή αερίων πρέπει να γίνεται σε κενό, για αποφυγή διαφυγής αερίων στο θερμοκήπιο. Για τον έλεγχο της κατανομής της θερμικής ροής χρησιμοποιούνται ανακλαστές διαμέτρου 40 cm. Οι σωλήνες τοποθετούνται σε απόσταση 2.6 -3 m από τα φυτά, 1.5 m από την οροφή και 3 m από τα πλαϊνά τοιχώματα για να εμποδίζονται καταστροφές. Τα αποτελέσματα από την χρήση του συστήματος είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα, η σχετικά ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο επίπεδο των φυτών και του εδάφους και οι υψηλές απώλειες λόγω συναγωγής (απουσία ανακλαστών).



Εικόνα 4 : Gas-Fired Infrared Heating system

3.3.2 Σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία (Infrared Heaters)

θεωρούνται σύγχρονα συστήματα γιατί έχουν υψηλή απόδοση και ενεργειακή μετατροπή και η θερμοκρασία επιφανείας τους παραμένει σε σχετικά ήπια επίπεδα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργοστάσια παραγωγής, βιομηχανικά κτίρια, αθλητικές εγκαταστάσεις, χώρους αναψυχής, βιομηχανία τροφίμων, εκθεσιακούς χώρους, αγροτικές φάρμες, θερμοκήπια, μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, μονάδες ανακύκλωσης. Συνοπτικά διαθέτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα

- Συντελεστή ενεργειακής απόδοσης της ακτινοβολίας σε θερμότητα 60% – 96%
- Οικονομικά - Μειωμένο λειτουργικό κόστος
- Παροχή άμεσης θέρμανσης
- Ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας
- Υψηλή αντοχή στην σχετική υγρασία περιβάλλοντος
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Μεγάλη δυναμικότητα
- Διζωνική λειτουργία
- Εύκολα στην εγκατάσταση - απεγκατάσταση συντήρηση και χρήση
- Φιλικά προς το περιβάλλον

Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία διακρίνονται ανάλογα με το μήκος κύματος που εκπέμπουν σε χαμηλής έντασης, low-intensity (3.2-3.8 μm) με μέγιστη θερμοκρασία επιφανείας 480–600 °C και σε υψηλής έντασης, high-intensity (1.0-2.9 μm) με μέγιστες θερμοκρασίες επιφάνειας 700–2000 °C. Έχουν δυνατότητα λειτουργίας με φυσικό αέριο, προπάνιο/βουτάνιο και ηλεκτρισμό.

Στην κατηγορία λειτουργίας με φυσικό αέριο, προπάνιο/βουτάνιο ανήκουν τα blackheats γραμμικού τύπου, διπλού γραμμικού, σωληνωτού μορφής U, πάνελ κλπ. υπέρυθρα συστήματα (εικόνα 2-d) και γενικά όλοι οι gas radiators. Η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται από 2-30 kW. Έχουν μεγάλη δυναμικότητα παρέχοντας μεγάλη κάλυψη επιφανείας, ομοιόμορφη κατανομή θερμότητας και απαιτούν ύψος εγκατάστασης από 3.3-5m. Η χρήση αερίου μπορεί να δημιουργήσει διαφυγές και οσμές σε κλειστό χώρο εάν το σύστημα δεν είναι αξιόπιστο και να απαιτείται εξαερισμός.



Εικόνα 5: Υπέρυθρα συστήματα τύπου Blackheats (πάνελ και διπλού σωληνωτού)

Στην κατηγορία λειτουργίας με ηλεκτρισμό ανήκουν τα Quartz Tubes, Quartz lamps, Metal Sheath, Ceramic Infrared lamps κλπ. Είναι συνήθως υψηλής έντασης, με μεγάλη δυναμικότητα και ομοιόμορφη κατανομή θερμότητας. Οι ηλεκτρικές υπέρυθρες διατάξεις είναι καλή εναλλακτική και οικονομική λύση διότι δεν χρειάζονται εξαερισμό και μακροπρόθεσμα επιθυμητή από περιβαλλοντική άποψη. Και οι δύο παραπάνω κατηγορίες συστημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα θερμοκήπια.

3.3.3 Σύστημα θέρμανσης με σωληνωτά κάτοπτρα υπέρυθρης ακτινοβολίας

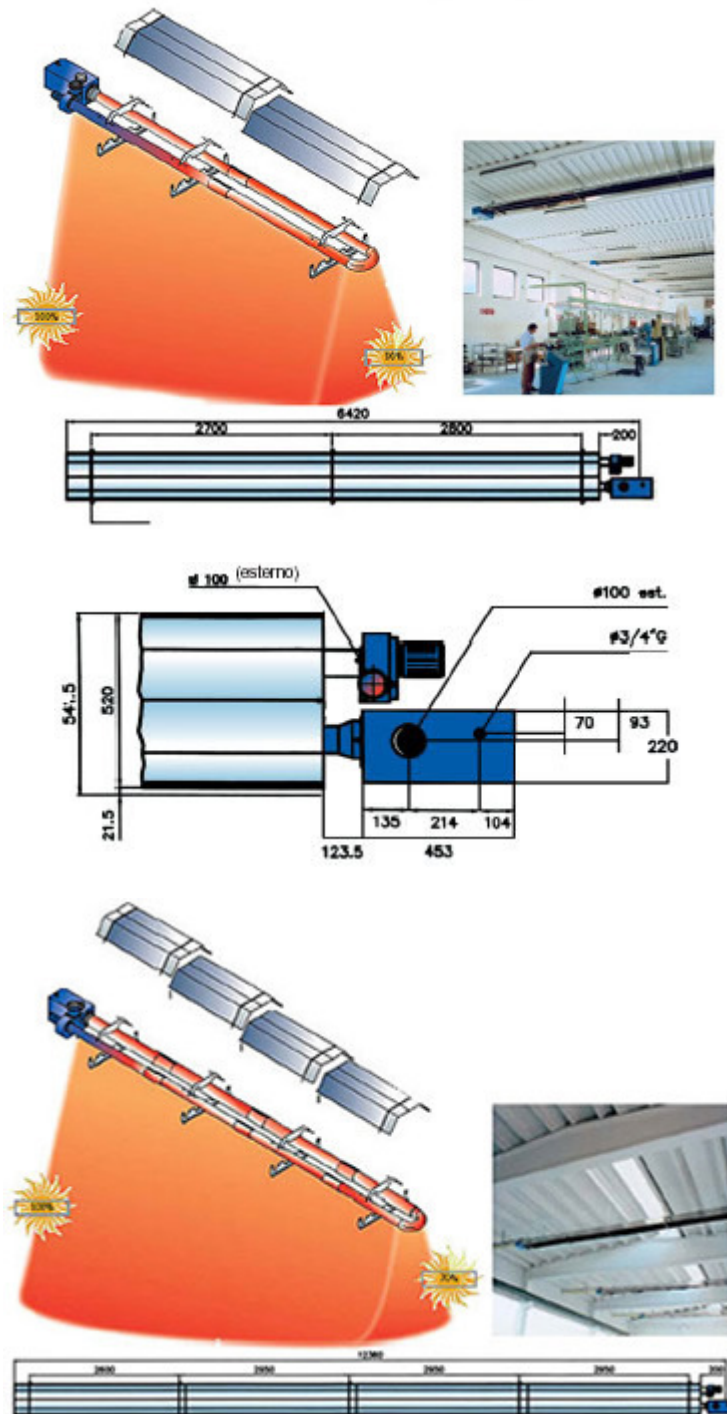
Η θέρμανση με κάτοπτρα ακτινοβολίας αποτελεί την ιδανική λύση για βιομηχανικούς και αποθηκευτικούς χώρους μεγάλου ύψους, θερμοκήπια και εκτροφεία ζώων (πτηνοτροφεία, αγροτικές φάρμες). Η Υπέρυθρη ακτινοβολία θερμαίνει μόνο τον πλησίον του δαπέδου χώρο, σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους που βασίζονται στη θέρμανση του συνόλου του αέρα, που λόγω της άνωσης οδηγείται στο πάνω μέρος του χώρου.

Η παραπάνω αρχή λειτουργίας, οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας που φθάνει σε ψηλά κτίρια το ποσοστό του 50%. Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της θέρμανσης με ακτινοβολία είναι:

- ✚ Δυνατότητα θέρμανσης οριζόμενων τμημάτων.
- ✚ Συγκέντρωση θέρμανσης κοντά στο δάπεδο.
- ✚ Απουσία μετακινήσεων αέρος.
- ✚ Διαστρωμάτωση αέρα μεταξύ δαπέδου και οροφής.
- ✚ Ελαχίστη διαβάθμιση θερμοκρασίας
- ✚ Ο αέρας δεν υγροποιείται στους τοίχους των μονάδων ή στα καλύμματα των θερμοκηπίων και αποφεύγεται η δημιουργία υψηλής σχετικής υγρασίας
- ✚ Απουσία αιρούμενων σωματιδίων σκόνης και υγιεινότερο περιβάλλον.
- ✚ Μικρότερη θερμική αδράνεια συστήματος.

Τα σωληνωτά κάτοπτρα είναι τύπου U σε μήκος 6,9 και 12 μέτρα. Παραδίδονται με καυστήρες ισχύος 28 η 45KW και σωλήνες ακτινοβολίας τύπου U, που ξεκινούν από τον καυστήρα, κάνουν μια καμπύλη 180 μοιρών και επιστρέφουν στον ανεμιστήρα αναρρόφησης κοντά στον καυστήρα για να αποβάλλουν τα προϊόντα της καύσης. Τα αέρια της καύσης θερμαίνουν τους σωλήνες διάταξης U εκλύεται υπέρυθρη ακτινοβολία που θερμαίνει το περιβάλλον.

Παρέχονται επίσης γραμμικά κάτοπτρα ακτινοβολίας, που ονομάζονται μονά κάτοπτρα ακτινοβολίας με τον καυστήρα και τον απαγωγέα στα δύο αντίθετα άκρα. Αυτά τα κάτοπτρα χρησιμοποιούνται ειδικά σε βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές σε μήκος από 9 ως 24m. Σε όλες τις περιπτώσεις το κύκλωμα καυσαερίων λειτουργεί σε υποπίεση και έτσι εξασφαλίζεται απόλυτη ασφάλεια όσον αφορά κίνδυνο διαφυγής στο περιβάλλον εργασίας.



Εικόνα 6: Σωληνωτά κάτοπτρα υπέρυθρης ακτινοβολίας



Τα κύρια χαρακτηριστικά των κατόπτρων ακτινοβολίας είναι:

- η υψηλή απόδοση
- η μέγιστη ασφάλεια
- η μεγάλη ανθεκτικότητα και ο μεγάλος χρόνος ζωής.

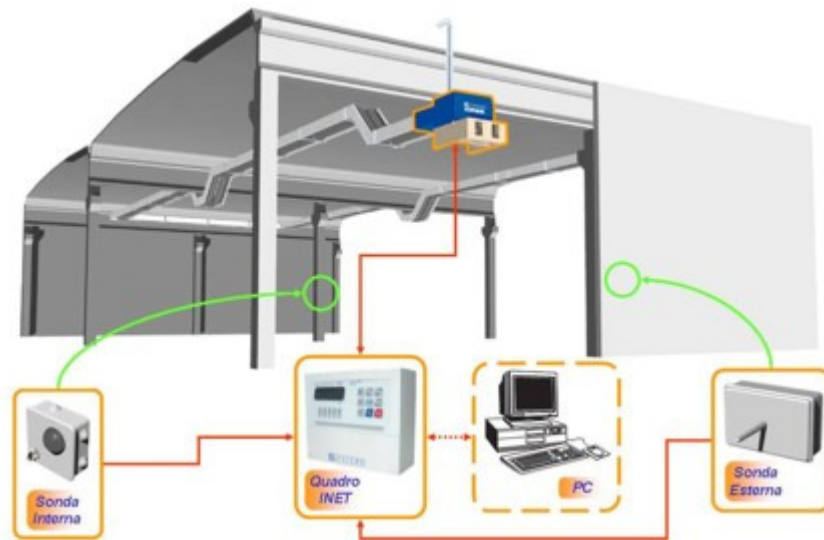
Τα κύρια πλεονεκτήματα των κατόπτρων υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι:

- Δυνατότητα θέρμανσης συγκεκριμένων ζωνών
- Η ζέστη κατευθύνεται στο δάπεδο
- Δεν υπάρχουν ρεύματα αέρα
- Δεν αιωρείται σκόνη
- Πιο υγιεινό περιβάλλον εργασίας
- Δεν απαιτείται λεβητοστάσιο
- Μικρότερη θερμική αδράνεια του συστήματος
- Διαφορετικές ζώνες μπορεί να θερμανθούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες
- Ελάχιστη συντήρηση
- Η επένδυση αποσβένεται, λόγω χαμηλής κατανάλωσης σε 2 με 4 χρόνια

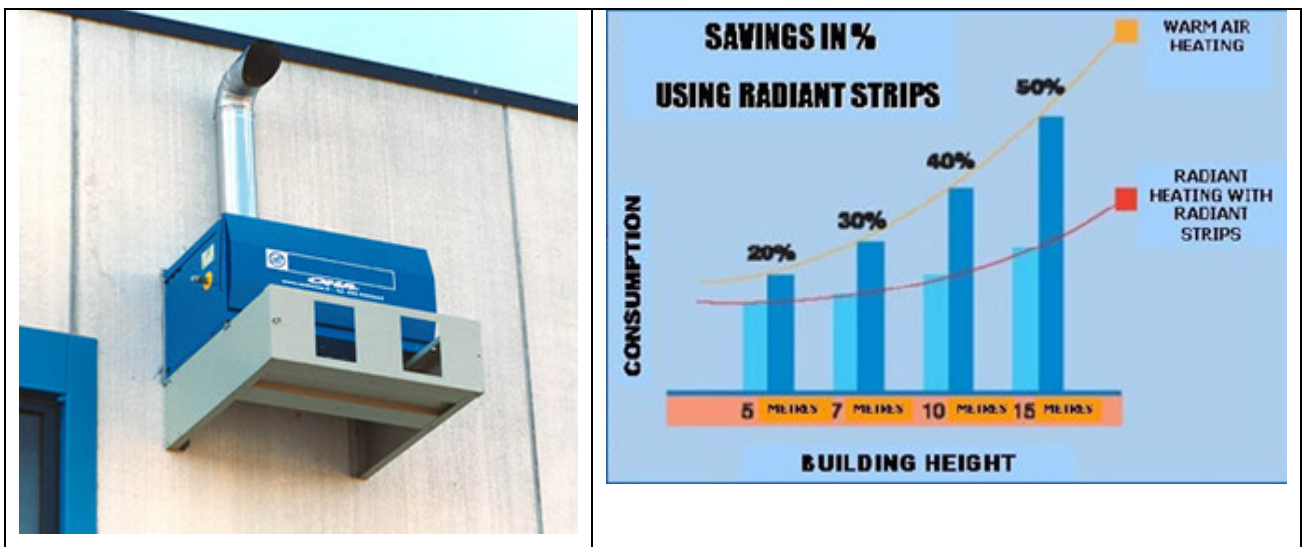
3.3.4 Σύστημα θέρμανσης με διαμήκη σωληνωτά κάτοπτρα ακτινοβολίας

Τα κάτοπτρα ακτινοβολίας τύπου ΟΗΑ έχουν σχεδιασθεί για να θερμαίνουν μέσου και μεγάλου μεγέθους βιομηχανικά, εμπορικά και αθλητικά κτίρια με την χρήση καυσίμου αερίου και πετρελαίου. Τα συστήματα ΟΗΑ αποτελούνται από την μονάδα καύσης που μπορεί να εγκατασταθεί εξωτερικά του κτιρίου και τους σωλήνες ακτινοβολίας που αναρτώνται στην οροφή του κτιρίου. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να θερμανθεί ομοιόμορφα όλη η επιφάνεια, η τμηματικά σε ζώνες όταν ζητηθεί. Η υψηλή απόδοση των κατόπτρων ακτινοβολίας τύπου ΟΗΑ οφείλεται στην μοναδικότητα της κεφαλής καύσης, που σχεδιάστηκε και βελτιστοποιήθηκε ειδικά

για την εταιρεία SYSTEMA η οποία και τα κατασκευάζει. Η ισχύς της φλόγας, το μήκος του χώρου καύσης, ο κατάλληλος ανεμιστήρας απαγωγής εγγυούνται την κατάλληλη υποπίεση και την σωστή ανάμιξη αέρα και καύσιμου αερίου. Η διάχυση της θερμότητας επιτυγχάνεται με τους ειδικούς aluminates σιδηρούς σωλήνες. Αυτοί χάρη στη μοναδικότητα του υλικού και του ειδικού υποστρώματος εγγυώνται την μέγιστη απόδοση ακτινοβολίας.



Εικόνα 7: διαμήκη σωληνωτά κάτοπτρα ακτινοβολίας



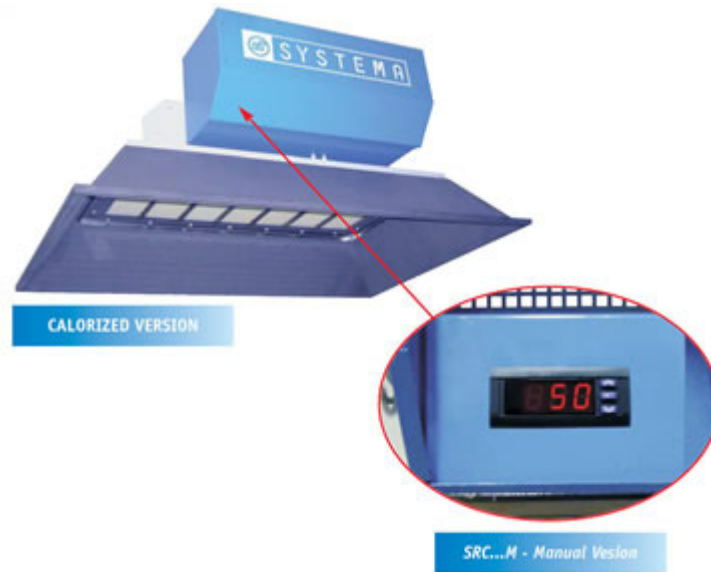
Τα κύρια πλεονεκτήματα των διαμήκων σωληνωτών κατόπτρων είναι :

- Η ζέστη κατευθύνεται στο δάπεδο
- Δεν υπάρχουν ρεύματα αέρα
- Δεν αιωρείται σκόνη
- Πιο υγιεινό περιβάλλον εργασίας
- Είναι αθόρυβο
- Δεν απαιτείται λεβητοστάσιο
- Μικρότερη θερμική αδράνεια του συστήματος
- Διαφορετικές ζώνες μπορεί να θερμανθούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες
- Ελάχιστη συντήρηση
- Η επένδυση αποσβένεται, λόγω χαμηλής κατανάλωσης σε 3 με 5 χρόνια.
- Πολύ μεγάλη οικονομία λειτουργίας σε σύγκριση με την συμβατική θέρμανση.

3.3.5 Σύστημα θέρμανσης με Κεραμικά κάτοπτρα ακτινοβολίας (SCR)(κεραμική τεχνολογία)

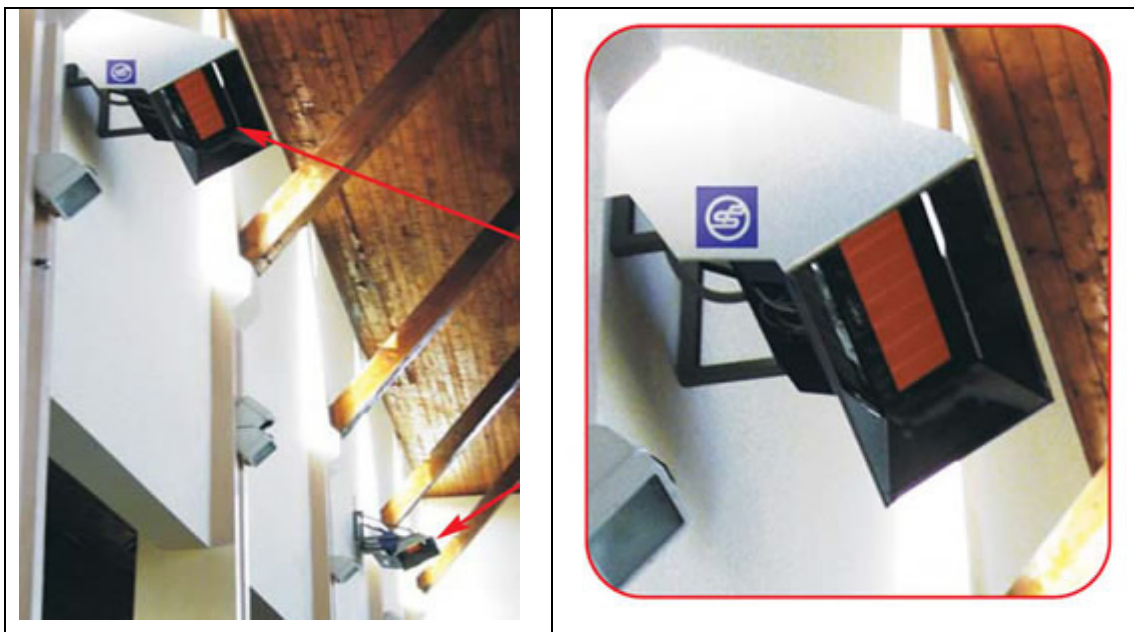
Τα συστήματα υπέρυθρης ακτινοβολίας μακρού μήκους κύματος με κεραμική τεχνολογία βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογίας της θέρμανσης παγκοσμίως. Αποτελούν την ιδανική επιλογή για την ελληνική κατοικία και επαγγελματική στέγη καθώς: Καταναλώνουν 50% λιγότερο από τους κοινούς καυστήρες πετρελαίου, έχουν κόστος αγοράς πολύ χαμηλό (16€/τ.μ.), έχουν το χαμηλότερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα (20% ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ σήμερα, 100% έως το 2050), δεν παράγουν φως, είναι πολύ μικρά (50 X 10 εκ.), λειτουργούν με ρεύμα και άρα δεν απαιτούν τροφοδοσία, δεν χρειάζονται καμία συντήρηση, έχουν τουλάχιστον 5 χρόνια εγγύηση, είναι 100% ασφαλή για το χρήστη και έχουν όλα τα πλεονεκτήματα της υπέρυθρης ακτινοβολίας μακρού μήκους κύματος.

Τα κεραμικά κάτοπτρα παράγονται σε δύο τύπους μέγιστης ισχύος 24KW και 48KW. Ο κάθε τύπος επίσης παραδίδεται σε χειροκίνητο η τελείως αυτόματο τύπο. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν τα μοντέλα SCR 25 με έξοδο από 12KW ως 24KW και το SCR 45 με έξοδο από 24KW ως 48KW. Τα κεραμικά κάτοπτρα της εταιρείας SYSTEMA, προσαρμόζουν την λειτουργία τους στις απαιτήσεις κάθε χώρου. Είναι μεταβλητής ισχύος και λειτουργούν καλύπτοντας τις θερμικές απώλειες του χώρου αυτόματα και σύμφωνα με την θερμοκρασία που επιλέγετε στο ειδικό θερμοστάτη υπέρυθρης ακτινοβολίας της εγκατάστασης



Τα κύρια πλεονεκτήματα των κεραμικών κατόπτρων είναι :

- Έχουν σύστημα ανάμιξης καύσης
- Είναι διαθέσιμα για όλους τους τύπους καυσίμων αερίων σε εγγυημένη πλήρη απόδοση
- Έχουν ρυθμιζόμενη ταχύτητα ανεμιστήρα, και προσφέρουν μέγιστα επίπεδα άνεσης
- Αποδίδουν ακόμη και αν εγκατασταθούν σε μεγάλο ύψος
- Τα κεραμικά κάτοπτρα προτείνονται για θέρμανση ανοικτών χώρων συνάθροισης κοινού, όπως μπαρ, καφετερίες, εστιατόρια. Επίσης για κλειστούς χώρους όπως βιοτεχνίες, γυμναστήρια, θερμοκήπια κ.λ.π





Εικόνα 8: Κεραμικά κάτοπτρα ακτινοβολίας (SCR)

2.3.5 Ηλεκτρικά πάνελ οροφής ακτινοβολίας

- Είναι ιδανικά για τοποθέτηση σε μεγάλους χώρους, όπως εμπορικά καταστήματα, γραφεία, γυμναστήρια, νοσοκομεία, αποθήκες, γκαράζ, εργοστάσια, μηχανουργεία, κτηνοτροφικές φάρμες, θερμοκήπια.
- Έχουν μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και άμεση θέρμανση σε μεγάλο βεληνεκές.
- Είναι εντελώς αθόρυβα, απόλυτα ασφαλή και απλά στην εγκατάσταση.
- Τα θερμαντικά στοιχεία είναι από εξηλασμένο αλουμίνιο που έχει ειδικές αυλακώσεις ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή εκπομπή και διάχυση της θερμικής ακτινοβολίας.
- Μέγιστη θερμική αγωγιμότητα από τον θερμό πυρήνα χρωμίου –νικελίου προς την επιφάνεια εκπομπής του στοιχείου.
- Ειδική μόνωση στο πίσω μέρος του στοιχείου από υψηλής πυκνότητας πετροβάμβακα, με κάλυμμα φύλλο αλουμινίου για ελαχιστοποίηση των διαφυγών θερμότητας.
- Χαλύβδινο γαλβανισμένο κέλυφος με πολυεστερική βαφή σε λευκό χρώμα.
- Υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας τους στο ½ και στο 0 της ονομαστικής τους απόδοσης.
- Έχουν ενσωματωμένα στηρίγματα κρέμασης από την οροφή.

- Το ελάχιστο ύψος εγκατάστασης είναι **3,5 m** από το δάπεδο. Για βελτιστοποίηση της απόδοσης, η απόσταση μεταξύ των εγκατεστημένων στοιχείων δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το ύψος εγκατάστασης.
- Τα στοιχεία θα πρέπει να γειώνονται.



Εικόνα 9: Ηλεκτρικά πάνελ οροφής ακτινοβολίας

Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικών πάνελ οροφής ακτινοβολίας

Κωδικός	Απόδοση <u>Watt</u>	Μήκος mm	Πλάτος mm	Πάχος mm
2605-3	1000	850	280	68
2605-4	1250	1005	280	68
2605-5	1500	1200	280	68
2605-6	1750	1360	280	68
2605-7	2000	1550	280	68
2605-9	3000	1550	403	68
2605-0	4000	1550	403	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

4.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Οι οικονομικές συνθήκες κάνουν την αναζήτηση οικονομικής θέρμανσης πιο επίκαιρη από ποτέ. Ειδικότερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες επειδή το κόστος μετακυλά στο παραγόμενο προϊόν η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ σημαντικός παράγοντας, Όλα τα συστήματα θέρμανσης έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Σε γενικές γραμμές:

- Συστήματα που θερμαίνουν με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, παράγουν περισσότερα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τοπικά αλλά και μέσω των καλωδιώσεων της ΔΕΗ και ρυπαίνουν το περιβάλλον αφού η παραγωγή ρεύματος γίνεται ακόμη κυρίως με την καύση λιγνίτη στη χώρα μας.
- Συστήματα που λειτουργούν με καύση ορυκτών ή «ανανεώσιμων» καυσίμων, παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, μικροσωματίδια κ.α. που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και το εσωτερικό των κατοικιών (όταν δεν υπάρχει στεγανότητα και επαρκής εξαερισμός).
- Συστήματα που παράγουν θερμό αέρα, θερμαίνουν ανομοιόμορφα το χώρο, ανασηκώνουν τη σκόνη και χρειάζονται τακτική συντήρηση/καθαρισμό από μικρόβια και μικροσωματίδια, δημιουργώντας προβληματικές συνθήκες άνεσης, ιδιαίτερα για άτομα με αλλεργίες ή αναπνευστικά προβλήματα.

Όταν χρησιμοποιείται η υπέρυθη ακτινοβολία για θέρμανση, είναι ότι πιο οικονομικό υπάρχει. Από την φύση της, όλη η προσφερόμενη ενέργεια μεταδίδεται χωρίς καμία απώλεια εκεί που χρειάζεται: Στα αντικείμενα και στους ανθρώπους. Η θέρμανση με συναγωγή (συμβατικά συστήματα θέρμανσης) χρειάζεται από 150wp - 300wp θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο αφού πρέπει να ζεστάνει τον αέρα ο οποίος θα κρυώσει με την επαφή του με την οροφή, με τους τοίχους και τα πατώματα πριν φτάσει να ζεστάνει τους ανθρώπους και θα κρυώσει περισσότερο αν υπάρχει απώλεια θερμού αέρα από τον χώρο και εισροή κρύου. Η θέρμανση με υπέρυθη δεν έχει τέτοιες απώλειες, αφού ανεπηρέαστη από τον αέρα, τα πατώματα, την οροφή,

τους τοίχους και την θερμοκρασία τους θα φτάσει κατευθείαν ολόκληρη στους ανθρώπους που βρίσκονται στον χώρο και θα τους ζεστάνουν. Η εμβέλεια παίζει ρόλο (πόσο μακριά μπορεί να φτάσει η ακτινοβολία), η οποία ρυθμίζεται με την ονομαστική ισχύ του σώματος και τελικά και οι θερμικές απώλειες για την αίσθηση θερμικής άνεσης. Για τον λόγο αυτό χρειάζονται περίπου 50wr - 150wr θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο.

Με συσκευές υπέρυθρων που χρησιμοποιούν υπερθερμασμένα υλικά, τα οποία ακτινοβολούν υπέρυθρη ακτινοβολία από την επιφάνειά τους. Όσο υψηλότερη η θερμότητα των συστημάτων και όσο μεγαλύτερη η επιφάνειά τους, τόσο εντονότερη (ισχυρή) η υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπουν και τόσο πιο αποτελεσματική η θέρμανση. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται θερμαίνονται είτε χημικά (καύση) είτε ηλεκτρικά (ηλεκτρικές αντιστάσεις). Όταν θερμανθούν ηλεκτρικά, σχεδόν όλη η ενέργεια που προσφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα μετατρέπεται σε θερμότητα των συστημάτων και στην συνέχεια σε θέρμανση του χώρου.

Ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα θερμοκρασιακά σώματα της υπέρυθρης ακτινοβολίας, γίνεται και μεγάλη ή μικρή εξοικονόμηση ενέργειας.

Αν χρησιμοποιηθούν μέταλλα (μεταλλικά ελάσματα αλουμινίου ή σιδήρου) τότε η θέρμανση είναι γρήγορη. Αλλά τα μέταλλα όσο γρήγορα ζεσταίνονται τόσο γρήγορα κρυώνουν όταν σταματήσει η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η εξοικονόμηση σε αυτά τα υλικά είναι 1:1,2 - 1:1,4 (απόδοση 120% - 140%). Δηλαδή για κάθε kw ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδονται 1,2 - 1,4kw θέρμανσης (αφού τα μέταλλα παραμένουν καυτά και ακτινοβολούν θερμότητα για λίγο μετά την διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος). Τέτοια σώματα είναι οι convectors υπέρυθρων, τα πάνελ υψηλής θερμοκρασίας και κάποια εκτυπώσιμα πάνελ τοίχου.

Αν χρησιμοποιηθούν υλικά με βάση το πυρίτιο (τσιμέντο, γυψοσανίδα, μάρμαρο κλπ) η θέρμανση είναι λίγο πιο αργή απ' ό,τι στα μέταλλα αλλά η θερμότητα παραμένει για μεγαλύτερο χρόνο μετά την διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Η εξοικονόμηση σε αυτά τα υλικά είναι 1:1,5 - 1:2 (απόδοση 150% - 200%). Δηλαδή για κάθε kw ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδονται 1,5 - 2kw θέρμανσης. Τέτοια σώματα είναι κάποια πάνελ τοίχου εκτυπώσιμα ή μη.

Αν χρησιμοποιηθούν κεραμικά υλικά (κεραμίδια με εμβαπτισμένη στο υλικό τους την ηλεκτρική αντίσταση) η θέρμανση είναι πιο αργή απ' ό,τι στα μέταλλα αλλά η

θερμότητα παραμένει για πολύ μεγαλύτερο χρόνο μετά την διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, αφού τα κεραμικά έχουν πολύ μεγάλη θερμική αδράνεια. Η εξοικονόμηση σε αυτά τα υλικά είναι 1:2 - 1:4 (απόδοση 200% - 400%). Δηλαδή για κάθε kw ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδονται 2kw - 4kw θέρμανσης. Πρακτικά, γίνεται παροχή ρεύματος για 15', το κεραμικό έρχεται σε θερμοκρασίες από 300° C - 1200° C - ανάλογα με το κεραμικό - και στην συνέχεια ακτινοβολεί για 45' αφού έχει διακοπεί η παροχή ρεύματος. Αν λοιπόν ένα σώμα έχει ονομαστική ισχύ 1000wp, λειτουργεί σαν 500wp - 250wp. Τέτοια σώματα είναι τα κεραμικά θερμαντικά υπερύθρων.

Για την επίτευξη της εξοικονόμησης που περιγράφεται, είναι απαραίτητη η χρήση αυτόματων ελεγκτών παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν χρονοδιακόπτες, εσωτερικοί θερμοστάτες ή θερμοστάτες χώρου. Συνήθως χρησιμοποιείται συνδυασμός και των τριών αυτών μεθόδων: Υπάρχουν ενσωματωμένοι θερμικοί διακόπτες στα σώματα, οι οποίοι λειτουργούν και σαν δικλείδες ασφάλειας ώστε να μην καταστραφεί η συσκευή από υπερθέρμανση. Αυτοί διακόπτουν την παροχή ρεύματος όταν η θερμοκρασία του ίδιου του σώματος ξεπεράσει κάποιο όριο ασφαλείας. Η παροχή στην συσκευή γίνεται από κάποιον θερμοστάτη χώρου ο οποίος διακόπτει την παροχή προς την συσκευή όταν η θερμοκρασία του χώρου ξεπεράσει την επιθυμητή από τον χρήστη. Τέλος ο θερμοστάτης χώρου μπορεί να είναι και προγραμματιζόμενος με ενσωματωμένο απλό ή και πιο πολύπλοκο χρονοδιακόπτη, οπότε να ρυθμίζεται η θερμοκρασία του χώρου σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με την ώρα.

4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Τα συστήματα υπέρυθρης θέρμανσης θεωρείται ότι εξοικονομούν ενέργεια ωστόσο ο περιβαλλοντικά φιλικός τους χαρακτήρας συνδέεται και με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούν. Παραδείγματος χάρη, εάν καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, αυτή έχει παραχθεί από ΑΠΕ ή από άνθρακα;

Όσον αφορά στην εξοικονόμηση κόστους, αυτή μπορεί να φτάσει έως και 50% συγκριτικά με καύσιμα όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο ενώ σε σχέση με συστήματα όπως τα κλιματιστικά και τα συμβατικά ηλεκτρικά θερμαντικά, η εξοικονόμηση μπορεί να αγγίζει και το 80%.

Επίσης, τα θερμαντικά πάνελ δεν εκπέμπουν προϊόντα εξάτμισης ή άλλα επιβλαβή αέρια στην ατμόσφαιρα, ενώ ορισμένα δεν μειώνουν τις συγκεντρώσεις οξυγόνου ή την υγρασία της ατμόσφαιρας.

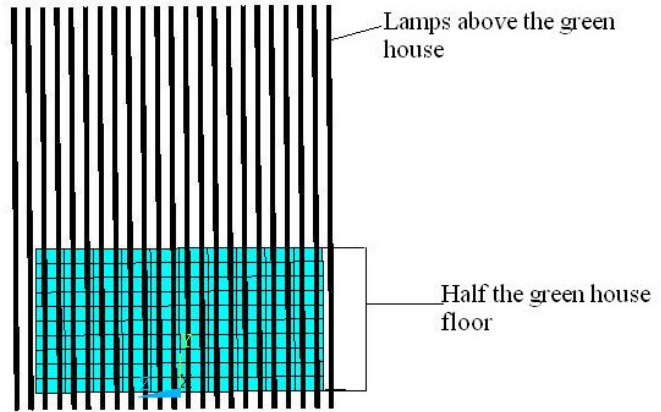
Η υπέρυθρη ακτινοβολία εκτός από οικονομική είναι και οικολογική. Λόγω την μικρής κατανάλωσης ενέργειας που χρειάζεται, η θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία έχει σαν συνέπεια την μικρή εκπομπή ρύπων. Αυτό την κάνει την πιο οικολογική μέθοδο θέρμανσης, ειδικά αν δεν χρησιμοποιηθούν καύσιμα για την θέρμανση αλλά ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό έχει άμεση οικονομική συνέπεια, αφού τα επόμενα χρόνια η φορολογία των ακινήτων θα προσαρμοστεί σε σχέση με τους ρύπους που παράγονται. Θα υπολογίζονται οι ρύποι που παράγονται από την χρήση ενός ακινήτου και όσο πιο ρυπογόνο είναι, τόσο πιο πολύ φόρο θα πληρώνουμε.

4.3 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (quartz tubes)

- Θερμοκρασία συστήματος υπέρυθρης θέρμανσης = 400 °C
- Αρχική θερμοκρασία = 7 °C
- Θερμοκρασία εφαρμογής = 14 °C
- Χρόνος θέρμανσης \approx 2sec
- 22 lamps/m², PL=500 W
- Μήκος λάμπας = 0.50 m
- Quartz διάμετρος λάμπας dq
- Filament διάμετρος λάμπας df=0.004 m
- Τιμή λάμπας 50 Euro
- Απόσταση λάμπας –φυτικού θόλου h=2m

1
ELEMENTS

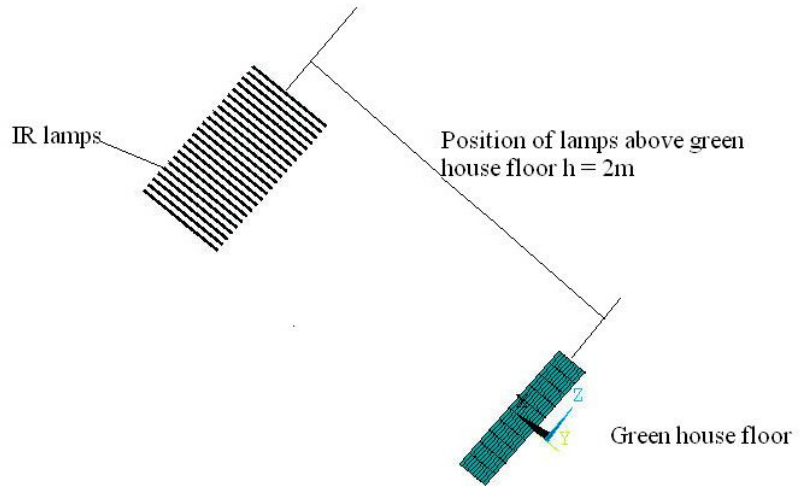
ANSYS



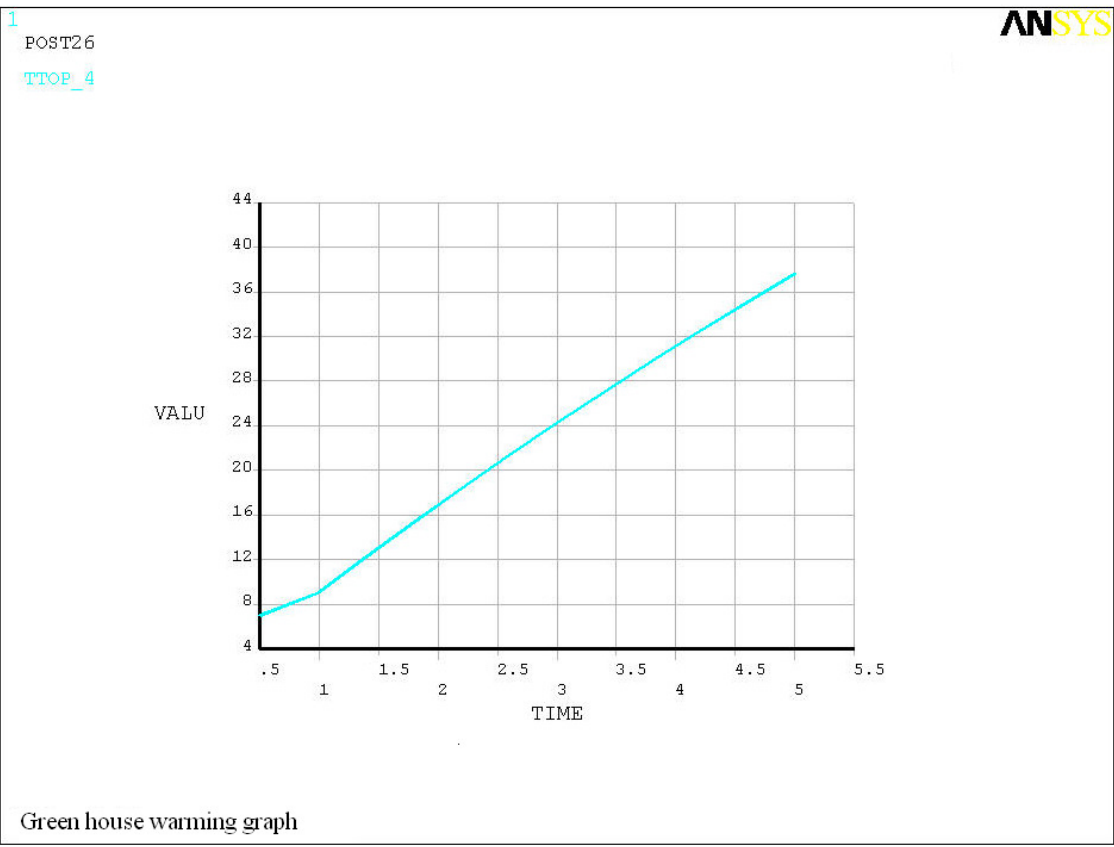
GREEN HOUSE

1
ELEMENTS

ANSYS



GREEN HOUSE



4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ

(και στις δυο περιπτώσεις το κόστος αφορά θερμοκήπιο 1 στρέμμα)

A) Θέρμανση με infrared heaters

Fostoria Infrared Heaters quartz tubes or lamps

Τιμή μονάδας : 225,50\$

Για ένα στρέμμα απαιτούνται περίπου 30 οπότε

$30 \times 225,50 = 6765,00\$$

Optional Control: 192,00\$

Residential Electric Heat Thermostat (WR-65) 2*22,00=44,00 \$

Σύνολο **7226,5\$**

B) Θέρμανση με κεντρικό σύστημα θέρμανσης (σε ευρώ)

Δυναμικά αερόθερμα 3815,00

Αξονικά αερόθερμα 10860,00

Επιδαπέδια συστήματα κυκλοφορίας ζεστού νερού (καλοριφέρ) 8800,00

Απλή ηλεκτρολογική εγκατάσταση 1250

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υπάρχουν διάφορα συστήματα υπέρυθρης ακτινοβολίας: τα περισσότερα εξ' αυτών διαχέουν το υπέρυθρο φως απευθείας στο χώρο ώστε να θερμάνουν τα αντικείμενα που βρίσκονται σε αυτόν. Είναι ιδανικά για θερμοκήπια, αγροτικές φάρμες και μεγάλους βιομηχανικούς χώρους.

Άλλα υπέρυθρα συστήματα θέρμανσης χωρίζονται σε τρία μέρη: υπέρυθρες λάμπες φωτισμού, ένας “εναλλάκτης” θερμότητας (όπως ένας καλός αγωγός της θερμότητας σαν τον χαλκό) και ένας ανεμιστήρας που στέλνει αέριες μάζες στον εναλλαγέα για να δημιουργήσει θερμότητα.

Τέλος, τα επονομαζόμενα θερμομαντικά πάνελ διαφέρουν ως προς το καύσιμο (προπάνιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρισμός), ως προς το υλικό κατασκευής (υπάρχουν μέχρι και κεραμικά), αλλά και τη φορητότητα (σταθερά ή φορητά).

Από τα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία με χρήση καυστήρων αερίου, τα πλέον κατάλληλα για εφαρμογές σε θερμοκήπια και εγκαταστάσεις σταυλισμού ζώων, είναι αυτά που χαρακτηρίζονται ως «χαμηλής έντασης» με θερμοκρασίες επιφάνειας ακτινοβολίας στην περιοχή 500-600 °C. Σ' αυτά χρησιμοποιούνται καυστήρες προανάμιξης και η καύση του μίγματος καυσίμου-αέρα πραγματοποιείται μέσα σε σωλήνες, αναρτημένους από την οροφή, η εξωτερική επιφάνεια των οποίων είναι η ακτινοβόλουσα επιφάνεια. Ο σωλήνας είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα ανακλαστήρα από αλουμίνιο ο οποίος κατευθύνει την ακτινοβολία σε μια γωνία εκπομπής ~90° και επίσης παγιδεύει υψηλής θερμοκρασίας αέρα κοντά στον σωλήνα.

Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης, τα συστήματα Υπέρυθρης Θέρμανσης ζεσταίνουν απευθείας τα φυτά και το έδαφος, χωρίς απώλειες για τη θέρμανση του ενδιάμεσου αέρα. Τα συμβατικά μέσα θέρμανσης χρειάζεται να λειτουργήσουν πολλές περισσότερες ώρες από τα συστήματα Υπέρυθρης Θέρμανσης προκειμένου να επιτύχουν - μάλιστα - υποδεέστερα αποτελέσματα ως προς τη επιθυμητή θέρμανση του χώρου.

Έχουν μικρά φορτία ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων που χρησιμοποιούνται και αυτό τα καθιστά ιδιαίτερα αποδοτικά στα θερμοκήπια που λόγω κατασκευής θεωρούνται ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Τέλος έχουν χαμηλότερο κόστος κτήσης από τη συμβατική θέρμανση (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, A/C).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.greenpeace.org/greece/thermansi/>

<http://koinonikopolitikos-diaulos.blogspot.gr/2012/09/2014.html>

Ελληνικό Φυσικό Αέριο,

<http://www.sedh.gr/newsflashes/general-news/elleniko-phusiko-aerio.html>

<http://www.biofuelwatch.org.uk/docs/IndustrialBioenergy.pdf>,

<http://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/amodernmythppt.pdf>

«Crash test σε 8 πηγές θέρμανσης. Δείτε ποια σας συμφέρει»,

<http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26516&subid=2&pubid=112935736> /

Οδηγός θέρμανσης, <http://news.pathfinder.gr/eco/thermansi.html> / Φυλλάδιο Crystal Heating, www.crystalaudio.gr

www.neilcherry.com/documents/90_s8_EMR_and_Aging_and_violence.pdf Actual or potential effects of ELF and RF/MW radiation on enhancing violence and homicide, and accelerating aging of human, animal or plant cells. Dr Neil Cherry Associate Professor of Environmental Health Lincoln University New Zealand

<http://invenio.lib.auth.gr/record/127833> Επιπτώσεις της εκπεμπόμενης από θερμικές πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας σε παράγοντες του εξωκυττάριου χώρου στον κερατοειδή και στον κρυσταλλοειδή φακό κονίκλων και η επίδραση της αναστολής της κυκλοοξ, Δαδούκης, Παναγιώτης Ι., Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

THE GREEN ELECTRICITY ILLUSION, David Olivier

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Havas M, (2006) Electromagnetic hypersensitivity: biological effects of dirty electricity with emphasis on diabetes and multiple sclerosis.

Camilla Rees- Magda Havas, Public Health SOS – The Shadow Side of the Wireless Revolution

Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γεώργιος, 2005. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης, 4η έκδοση, Αθήνα, σελ. 309-349.

Plaisier H., 1992. Έλεγχος συνθηκών περιβάλλοντος με θερμοκουρτίνες. Γεωργική Τεχνολογία, Δεκέμβριος 92, σελ. 36-39.

Plaisier H., 1993. Θερμοκουρτίνες για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση του κλίματος στα θερμοκήπια.

Stone, P., and Youngsman J. (2006). Gas-Fired Infrared Heating for Greenhouses. IRGHM 08/06, Buffalo, NY: Roberts Gordon LLC.

Teitel, M., Shklyar, A., Elad, Y., Dikhtyar, V., and Jerby, E. 2002. Development of a microwave system for greenhouse heating, *Acta Horticulturae* 534:189-195.

Kavga, A., Alexopoulos, G., Bontozoglou, V., Pantelakis, S., & Panidis, Th. (2012). Experimental investigation of the energy needs for a conventionally and an infrared heated greenhouse, *Advances in Mechanical Engineering*, Article ID 789515, 1-16.

Nelson V. Paul, 1992. *Greenhouse: Operation and Management* (4th edition). Prentice Hall Career & Technology, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 137-170.

Timmons M.B. and Baughman F., 1983. Experimental evaluation of poultry mist-fog systems. *Transactions of the A.S.A.E.* 26: 207-210.