



# ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ  
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ**

ΚΟΛΥΒΑΚΗΣ Ν. ΙΩΑΝΝΗΣ

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν όλα αυτά τα χρόνια ώστε να φτάσω σε αυτό το σημείο και να ολοκληρώσω τις σπουδές μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σπυρίδων Παπαευθυμίου για την καθοδήγηση του, την βοήθεια του και την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη τους και τις θυσίες τους όλα αυτά τα χρόνια.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική θα γίνει μελέτη για την κατασκευή, την χρήση και την εκμετάλλευση μιας σύγχρονης θερμοκηπιακής μονάδας. Αρχικά θα γίνει μια μικρή ιστορική αναδρομή για το πως δημιουργήθηκε το θερμοκήπιο τα πρώτα χρόνια, θα παρουσιαστούν κάποια στατιστικά στοιχεία για τα θερμοκήπια τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Έπειτα θα γίνει διαχωρισμός των θερμοκηπίων ανάλογα τον τύπο και το είδος κατασκευής. Θα αναλυθούν διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται σαν υλικό κάλυψης με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Θα γίνει περιγραφή των κύριων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης ως προς την λειτουργία τους και πως μπορούν αυτά να ρυθμίσουν τις συνθήκες στο εσωτερικό του. Υπολογίζεται η κατανάλωση ενός τυπικού συστήματος ψύξεως, παρουσιάζεται η μέθοδος ενεργειακού ισοζυγίου και η μέθοδος βαθμοημερών θέρμανσης οι οποίες υπολογίζουν τις απώλειες ενέργειας του θερμοκηπίου. Και τέλος θα γίνει μελέτη περίπτωσης για ένα στρέμμα θερμοκηπίου στην περιοχή της Ιεράπετρας όπου θα γίνει η οικονομική ανάλυση και θα υπολογιστούν αναλυτικά τα κόστη και τα κέρδη στην συνέχεια θα αξιολογηθούν τα διάφορα σενάρια χρηματοδότηση με διάφορους χρηματοοικονομικούς δείκτες.

## Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
1.1 Γενικά .....	5
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	5
1.3 Η πορεία των θερμοκηπίων στην Ελλάδα .....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΚΑΙ Ο ΣΚΕΛΕΤΟΣ.....	8
2.1 Τοξωτό θερμοκήπιο .....	10
2.2 Αμφίρρικτο .....	10
2.3 Θερμοκήπια υψηλής ή χαμηλής οροφής .....	11
2.4 Θερμοκήπια μικρού-μεγάλου μήκους.....	11
2.5 Θερμοκήπια με βάση τα υλικά κατασκευής.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ .....	12
3.1 Γενικά .....	12
3.2 Γυαλί .....	13
3.3 Πλαστικά .....	14
3.3.1 Εύκαμπτα φύλλα πλαστικού .....	15
3.3.2 Πολυαιθυλένιο (PE) .....	15
3.3.3 Φύλλο EVA .....	16
3.3.4 Φύλλο Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) .....	16
3.3.5 Πολυεστερικά φύλλα.....	17
3.4 Σκληρά πλαστικά .....	17
3.4.1 Ακρυλικές επιφάνειες.....	17
3.4.2 Πολυανθρακικές επιφάνειες.....	18
3.4.3 Ενισχυμένος πολυεστέρας ή fiberglass .....	19
3.4.4 Καινοτόμα υλικά κάλυψης.....	19
3.5 Προσανατολισμός.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	21
4.1 Γενικά .....	21
4.2.1 Αερόθερμα .....	22
4.2.2 Αντλίες θερμότητας.....	23
4.2.3 Κεντρική θέρμανση με θερμό νερό ή ατμό .....	24

4.2.4	Γεωθερμία .....	26
4.2.5	Θερμοκουρτίνες.....	28
4.3	Ψύξη και εξαερισμός .....	29
4.3.1	Αερισμός.....	29
4.3.2	Παθητικός-φυσικός Εξαερισμός .....	30
4.3.3	Δυναμικός εξαερισμός .....	32
4.3.4	Υγρή παρειά.....	32
4.3.5	Υδρονέφωση .....	33
4.3.6	Σκίαστρα-βαφές.....	34
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ.....	34
5.1	Υπολογισμός της αναγκαίας ενέργειας σε ψύξη.....	34
5.2	Υπολογισμός ενεργειακών αναγκών σε θέρμανση .....	37
5.2.1	Μέθοδος ενεργειακού ισοζυγίου .....	38
5.2.2	Υπολογισμός ενεργειακών απωλειών με την μέθοδο των βαθμομερών .....	45
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	49
6.1	Γενικά .....	49
6.2	Καθαρά παρούσα αξία.....	50
6.3	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης .....	51
6.4	Περίοδος επανείσπραξης.....	52
6.5	Μελέτη περίπτωσης .....	52
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	61
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΝΑΦΟΡΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	64
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	67

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Τα θερμοκήπια είναι σχεδιαστικά ιδιαίτερες κατασκευές που στόχο έχουν την προστασία της καλλιέργειας έναντι των δυσμενών καιρικών συνθηκών και την διατήρηση των συνθηκών όπου μπορούν να αναπτυχθούν τα φυτά. Ο όρος θερμοκήπιο αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή ενός χώρου καλυμμένου με διαφανή υλικά στον οποίο καλλιεργούνται διάφορα είδη φυτών. Το περιβάλλον στο εσωτερικό του ήταν δυνατό να ελεγχθεί χειροκίνητα έτσι ώστε να δημιουργούνται ευνοϊκότερες συνθήκες για την παραγωγή κηπευτικών ή ανθών και την επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου. Η οποία ήρθε με την διατήρηση υψηλής θερμοκρασίας του χειμερινούς μήνες, της σχετικής υγρασίας σε ιδανικά επίπεδα, την διατήρηση της θερμοκρασίας τους θερινούς μήνες σε χαμηλά σχετικά επίπεδα και επίσης σε ορισμένες περιοχές με λιγοστή ηλιοφάνεια η συμπλήρωση με τεχνικό φωτισμό ανάλογα της ανάγκης της καλλιέργειας. Η αξιοποίηση μεθόδων ελέγχου του περιβάλλοντος είναι ζωτικής σημασίας για τα φυτά και επίσης για το ίδιο το εγχείρημα το οποίο αν το εξετάσουμε σαν αμιγώς επιχειρηματικό θα πρέπει η παραγωγή να είναι όσο μεγαλύτερη γίνεται με τα λιγότερα λειτουργικά έξοδα αυτοί οι στόχοι μπορούν να επιτευχθούν μόνο εάν αξιοποιηθούν οι συνθήκες που επικρατούν και οι μέθοδοι ελέγχου. Για την επίτευξη των στόχων αυτών θα πρέπει να γίνει μελέτη πριν την κατασκευή και να προσδιορισθούν διάφοροι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το προϊόν όπως είναι ο τύπος της κατασκευής ,το υλικό κάλυψης , οι ανοιχτές και το υλικό του σκελετού ,ο εξαερισμός , ο προσανατολισμός και διάφοροι άλλοι οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν πριν την κατασκευή του.

### 1.2 Ιστορική αναδρομή

Η αγροτική οικονομία στηρίζεται κατά βάση στην παραγωγή προϊόντων τα οποία συχνά καλούνται "εποχής" διότι παράγονται χωρίς την παρέμβαση των επικρατούντων συνθηκών από τον άνθρωπο. Κάποια προϊόντα παράγονται το χειμώνα και απαιτούν βροχές και κρύο ενώ άλλα τα οποία είναι και τα περισσότερα παράγονται τους πιο θερμούς μήνες και απαιτούν περισσότερη ηλιοφάνεια για να αναπτυχθούν. Η ζήτηση των προϊόντων είναι μεγάλη και για χρονικό διάστημα το οποίο είναι μεγαλύτερο από εκείνο που παράγονται τα προϊόντα σε φυσικό περιβάλλον ο άνθρωπος, εδώ και πάρα πολλά χρόνια προσπάθησε να καλύψει αυτή την ζήτηση και να παράξει προϊόντα εκτός εποχής.

Διάφορες προσπάθειες ώστε να ρυθμίσουν τις συνθήκες μέσω προστατευτικών κατασκευών είχαν πραγματοποιηθεί στην αρχαία Κίνα και Αίγυπτο καθώς και λίγο αργότερα στην αρχαία Ελλάδα και Ρώμη μετά την πτώση της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας αυτές οι τεχνικές που είχαν αναπτυχθεί για την προστασία της παραγωγής εξαφανίστηκαν. Τα θερμοκήπια εμφανίστηκαν ξανά στην βόρεια Ευρώπη μετά τον 15<sup>ο</sup> αιώνα όπου τα φυτά τοποθετούνταν σε σχεδόν κλειστά δωμάτια ή σε υπόστεγα που είχαν χτίσει τον βόρειο τοίχο, αργότερα χρησιμοποιήθηκε το γυαλί το οποίο αντικατέστησε τα ανοίγματα τα οποία υπήρχαν συνήθως στην νότια μεριά του θερμοκηπίου. Το 18<sup>ο</sup> αιώνα με 19<sup>ο</sup> αιώνα εμφανίστηκαν τα πρώτα αμφικλινούς με διαφανή στέγη τα οποία μοιάζουν με τα σημερινά, επίσης κάνει την εμφάνιση του το 1816 ο πρώτος αυτόματος μηχανικός θερμοστάτης για τον εξαερισμό του θερμοκηπίου. Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα η κατασκευή του θερμοκηπίου γίνεται αρκετά φθηνότερη την χρήση του πλαστικού ως υλικό κάλυψης και η παραγωγή προϊόντων γίνεται πλέον επαγγελματική από της αρχές της δεκαετίας του 70 οι συνθήκες που επικρατούσαν

στο εσωτερικό ήταν πλήρως ελεγχόμενες και η παραγωγή αρκετά υψηλή καθώς επηρεάζεται από τις επικρατούντες συνθήκες.

Η ποιότητα και η ποσότητα των οπωροκηπευτικών που παράγονται εξαρτάται είτε από το κληρονομικό δυναμικό του ίδιου του φυτού είτε από εξωγενείς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η ακτινοβολία και η υγρασία. Έτσι λοιπόν η επιλογή του σπόρου, η τοποθεσία και η επιλογή του κατάλληλου θερμοκηπίου παίζει σημαντικό ρόλο και θα πρέπει να επιλέγεται πολύ προσεκτικά. Τα θερμοκήπια έχουν διάφορους τύπους ανάλογα με το υλικό κάλυψης, το είδος του σκελετού καθώς και την δομή που είναι κατασκευασμένα, αναλυτικότερα θα εξεταστούν στα επόμενα κεφάλαια.

Στις μέρες μας με τους αυτοματισμούς και τα συστήματα ελέγχου που υπάρχουν οι συνθήκες καθορίζονται από το κινητό χωρίς να υπάρχει ανθρώπινη παρουσία. Κάποια αρκετά σύγχρονα θερμοκήπια εκτός από τις συνθήκες του περιβάλλοντος που ρυθμίζουν μπορούν να καθορίσουν ακόμα και τα συστατικά στοιχεία που υπάρχουν στο ριζικό τους σύστημα αυτή η μέθοδος ονομάζεται υδροπονία απαιτεί μεγάλο κόστος εγκατάστασης όπως και μεγάλης τεχνογνωσίας καθώς ένα μικρό λάθος μπορεί να καταστρέψει ολόκληρη την παραγωγή. Τέτοια θερμοκήπια στην Ελλάδα δεν είναι πολύ διαδεδομένα καθώς υστερούμε σε τεχνογνωσία. Στην Ελλάδα η συντριπτική πλειοψηφία των θερμοκηπίων είναι με κάποιου είδους πλαστικού καλύμματος για πολλούς λόγους όπως είναι ο οικονομικός και επίσης ενεργειακός καθώς τα περισσότερα θερμοκήπια που είναι κατασκευασμένα στην Ελλάδα είναι σε περιοχές όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και οι ανάγκες σε θέρμανση λιγοστές. Στην Ευρώπη οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή προϊόντων είναι κυρίως οι μεσογειακές χώρες με εξαίρεση την Ολλανδία η οποία έχει εξελίξει την γεωργία και το μεγαλύτερο ποσοστό από τα θερμοκήπια της είναι υαλόφρακτα και με θέρμανση λόγω του κλίματος που επικρατεί όμως έχουν καταφέρει να έχουν εξαιρετικά μεγάλη στρεμματική απόδοση και τα επιπλέον κόστη της κατασκευής του θερμοκηπίου και των μονάδων θέρμανσης εξισορροπούνται με την πολύ μεγάλη παραγωγή.

Στην Ευρώπη υπάρχουν 120.000 εκτάρια καλυπτόμενα με θερμοκήπια καλύπτοντας έτσι περίπου το 48% της παγκόσμιας έκτασης πλην της Κίνας καθώς οι πληροφορίες που έχουμε γι' αυτήν είναι ασαφείς. η χώρα με το μεγαλύτερο ποσοστό θερμοκηπίων στον κόσμο είναι η Ισπανία με 55.000 εκτάρια ακολουθεί η Ιαπωνία με 45.000 εκτάρια από τα οποία τα 2500 εκτάρια είναι υαλόφρακτα, στην Ευρώπη τα υαλόφρακτα αντιστοιχούν στο 62% της παγκόσμιας κάλυψης με 30000 εκτάρια με την Ολλανδία να καταλαμβάνει την πρώτη θέση με ποσοστό 33% όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω και ακολουθεί η Ιταλία με 17%. Στα θερμοκήπια με υλικό κάλυψης το πλαστικό την πρώτη θέση καταλαμβάνει η Ισπανία με ποσοστό 59% και ακολουθεί η Ιταλία με 26% με την Ελλάδα να καταλαμβάνει το 4,5% (Μαυρογιαννόπουλος Γ.,2005)

Τα παραπάνω ποσοστά εξηγούνται από το μεσογειακό κλίμα που επικρατεί σε αυτές τις χώρες και συνεπώς τις λιγοστές ανάγκες σε θέρμανση που απαιτούνται για την παραγωγή των προϊόντων.

### 1.3 Η πορεία των θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Στην χώρα μας οι πρώτες εγκαταστάσεις θερμοκηπίων με την σύγχρονη μορφή ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια για την παραγωγή καλλωπιστικών φυτών. Η μεγάλη εξάπλωση τους έγινε μετά το 1960 με την χρήση του πολυαιθυλενίου ως υλικό κάλυψης κάνοντας τα πιο οικονομικά και μειώνοντας τις απαιτήσεις σε σκελετό μπόρεσαν να γίνουν οικονομικά βιώσιμα παράγοντας σημαντικές ποσότητες κηπευτικών προϊόντων(Μεϊντάνη Χρήστος,2010<sup>2</sup>). Στην Ελλάδα παρόλο που οι

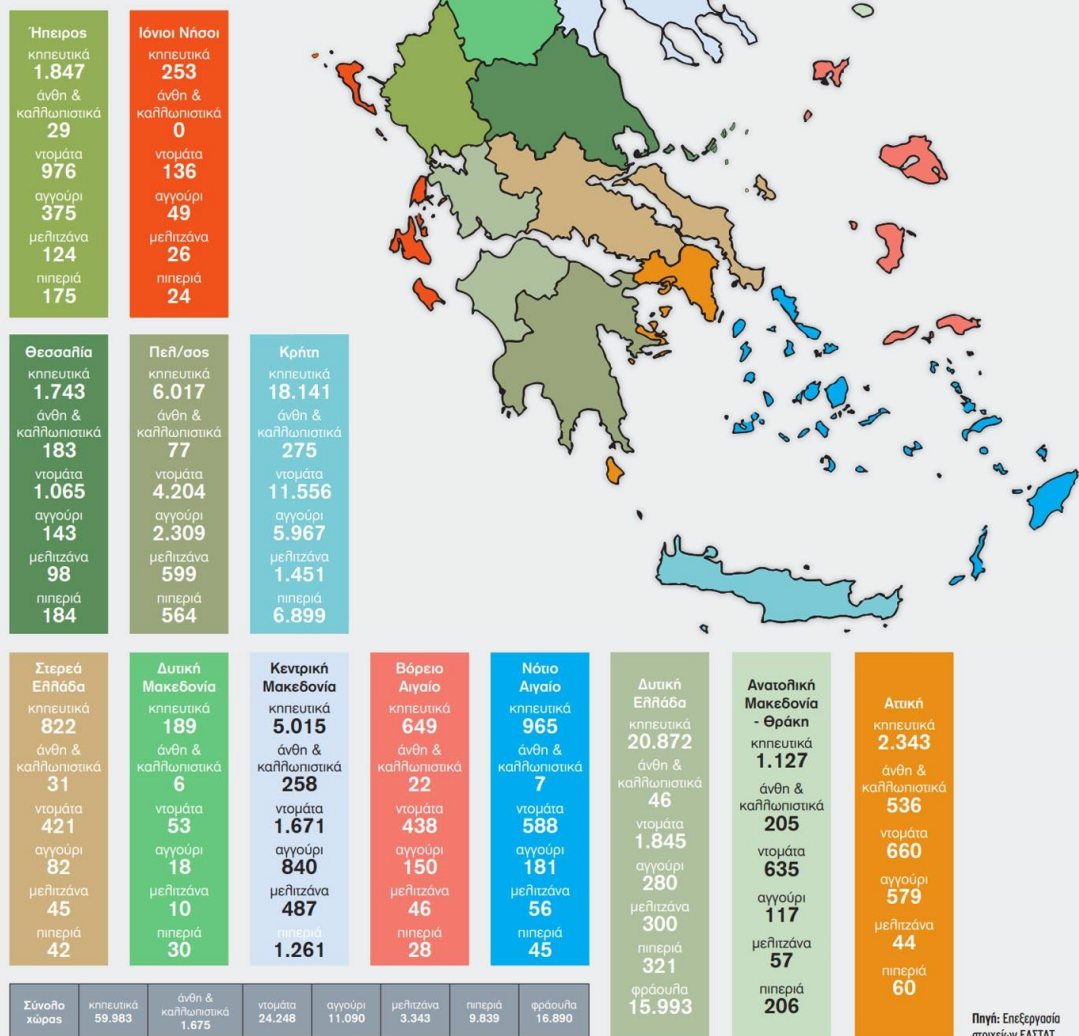
συνθήκες ευνοούν τα θερμοκήπια προϊόντα δεν έχουν αναπτυχθεί όσο θα έπρεπε για πολλούς διαφορετικούς λόγους. Το 30% των θερμοκηπίων που υπάρχουν στην Ελλάδα βρίσκονται στην Κρήτη ακολουθούν οι περιοχές της δυτικής Ελλάδας και Πελοποννήσου με ποσοστό περίπου 25% και 15% αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένες περιοχές συγκεντρώνουν υψηλή συγκέντρωση θερμοκηπίων λόγω των συνθηκών που επικρατούν οι οποίες είναι ευνοϊκές για τέτοιου είδους καλλιέργειες.

Στην χώρα μας συνολικά καλλιεργούνται 60.000 στρέμματα θερμοκηπίων σε σύνολο 600.000 στρεμμάτων όπου είναι φυτεμένα με λαχανικά μόλις δηλαδή το 10% είναι τα θερμοκήπια συνεπώς μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι τα περιθώρια αυξήσεις των εκτάσεων με θερμοκήπια είναι εξαιρετικά μεγάλα για πολλούς λόγους η ζήτηση της αγοράς δεν καλύπτεται από την εγχώρια παραγωγή και κάνουμε εισαγωγές προϊόντων τα οποία θα μπορούσαν να παραχθούν στην Ελλάδα και επίσης το κλίμα είναι άλλος ένας σημαντικός παράγοντας ίσως και ο κυριότερος ο οποίος μπορεί να δώσει μεγάλη ανάπτυξη στον πρωτογενή τομέα και να γίνουν επενδύσεις ώστε να βοηθήσει την οικονομία γενικότερα.

Θερμοκήπια για ανθοκομικές καλλιέργειες στην Ελλάδα δεν είναι αναπτυγμένα οι περιοχές οι οποίες συγκεντρώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά είναι η περιφερική ενότητα της Αθήνας και έπεται η Κρήτη και η κεντρική Μακεδονία. Ένας λόγος ο οποίος δεν είναι αναπτυγμένες τέτοιου είδους καλλιέργειες είναι η έλλειψη τεχνογνωσίας και εξοπλισμού καθώς απαιτούνται πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες με συστήματα ψύξης θέρμανσης και εξαερισμού τα οποία ανεβάζουν κατακόρυφα το κόστος κατασκευής. Στην παρακάτω εικόνα η οποία αναφέρεται στην περιφερειακή κατανομή των θερμοκηπίων φαίνεται αναλυτικά ποια είναι η εικόνα των θερμοκηπίων στην Ελλάδα σήμερα και δείχνει τις πιο σημαντικές καλλιέργειες ανά περιφέρεια.

# Περιφερειακή κατανομή θερμοκηπίων το 2018

Στα 59.983 στρέμματα ανήλθαν οι εκτάσεις θερμοκηπίων με κηπευτικά το 2018, με την ντομάτα να αποτελεί το κύριο παραγόμενο προϊόν (24.248 στρέμματα). Αντίθετα, τα θερμοκήπια με άνθη και καλλωπιστικά φυτά ανήλθαν σε 1.675 στρέμματα, ενώ οι φράουλες (εντός ή εκτός κάλυψης) σε 16.890 στρέμματα.

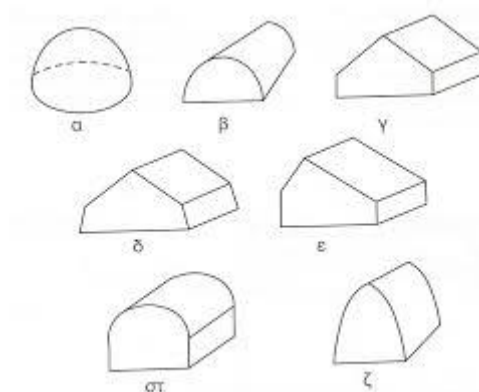


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΚΑΙ Ο ΣΚΕΛΕΤΟΣ

Υπάρχουν γενικά πολλοί τύποι θερμοκηπίων ανάλογα της ανάγκης της παραγωγής, των συνθηκών που επικρατούν του κόστους, του εδάφους και μερικών άλλων το ίδιο ισχύει και για τον σκελετό του και το υλικό από το οποίο αποτελείται. Έτσι η σχεδίαση του θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή καθώς τα φορτία σε μερικές περιπτώσεις είναι εξαιρετικά μεγάλα και μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα σε ολόκληρή την κατασκευή. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει στον υπολογισμό των φορτίων θα πρέπει να υπολογισθεί το μέγιστο της παραγωγής που μπορεί να παραχθεί σε μια χρονική περίοδο ακόμα θα πρέπει να ληφθεί



υπόψιν και ο ίδιος ο σκελετός στα φορτία. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται ορισμένοι τύποι θερμοκηπίου.



*Εικόνα 2.1. Διάφορα ήδη θερμοκηπίων*

Για την κατασκευή του θερμοκηπίου θα πρέπει να ικανοποιούνται κάποιοι παράγοντες όπως είναι:

- Ο σωστός εξαερισμός οποίος θα μειώνει την υγρασία εντός του θερμοκηπίου και θα συμβάλει στην ψύξη του κατά τους θερινούς μήνες.
- Η μεγάλη διάρκεια ζωής του αν το κόστος του είναι υψηλό αυτό εξαρτάται από τα υλικά κάλυψης και τα υλικά σκελετού.
- Η ευκολία με την οποία μπορούν να γίνονται οι απαιτούμενες εργασίες (πχ, πολύ στενό ή κοντό).
- Η ευκολία που μπορεί να υπάρξει στην αλλαγή της καλλιέργειας έτσι ώστε να αυξάνονται οι ευκαιρίες για τον ιδιοκτήτη ειδικά στις περιπτώσεις που η επένδυση έχει διάρκεια ζωής αρκετά μεγάλη που είναι δύσκολο να προβλέψεις τις καταστάσεις που θα επικρατούν σε 15 ή 20 χρόνια.

Στην Ελλάδα λόγω του ότι οι συνθήκες το επιτρέπουν πολλά θερμοκήπια φτιάχνονται από τους ίδιους τους παραγωγούς ξύλινα είτε με σιδερένιους στύλους που χρησιμοποιούνται σε άλλες καλλιέργειες όπως είναι τα αμπέλια και συγκεκριμένα τα σκεπαστά, αυτού του είδους τα θερμοκήπια καλούνται χωρικά. Το μεγάλο πλεονέκτημα τους είναι ότι το κόστος είναι αρκετά μικρό και η διάρκεια ζωής έτσι δεν δεσμεύει τον παραγωγό για μακροχρόνια επένδυση όμως σε τέτοιου τύπου κατασκευές το σύνηθες πρόβλημα που αντιμετωπίζουν είναι της στεγανότητας και της δυσκολίας των εργασιών που απαιτούνται για την καλλιέργεια λόγω μικρής και κακής κατασκευής.

Όμως για πιο επαγγελματική χρήση και για τον έλεγχο των συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό του θα πρέπει την κατασκευή να την αναλάβει εταιρεία σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα που έχουν τεθεί από την ευρωπαϊκή EN 13031-1. Αυτό το Ευρωπαϊκό Πρότυπο καθορίζει τις απαιτήσεις για τη μηχανική αντίσταση και σταθερότητα, τη δυνατότητα συντήρησης και την ανθεκτικότητα για το σχεδιασμό και την κατασκευή εμπορικών δομών θερμοκηπίου παραγωγής ανεξάρτητα από υλικό, συμπεριλαμβανομένων

των θεμελίων τους, για την επαγγελματική παραγωγή φυτών και καλλιεργειών. Έτσι υπάρχουν συγκεκριμένοι τύποι θερμοκηπίων ανάλογα την κατασκευή τους.

## 2.1 Τοξωτό θερμοκήπιο

Καλείται τοξωτό διότι η μια πλευρά του έχει την μορφή ενός τόξου. Αυτού του είδους τα θερμοκήπια είναι χαμηλού ύψους και μικρής εκτάσεως το πλεονέκτημα του είναι ότι κατασκευάζεται σχετικά εύκολα και χαμηλό κόστος επίσης ενδείκνυται σε περιοχές με πολύ υψηλή ταχύτητα ανέμου καθώς έχει χαμηλό ύψος και δεν έχει μεγάλη αντίσταση του αέρα. Όμως τα συγκεκριμένα έχουν πρόβλημα στον εξαερισμό και δυσκολία στις εργασίες στα πλαϊνά μέρη καθώς το ύψος είναι εξαιρετικά μικρό και επίσης είναι σε σχετικά μικρό μήκος(Δολάπτης Κωνσταντίνος,2014<sup>3</sup>).

Γι' αυτό υπάρχουν διάφορες τροποποιήσεις στην κατασκευή του ώστε να αντιμετωπισθούν κάποια προβλήματα, έτσι έχουμε το τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό που σχηματίζεται από την κατά μήκος επανάληψη της πλευράς του και με ανυψωμένες της κάθετης πλευράς του. Το συγκεκριμένο θερμοκήπιο έχει μεγαλύτερο όγκο διευκολύνοντας τις εργασίες ,ρυθμίζοντας καλύτερα της συνθήκες που επικρατούν και συμβάλλοντας στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών και συνεπώς στην αύξηση της παραγωγής.



*Εικόνα 2.2. Απλό τοξωτό θερμοκήπιο*

## 2.2 Αμφίρρικτο

Αμφίρρικτο ονομάζεται το θερμοκήπιο που στην κορυφή του έχει το σχήμα τριγώνου. Τα αμφίρρικτα έχουν ύψος χαμηλής πλευράς περίπου 2.6m , γωνιά των πλευρών 30 μοιρών και πλάτος συνήθως 5m. Μπορεί να κατασκευαστεί και κατεπάνωλη της μιας πλευράς όπου ονομάζεται πολλαπλό αμφίρρικτο. Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου τύπου είναι ότι οι εργασίες γίνονται εύκολα αερισμός στην οροφή ή ο πλευρικός είναι καλός , δεν εμποδίζει στην ανάπτυξη των φυτών λόγω μικρού ύψους. Ακόμα σε αυτού του τύπου την κατασκευή μπορεί να καλυφθεί είτε με πλαστικό είτε με γυαλί.

Στην συγκεκριμένη κατηγορία θερμοκηπίου μπορούν να γίνουν πολλές τροποποιήσεις όπως είναι το ύψος του , η γωνιά και το υλικό κάλυψης. Μερικά θερμοκήπια έχουν διπλή οροφή έχει μικρότερο όγκο ενώ άλλα είναι με μόνη οροφή (Εξάρχου Ε.<sup>4</sup>)



*Εικόνα 2.3. Αριστερά είναι ένα πολλαπλό αμφίρρικτο δεξιά απλό αμφίρρικτο.*

### 2.3 Θερμοκήπια υψηλής ή χαμηλής οροφής

Τα θερμοκήπια υψηλής οροφής (wide span) κατασκευάζονται από δυο κεκλιμένες επιφάνειες στην οροφή του, η διαφορά του από ένα χαμηλής οροφής (Venlo) είναι για το ίδιο ύψος πλευράς το πρώτο έχει μεγαλύτερο ύψος αρά και όγκο. Το πλεονέκτημα του είναι ότι δεν υπάρχουν έντονες μεταβολές στην θερμοκρασία και την υγρασία του ενώ αντίστοιχα για το τον τύπο θερμοκηπίου χαμηλής οροφής τα κύρια πλεονεκτήματα είναι ότι δεν έχεις πολλές απώλειες θερμότητας και επίσης το κόστος του είναι χαμηλό τα μειονεκτήματα του που είναι μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας μπορούν να εξαλειφθούν κάνοντας τα πιο ψηλά είτε μειώνοντας την γωνιά αναμεσα στην κεκλιμένη επιφάνεια και την κάθετη πλευρά είτε αυξάνοντας το ύψος της κάθετης πλευράς του (Μαυρογιαννόπουλος Γ, 2005<sup>5</sup>). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι δυο τύποι οροφής.



*Εικόνα 2.4. Αριστερά παρουσιάζεται θερμοκήπιο υψηλής οροφής ενώ αντίστοιχα στα δεξιά ένα θερμοκήπιο χαμηλής οροφής*

### 2.4 Θερμοκήπια μικρού-μεγάλου μήκους

Μικρού μήκους θερμοκήπια καλούνται αυτά που το μήκος της πρόσοψης του δεν ξεπερνάει τα 5 μέτρα, τέτοια μήκη προτιμώνται για μικρές θερμοκηπιακές μονάδες γιατί είναι πιο φθηνά και έχουν καλύτερο παθητικό εξαερισμό από τα μεγάλου μήκους όμως έχουν μειωμένη φωτεινότητα σε σχέση με τα μεγάλου μήκους. Αντίθετα μεγάλα μήκη επιλέγονται για μεγαλύτερες μονάδες, για διευκόλυνση της εργασίας όπως και για την εκμηχάνιση της καλλιέργειας

## 2.5 Θερμοκήπια με βάση τα υλικά κατασκευής

### 1) Ξύλινα θερμοκήπια

Οι ξύλινοι σκελετοί χρησιμοποιούνται συνήθως για μικρό πλάτος συνήθως κάτω από 6μ , κατασκευάζονται ευκολά και το κόστος τους είναι χαμηλό. Όμως έχουν αρκετά αρνητικά καθώς η διάρκεια ζωής τους είναι περιορισμένη , τα παράθυρα για τον εξαερισμό κατασκευάζονται δύσκολα, έχουν πρόβλημα στεγανότητας λόγω της πιθανής στρεβλώσεις του σκελετού και επίσης έχουν μειωμένη φωτεινότητα.

### 2) Μεταλλικά θερμοκήπια από γαλβανισμένο χάλυβα

Τα συγκεκριμένα θερμοκήπια είναι για πιο στιβαρή κατασκευή με χρόνο ζωής που ξεπερνάει τα 15 χρόνια. Είναι πιο εύκολη η τοποθέτηση παθητικού εξαερισμού και η αυτοματοποίηση του και ενδείκνυται για θερμοκήπια που έχουν σαν υλικό κάλυψης το γυαλί. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να μεταφερθεί σε άλλο χωράφι ευκολότερα και επίσης είναι πιο φωτεινό από το ξύλο λόγω της ανακλαστικής του επιφάνειας

### 3) Θερμοκήπια από αλουμίνιο

Αυτού του είδους ο σκελετός είναι ελαφρύτερος έχουν καλή αντίσταση στην διάβρωση ευνοούν επίσης την φωτεινότητα του χώρου και την αυτοματοποίηση του εξαερισμού. Όμως το κόστος τους είναι εξαιρετικά μεγάλο γι' αυτό η επιλογή του σαν υλικό σκελετού δεν προτιμάται όσο τα υπόλοιπα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

### 3.1 Γενικά

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που εισέρχεται εντός του θερμοκηπίου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες του υλικού κάλυψης του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σωστή ή όχι ανάπτυξη των φυτών γι' αυτό και η επιλογή του κατάλληλου υλικού πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή. Τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει το υλικό κάλυψης για την σωστή ανάπτυξη του φυτού είναι να επιτρέπει να διέλθει μέσα στο θερμοκήπιο όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα φωτός και να ευνοεί την διάχυση και την ομοιογένεια του φωτισμού στο εσωτερικό.

Όλα τα μήκη κύματος του φωτός δεν ανακλώνται, απορροφούνται ή διέρχονται διαμέσου του υλικού με τον ίδιο τρόπο. Το γεγονός αυτό επιδρά στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται μέσα στο θερμοκήπιο. Γενικά θα πρέπει όλα τα μήκη κύματος που είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών να εισέρχονται εντός του θερμοκηπίου. Η διέλευση του φωτός μέσω ενός υλικού επιτυγχάνεται με δυο τρόπους είτε απευθείας είτε με την διάχυση. Όταν το φως διέρχεται απευθείας δεν αλλάζει καθόλου διεύθυνση, ενώ όταν

υπάρχει η διάχυση του φωτός κατά την διέλευση του, ο φωτισμός είναι πιο ομοιόμορφος έτσι δεν παρατηρείται έντονη σκίαση από αντικείμενα του σκελετού.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των υλικών κάλυψης είναι η περατότητα στην μεγάλου μήκους ακτινοβολία. Αυτή η ακτινοβολία εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν συνήθεις θερμοκρασίες. Τα διαφανή υλικά κάλυψης που δεν είναι περατά στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία δημιουργούν την λεγόμενη ιδιότητα του θερμοκηπίου, δηλαδή επιτρέπουν την ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος να εισέρθει στο εσωτερικό του κατά την διάρκεια της ημέρας και δεν αφήνουν να εξέλθει η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος που εκπέμπουν το έδαφος, τα φυτά ή ο σκελετός. Αυτό το φαινόμενο παγιδεύει θερμότητα που συνεπάγεται με 30% της αύξησης της θερμοκρασίας σε ένα θερμοκήπιο.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό για την επιλογή του κατάλληλου υλικού είναι η διάρκεια ζωής του, αυτό μπορεί να είναι από εάν χρόνο για ένα απλό φύλλο πολυαιθυλενίου μέχρι και 25 χρόνια που είναι η διάρκεια ωφέλιμης χρήσης για το γυαλί. Οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν στην διάρκεια ζωής του καλύμματος είναι η αντοχή που δείχνουν στην υπεριώδη ακτινοβολία κυρίως τα πλαστικά και στο μικρόκλίμα της περιοχής (άνεμος, χιόνι χαλάζι κ.α.). Η υπεριώδης ακτινοβολία δημιουργεί χημικές αντιδράσεις στο εσωτερικό του καλύμματος με αποτέλεσμα την μειωμένη περατότητα στο φως την μείωση της μηχανικής του αντοχής και τέλος στην καταστροφή του.

Γενικά για την επιλογή του κατάλληλου υλικού για το κάλυμμα του θερμοκηπίου λαμβάνονται υπόψη οι έξις παράγοντες:

- Περατότητα στο φως
- Μηχανικές αντοχές
- Συνολική θερμοπερατότητα
- Περατότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία
- Διάρκεια στο χρόνο
- Κόστος κατασκευής
- Διάχυση του φωτός
- Μέγεθος του υλικού (έχει να κάνει με την στεγανότητα του θερμοκηπίου)
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες

### 3.2 Γυαλί

Υπάρχουν πολλά είδη και μήκη για το γυαλί όμως σε ένα θερμοκήπιο χρησιμοποιείται συνήθως λεπτά κομμάτια υαλοπίνακα κάπου στα 4mm αυτό έχει να κάνει με το κόστος πρώτα απ' όλα το κόστος του ιδίου του γυαλιού και δεύτερον της κατασκευής όσο πιο χοντρό είναι το γυαλί τόσο πιο στιβαρή θα πρέπει να είναι η κατασκευή του σκελετού αρά και πιο ακριβό. Το γυαλί χρησιμοποιείται στα θερμοκήπια κυρίως λόγω της αντοχής του, της υψηλής του περατότητας στο φως, της εξαιρετικά μεγάλης διάρκειας ζωής του και επίσης δεν χάνει τις ιδιότητες του με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον το γυαλί δεν απορρόφα η εκπέμπει μικρού μήκους ακτινοβολία αντίθετα η ενέργεια περνά μέσα από τα μόρια σαν να

μην υπάρχουν. Ο βαθμός που ένα μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας περνά απορροφάτε ή ανακλάται σε ένα υαλοπίνακα εξαρτάται από το πάχος του τον δείκτη διάθλασης την χημική του σύνθεση και του υλικού επικάλυψης του.

Αναλυτικότερα το γυαλί σαν υλικό επικάλυψης είναι αδιαπέραστο σε υδρατμούς και αέρια όμως συχνά οι ιδιοκτήτες αντιμετωπίζουν πρόβλημα στεγανότητάς αυτό ωφελείται στην κακή επαφή που πολλές φορές υπάρχει αναμεσα στον σκελετό με τα σημεία στήριξης του υαλοπίνακα ή ακόμα και από την θραύση του γυαλιού λόγω παραμόρφωσης του σκελετού ή από χαλάζι. Γι' αυτό το λόγο τα θερμοκήπια με υαλοπίνακες ενδείκνυται για εδάφη σταθερά τα οποία δεν θα προκαλέσουν καμία κλίση ή παραμόρφωση του σκελετού(Αρέστης Π., Καράλη Ζ,2016<sup>6</sup>). Μια άλλη παράμετρος που θα πρέπει να εξεταστεί είναι εκείνη της κατασκευής δηλαδή αν η επιλογή της κάλυψης είναι το γυαλί αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί να υπάρξει αλλαγή στο υλικό κάλυψης γιατί το θερμοκήπιο είναι σχεδιασμένο να φιλοξενεί γυάλινα πλαίσια.

Μερικά από τα είδη υαλοπίνακά είναι τα εξής:

- Υαλοπίνακάς με φολιδωτή την εσωτερική επιφάνεια για την καλύτερη διάχυση του φωτός.
- Ο ενισχυμένος υαλοπίνακας που δημιουργείται μετρά από ειδική θερμική επεξεργασία ενδείκνυται για υαλοπίνακες μεγαλύτερων διαστάσεων
- Υαλοπίνακας με επικάλυψη εξωτερικής επιφάνειας για την μειώσει της ανακλώμενης επιφάνειας.
- Διπλός υαλοπίνακάς με κενό χώρο μεταξύ των δυο επιφανειών μειώνοντάς τον συντελεστεί θερμοπερατοτητας
- Ο υαλοπίνακας με μικρή περιεκτικότητα σε σίδηρο(περίπου 37%) θεωρείται ως ο καταλληλότερος για την κάλυψη θερμοκηπίου επειδή επιτρέπει μόνο το 37% της υπεριώδους ακτινοβολίας (UVb) και σε συνδυασμό με την πολύ υψηλή περατότητα στην ενεργό φωτοσυνθετικά ακτινοβολία 97% κάνει τον συγκεκριμένο τύπο ιδανικό για τους χειμερινούς μήνες
- Υαλοπίνακες με μεταβλητή περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, στους συγκεκριμένους τύπους ο ιδιοκτήτης καθορίζει τόσο την απορροφούμενη ακτινοβολία όσο και την περατότητα τους. Το κόστος τους είναι εξαιρετικά υψηλό και δεν χρησιμοποιείται για τόσο μεγάλες επιφάνειες.

### 3.3 Πλαστικά

Γενικά τα πλαστικά υλικά είναι συνθετικά πολυμερή υλικά τα οποία δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα και ταξινομούνται κυρίως σε 3 μεγάλες κατηγορίες.

1. Θερμοπλαστικά υλικά τα οποία χάνουν το σχήμα τους όταν ζεσταθούν αλλά όταν κρυώσουν διατηρούν τις ιδιότητες τους (PVC,PC,PMAA κ.α.).
2. Θερμοσκληρά υλικά, δεν μεταβάλουν το σχήμα τους ούτε μαλακώνουν με την θερμοκρασία(ενισχυμένος πολυεστέρας, βακελίτης).
3. Ελαστομερή, τα οποία έχουν μεγάλη ελαστικότητα σε συνήθης θερμοκρασίες.



Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την βιομηχανική παρασκευή των πλαστικών μπορεί να χωριστούν σε τρεις κυρίες κατηγορίες:

- i. Προϊόντα ζωικής και φυτικής προέλευσης (ίνες βάμβακος και πουλά ξύλου).
- ii. Υποπροϊόντα του γαιάνθρακα που αποκτώνται κατά την απόσταξη του για την παραγωγή αέριοι(νάιλον, πολυεστέρων κ.α.).
- iii. Υποπροϊόντα του πετρελαίου(πολυαιθυλένιο,PVC,PMMAκ.α.).(Μαυρογιαννόπουλος 2005)

### 3.3.1 Εύκαμπτα φύλλα πλαστικού

Το πιο συνηθισμένα είναι το φύλλο πολυαιθυλενίου(PE), το φύλλο EVA, το φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), το φύλλο πολυβινυλοφθοριδίου (PVF) το φύλλο πολυεστέρα και το ETFE. Στην Ελλάδα αυτό που έχει την μεγαλύτερη απήχηση την έχει το φύλλο πολυαιθυλενίου. Τα πλεονεκτήματα των ευκάμπτων φύλλων σαν υλικά κάλυψης σε ένα θερμοκήπιο είναι το μικρό βάρος και η σχετικά μικρή τους τιμή πλην ένα δυο εξαιρέσεων. Ακόμα τα λεπτά φύλλα είναι εύκαμπτα με αποτέλεσμα την εύκολη προσαρμογής του σε διαφορά σχήματα του θερμοκήπιο (τοξωτά, πολλαπλά τοξωτά, κ.α.).

Τα συγκεκριμένα φύλλα έχουν μικρό αρχικό κόστος λόγω της χαμηλής τιμής του αλλά και της μικρής απαίτησης σε στιβαρό σκελετό που ανεβάζει κατά πολύ το κόστος όμως το μειονέκτημα τους είναι η μικρή διάρκεια ζωής του, αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει ανά μερικά χρόνια να γίνεται η αντικατάσταση του. Γι' αυτό το λόγο η εγκατάσταση κάθε φορά πρέπει να γίνεται με προσοχή και με κάποιες προϋποθέσεις όπως η χρησιμοποίηση clips για την στήριξη των πλαστικών φύλλων στο σκελετό, το πλαστικό θα πρέπει να είναι καλά τεντωμένο, να μην γίνεται άμεση επαφή με οξείες γωνίες του σκελετού, το πλάτος του φύλλου θα πρέπει να είναι μεγάλο για καλύτερη στεγανότητα του θερμοκηπίου.

### 3.3.2 Πολυαιθυλένιο (PE)

Το πολυαιθυλένιο παράγεται από το αέριο αιθυλένιο μετά από πολυμερισμό ,αυτά που είναι χαμηλής πυκνότητας φύλλο πολυαιθυλενίου ,χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες περισσότερο . Ο κυριότερος λόγος είναι ότι θεωρείται το πιο φτηνό υλικό βέβαια έχει και την μικρότερη διάρκεια ζωής, η οποία εξαρτάται από το πάχος του φύλλου και από πρόσθετο υλικό το οποίο είναι ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Στο εμπόριο συνήθως υπάρχει σε φύλλα πάχους από 0.02 έως 0.2mm και σε πλάτος μέχρι και 11 μέτρα ενώ το μήκος του μπορεί να είναι εκατοντάδες μέτρα. Μερικά χαρακτηριστικά του φύλλου πολυαιθυλενίου είναι τα εξής:

- Είναι σχετικά περατό στα αέρια ιδιαίτερα CO<sub>2</sub> και στο O<sub>2</sub> ενώ είναι αδιαπέραστο στο νερό και υδρατμούς.
- Έχει καλή μηχανική συνάρτηση του πάχους του.
- Έχει καλή περατότητα στο φως ένα φύλλο πάχους 0.15μm αφήνει να διέλθει το 87% του ορατού φως .
- Ένα μεγάλο μειονέκτημα είναι η υδρόφοβη επιφάνεια του με αποτέλεσμα όταν μαζεύονται υδρατμοί σε σταγόνες πάνω στην επιφάνεια του με την παραμικρή δόνηση πέφτουν πάνω στα φύλλα δημιουργώντας ασθένειες στα φυτά(Τσεκούρας Α.,2017).

### 3.3.3 Φύλλο EVA

Τα κυρία χαρακτηριστικά του φύλλου είναι :

- η υψηλή ευκαμψία του
- η αντοχή.
- Η μεγάλη περατότητα στο φως,
- Η ελάχιστη περατότητα στην μεγάλου μήκους ακτινοβολία
- Η μεγάλη αντίσταση σε συνθήκες διαβρώσεις.

Το φύλλο EVA σαν υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου έχει καλύτερες ιδιότητες από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου αλλά είναι και πιο ακριβό περίπου 12-40% , όμως διατηρεί την θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύχτας περισσότερο λόγω της μικρής περατότητας στην μεγάλου μήκους ακτινοβολία.

### 3.3.4 Φύλλο Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Το PVC γενικότερα έχει μια μεγάλη ποικιλία χρήσεως όπως είναι εύκαμπτοι σωλήνες άρδευσης, γάντια, σωλήνες αποχέτευσης, στυλό κ.α. Μια ακόμα χρήση του είναι και σαν υλικό κάλυψης σε θερμοκήπιο.



*Εικόνα 3.1. Θερμοκήπιο από φύλλο PVC*

Μερικές ιδιότητες του είναι οι εξής:

- Έχει πολύ καλή Περαιτότητα στο φως περίπου 85-91%.



- Είναι λιγότερο περατό στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία(12%) από το πολυαιθυλένιο.
- Έχει καλή θερμομόνωση για το θερμοκήπιο
- Είναι αδιαπέραστο στο νερό περισσότερο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο ενώ παρουσιάζει μικρότερη Περαιτότητα στο οξυγόνο και στο διοξείδιο του άνθρακα.
- Παράγεται σε μικρό μήκους φύλλα (έως 2.5μ) με αποτέλεσμα την περισσότερη εργασία στην τοποθέτηση του και μικρότερη στεγανότητά για το θερμοκήπιο
- Απαιτείς το συχνό καθαρισμό του καθώς έλκει σκόνες και βρωμιές με αποτέλεσμα την μείωση της περαιτότητας.
- Το κόστος του είναι περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερο από ότι του PE.

### 3.3.5 Πολυεστερικά φύλλα

Προέρχεται συνήθως από ένα θερμοπλαστικό πολυεστέρα έχει διάρκεια ζωής περίπου 4-7 χρόνια ανάλογα με την θέση που βρίσκεται οριζόντια ή κάθετα, έχει μεγάλη Περαιτότητα στο φως περίπου το 91% εισέρχεται εντός του θερμοκηπίου. Επίσης έχει καλές θερμικές ιδιότητες και μεγάλη μηχανική αντοχή. Όμως το υψηλό του κόστος καθώς και ότι παράγεται σε μικρά μήκη το έχουν κάνει πλέον να μην προτιμάτε από τους ιδιοκτήτες.

## 3.4 Σκληρά πλαστικά

Τα σκληρά πλαστικά είναι συνήθως μεγαλύτερου πάχους από αλλά πλαστικά και λιγότερο εύκαμπτα. Στο εμπόριο υπάρχουν κυρίως μεγάλες επιφάνειες 1.25m\*8m ώστε να είναι ευκολά διαχείρισης, μπορεί να καλύψει θερμοκήπια με πολύ ελαφρύ σκελετό με αποτέλεσμα το πολύ χαμηλό κόστος παραγωγής. Ο μέσος χρόνος ζωής είναι περίπου 10 χρόνια

### 3.4.1 Ακρυλικές επιφάνειες

Η γνωστότερη ακρυλική επιφάνεια είναι το PMMA είναι ένα υλικό διάφανο σαν το γυαλί το όνομα του στο εμπόριο είναι Plexiglas, Perspex, κ.α. Αυτές οι επιφάνειες είναι σκληρές με μεγάλη μηχανική αντοχή επίσης έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην διάβρωση και ιδιά περαιτότητα στο φως με το γυαλί, η οποία μένει αμείωτη για πάνω από 15 χρόνια. Για την κάλυψη του θερμοκηπίου συνήθως χρησιμοποιείται επιφάνεια με διπλό τοίχωμα για καλύτερη θερμομόνωση όμως το υψηλό του κόστος περίπου 4-5 φορές υψηλότερο από ένα υαλοπίνακα καθώς και η μείωση της περαιτότητας του 8-10% το κάνουν να επιλέγετε μόνο για συγκεκριμένα ήδη καλοπιστιών φυτών στην βορειά Ευρώπη.



*Εικόνα 3.2. Θερμοκήπιο από plexiglass*

### 3.4.2 Πολυανθρακικές επιφάνειες

Οι πολυανθρακικές επιφάνειες είναι θερμοπλαστικοί πολυεστέρες οι οποίοι είναι ανθεκτικοί σε χτυπήματα και στην υψηλή θερμοκρασία. Είναι πιο μικρές και εύκαμπτες από τις ακρυλικές επιφάνειες και αντέχουν περισσότερο στο χαλάζι. Έχουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα και επίσης διατηρούν την θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου αρκετά ικανοποιητικά. Το κόστος τους είναι περίπου 2,6-4 φορές περισσότερο από έναν απλό υαλοπίνακα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό στις συγκεκριμένες επιφάνειες είναι ότι κατά την τοποθέτηση σου σε θερμοκήπιο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η μεγάλη μεταβολή στις διαστάσεις του κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μεταβολών της θερμοκρασίας έτσι η στερέωση του γίνεται με την χρήση λαστιχοφλάντζας ή ειδικής μαστίχας οι οποίες επιτρέπουν τις μεταβολές αυτές.



*Εικόνα 3.3 Θερμοκήπιο από πολυανθρακικές επιφάνειες*

### 3.4.3 Ενισχυμένος πολυεστέρας ή fiberglass

Οι ενισχυμένοι πολυεστέρες αποτελούνται από πολλά διαφορετικά είδη με άμεση συνέπεια της ιδιότητες τους ανάλογα την σύσταση τους, έτσι έχουμε είτε υλικά εύθραυστα είτε με υψηλή αντοχή ανάλογα την προσθήκη ινών υάλου, είτε υλικά με σύσταση τέτοια που έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο ενισχυμένος πολυεστέρας με την προσθήκη υλικών που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία χρησιμοποιούνται σαν υλικά κάλυψης σε θερμοκήπιο, συνήθως προστίθενται 20-30% ίνες γυαλιού για μεγαλύτερη αντοχή και καλύτερη διάχυση του φωτός ενώ η προσθήκη 15% ακρυλικού προσδίδει μεγαλύτερη αντοχή στο υλικό.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του είναι μεγάλη ευαισθησία στην διάβρωση κατά την επαφή της εξωτερικής επιφάνειας του με ξένα σώματα όπως σκόνες. Αυτό διαβρώνει την λεία του επιφάνεια με συνέπεια την μείωση της Περρατότητα του στο φως μπορεί να αποφευχθεί όμως με την επικάλυψη της επιφάνειας του με ακρυλική μπογιά κάθε περίπου 3 χρόνια. Ακόμα με την προσθήκη προστατευτικού για της υπεριώδους ακτινοβολίας μπορεί να αυξήσει την διάρκεια ζωής του μέχρι τα 25 χρόνια που όμως η χρήσιμη διάρκεια ζωής του είναι τα μισά περίπου 10-13 χρόνια ανάλογα την ποιότητα του.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει μικρότερες απαιτήσεις σε ψύξη το καλοκαίρι καθώς έχει μικρότερη Περρατότητα στην καθετή ακτινοβολία. Ακόμα ένα χαρακτηριστικό του σαν υλικό κάλυψης είναι η υδροφοβική του επιφάνεια όπως και των περισσότερων υλικών κάλυψης αυτό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην παραγωγή καθώς αυξάνονται οι ασθένειες από τις σταγόνες που πέφτουν στα φυτά κατά την διάρκεια των κραδασμών. Μια λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ο συχνός ψεκασμός της επιφάνειας του με σκοπό να κυλάνε οι σταγόνες στην επιφάνεια του υπάρχουν διαφορά υγρά στην αγορά.



*Εικόνα 3.4 Θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης ενισχυμένο πολυεστέρα*

### 3.4.4 Καινοτόμα υλικά κάλυψης

Εκτός από τα βασικά υλικά κάλυψης υπάρχουν και μερικά αλλά υλικά τα οποία δεν είναι τόσο διαδεδομένα στο ευρύ κοινό κάποια από αυτά έχουν εξαιρετικές ιδιότητες και

χρησιμοποιώντας σε ελάχιστες περιπτώσεις κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η εξοικονόμηση και η παραγωγή ενέργειας.

- 1) *F-Καθαρό φιλμ θερμοκηπίου*: είναι μια ταινία η οποία σαν υλικό επικάλυψης σε θερμοκήπια έχει 93% Περατότητα στο φως και περισσότερη μετάδοση υπεριώδους από τα βασικά υλικά κάλυψης. Η διάρκεια ζωής της ταινίας είναι πάνω από 25 έτη και έχει κάλους συντελεστές ανάκλασης και διάθλασης διευκολύνοντας έτσι την Περατότητα του φως κατά την διάρκεια των περιόδων χαμηλού φωτισμού.
- 2) *Διπλοί τοίχοι Solexx HDPE πάνελ*: αυτά τα πάνελ σχεδιάστηκαν για μεγαλύτερη διάχυση του φωτός εντός του θερμοκηπίου αυξάνοντας έτσι την υγεία των φυτών βελτιώνοντας την ανάπτυξη τους και επιπλέον την επιταχύνει με αποτέλεσμα τα φυτά να είναι έτοιμα για την αγορά έως και 25% νωρίτερα από ότι σε άλλες περιπτώσεις. Έχουν υψηλή θερμομονωτική τιμή με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους για την παραγωγή ενέργειας, έχει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες είναι αρκετά εύκαμπτο με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη αντοχή σε καιρικές συνθήκες και την ευκολότερη τοποθέτηση του και ταιριάζει με όλους τους τύπους των θερμοκηπίων. Τα συγκεκριμένα φύλλα παράγονται συνήθως σε πάχος 5mm και μήκος έως και 100 μέτρων και πλάτος διάφορων διαστάσεων τυλιγμένο σε κύλινδρο διευκολύνοντας έτσι την μεταφορά τους. Ο χρόνος εγγύησης είναι τα 10 χρόνια .
- 3) *Πάνελ από γυαλί Pane power*: η brite solar ανέπτυξε ένα υλικό κάλυψης το οποίο μπορεί να μετατρέψει έως και 20% της ενέργειας που δέχεται σε ηλεκτρική ενέργεια καθιστώντας έτσι το θερμοκήπιο σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια αυτόνομο. Αυτό γίνεται χωρίς να μειώσει πολύ το ποσοστό του φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο (περίπου 80% Περατότητα) επίσης μπορεί να ρυθμίσει το γυαλί να μην μειώνεται καθόλου η Περατότητα κατά τους χειμερινούς μήνες όπου η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη. Το κόστος βέβαια για υλικό με τέτοια τεχνολογία είναι εξαιρετικά μεγάλο περίπου 30 ευρώ/ τετραγωνικό μετρώ περισσότερα από ένα απλό γυαλί που όμως σε 4-5 χρόνια περίπου εξοικονομείς το ποσό από την ενέργεια που παράγεται. Είναι μια συμφέρουσα λύση όταν το θερμοκήπιο δεν έχει πρόσβαση σε ηλεκτρικό δίκτυο και η επέκταση του δίκτυο είναι αρκετά κοστοβόρα.

### 3.5 Προσανατολισμός

Ο προσανατολισμός θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τον σχεδιασμό και είναι ιδιαίτερα σημαντικός επειδή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τα θερμικά φορτία που εισέρχονται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου καθώς επίσης και τον εξαερισμό του και σε ορισμένες περιπτώσεις και την πρωιμότητα ή όχι της παραγωγής. Τις περισσότερες φορές τον προσανατολισμό τον καθορίζει το γεωγραφικό πλάτος και μήκος καθώς και οι επικρατέστεροι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή για παράδειγμα σε περιοχή με υψηλής εντάσεως ανέμους οι μεγάλοι πλευρά του θερμοκηπίου τοποθετείται παράλληλα με την κατεύθυνση του επικρατούντος ανέμου. Αποδεικνύεται ότι σύμφωνα με θεωρητικούς



υπολογισμούς της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας μεγαλύτερα ωφελεί τους κρύους μήνες έχει όταν η μεγάλη πλευρά του θερμοκηπίου έχει κατεύθυνση Α-Δ. Η ομοιογένεια όμως των συνθήκων στο εσωτερικό του δημιουργείται όταν η μεγάλη πλευρά του βρίσκεται στην κατεύθυνση Β-Ν.

Πειράματα που έγιναν στην Γαλλία για τις μεσογειακές χώρες κατέληξαν στα έξι συμπεράσματα:

- Ο προσανατολισμός δεν μεταβάλλει την θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου με την απουσία ανέμου.
- Τα θερμοκήπια με προσανατολισμό σε Β-Ν κατά τους θερινούς μήνες έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες, ενώ αντίθετα σε Α-Δ έχουν τους χειμερινούς μήνες.
- Η κατεύθυνση των ανοιγμάτων έχουν καθοριστικό ρόλο στον εξαερισμό του.
- Θερμοκήπια με κατεύθυνση σε Β-Ν απορροφούν περισσότερη ηλιακή ενέργεια κατά την ανατολή και δύση του ηλίου, όμως αυτά με κατεύθυνση Α-Δ δέχονται περισσότερη ενέργεια το μεσημέρι και ουσιαστικά η ενέργεια είναι ίδια.
- Στις μεσογειακές χώρες ο προσανατολισμός δεν μεταβάλλει την πρωιμότητα της παραγωγής.

Για γεωγραφικά πλάτη κάτω από 40° που βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος της χώρας μας προτιμάται ο Β-Ν που έχει περισσότερη ομοιογένεια και καλύτερη αντοχή στους βορείους και νοτίους ανέμους. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η παράλληλη φύτευση της καλλιέργειας διαφορετικά αν η φύτευση γίνει σε άλλη κατεύθυνση τα φυτά παίρνουν μια κλίση προς την κατεύθυνση του φωτός(Εξάρχου Ε.)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

### 4.1 Γενικά

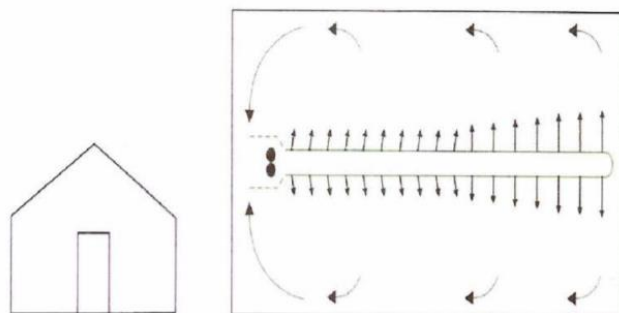
Η βασική ιδέα για την κατασκευή ενός θερμοκηπίου είναι η παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής και το οποίο κόστος απαιτείται για την παραγωγή εκτός εποχής να αντισταθμίζεται με την υψηλότερη παραγωγή και τιμή που έχουν τα προϊόντα του θερμοκηπίου. Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας κυρίως στις νότιες περιοχές η παραγωγή κατά τους χειμερινούς μήνες επιτυγχάνεται ως επιώ το πλείστων χωρίς κάποιο σύστημα θέρμανσης και αυτό συμβαίνει εξαιτίας των μέσων χαμηλών θερμοκρασιών που είναι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περίπου 6°-9° Κελσίους τέτοιες θερμοκρασίες επιτρέπουν την παραγωγή προϊόντων εντός του θερμοκηπίου. Ενώ αν πέσει χαμηλότερα ανάβουν κάποιο σύστημα αν διαθέτουν συνήθως κάποιο αερόθερμο χαμηλής ισχύος για την αποφυγή της καλλιέργειας από τον παγετό ή για να περιορίσει τη συμπύκνωση της υγρασίας πάνω στα φυτά, αυτά τα θερμοκήπια καλούνται ελαφρώς θερμαινόμενα. Σε πολλές όμως περιπτώσεις

οι θερμοκρασίες το χειμώνα πέφτουν χαμηλά για μεγάλα χρονικά διαστήματα με αποτέλεσμα χωρίς την χρήση κάποιου είδους κεντρικού συστήματος θέρμανσης η παραγωγή είναι αδύνατη έχουμε λοιπόν σε αυτή την περίπτωση τα πλήρως θερμαινόμενα θερμοκήπια σε αυτού του είδους τα θερμοκήπια η το κόστος της θέρμανσης αντιστοιχεί μέχρι και με το μισό του κόστους παραγωγής. Στα πλήρως θερμαινόμενα υπάρχει εάν κεντρικό σύστημα θέρμανσης το οποίο ρυθμίζει πλήρως τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του, συνήθως γίνεται μια καύση από την οποία ζεσταίνεται νερό ή ατμός και με την χρήση σωληνώσεων περνά από μέσα ζεστό νερό ή αέρας ζεσταίνεται το περιβάλλον

#### 4.2.1 Αερόθερμα

Ένας τρόπος για να ζεστάνεις το περιβάλλον του θερμοκηπίου με χαμηλό αρχικό κόστος είναι τα αερόθερμα, για μερική θέρμανση χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά αερόθερμα που όμως δεν είναι αποδοτικά και το κόστος λειτουργίας είναι μεγάλο. Σε αντίθετη περίπτωση που η θέρμανση είναι πλήρως και ρυθμιζόμενη χρησιμοποιείται αερόθερμο που περιλαμβάνει ένα λέβητα είτε κλειστού είτε ανοιχτού τύπου, σωληνώσεις για την μεταφορά του αέρα και ανεμιστήρες για την κατανομή του ζεστού αέρα σε όλο το χώρο. Ο λέβητας μπορεί να χρησιμοποιεί για την καύση του αέριο, πετρέλαιο ή κάποιο στερεό υλικό όπως πύρινα ή πέλλετ. Για λέβητες ανοιχτού τύπου ο αέρας που απαιτείται για την καύση προέρχεται από το εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου όπως και τα καυσαέρια που εξέρχονται σε αυτόν με αποτέλεσμα την νύχτα να μειώνεται αισθητά η ποσότητα του οξυγόνου στον αέρα με οποίες αρνητικές συνέπειες έχουν στην καύση και στα ίδια τα φυτά, την ημέρα προφανώς δεν υπάρχει πρόβλημα καθώς το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται από τα φυτά κατά την φωτοσύνθεση. Αντίθετα για κλειστού τύπου λέβητες ο αέρας της καύσης τροφοδοτείται από αεραγωγό και τα καυσαέρια εξάγονται μέσω καμινάδας εξωτερικά του θερμοκηπίου και μάλιστα σχετικά ψηλά για να μην εισέρχονται ξανά στο εσωτερικό του.

Ένα μεγάλο μειονέκτημα είναι ότι όταν σταματήσει να δουλεύει το αερόθερμο η ατμόσφαιρα ψύχεται σχετικά γρηγορά σε αντίθεση με αλλά κεντρικά συστήματα θέρμανσης και η επιπλέον κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την λειτουργία του συστήματος και την μεταφορά του θερμού αέρα που σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει και το 20% της συνολικής κατανάλωσης. Για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα θα πρέπει να υπάρχει επαρκής ανακύκλωση του αέρα μέσα από τον μεταλλάκτη του αερόθερμου τουλάχιστον 7 φορές την ώρα και ο αέρας που εξέρχεται από το σύστημά θα πρέπει να έχει το πολύ 45° C για να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η ταχύτητα του αέρα η οποία κυμαίνεται συνήθως από 5 έως 20 μετρά το δευτερόλεπτο ο οποίος εξέρχεται μέσα από κατάλληλους αεραγωγούς στους οποίους οι οπές καθορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται ένας κύκλος στην ροή του αέρα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα(Ντούλα Ε.Γ.,2010<sup>7</sup>).



*Εικόνα 4.2. Η ροή του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο με την λειτουργία του αερόθερμου*

#### 4.2.2 Αντλίες Θερμότητας

Αντλία θερμότητας ονομάζουμε την μηχανολογική διάταξη που μας επιτρέπει να μεταφέρουμε ενέργεια από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας σε ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας, είναι δηλαδή σχεδιασμένες να μεταφέρουν θερμότητα με φορά αντίθετη από αυτήν της φυσικής ροής. Η λειτουργία της βασίζεται στο ψυκτικό κύκλο που είναι ένας ατέρμων κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης του ψυκτικού ρευστού που περιέχει. Η αντλία αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Τον εξατμιστή, είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που βρίσκεται στο χώρο στον οποίο είναι επιθυμητή η ψύξη ή στο μέσο από το οποίο πρόκειται να αφαιρεθεί θερμότητα. Το ρευστό είναι σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία απορροφά θερμότητα και εξατμίζεται.
- Τον συμπιεστή, είναι μια συσκευή που αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού από την έξοδο του εξατμιστή και αυξάνει την πίεση και την θερμοκρασία τους.
- Τον συμπυκνωτή είναι ένας ανάλλακτης θερμότητας που βρίσκεται στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί ή στο μέσον στο οποίο απορρίπτετε θερμότητα. Μέσα στο συμπυκνωτή οι θερμοί ατμοί του ψυκτικού ρευστού ψύχονται και συμπυκνώνονται αποβάλλοντας θερμότητα.
- Τους αυτοματισμούς που ελέγχουν την σωστή λειτουργία της αντλίας.
- Και την ηλεκτρική αντίσταση που αυξάνει την θερμική απόδοση του συστήματος.

Οι αντλίες θερμότητας επιλέγονται σε θερμοκήπια λόγω του ότι μπορούν να παρέχουν θερμότητα τους κρύους μήνες ενώ αντίθετα τους ζεστούς μήνες μπορούν να απάγουν θερμότητα απ' το εσωτερικό του θερμοκηπίου στο περιβάλλον, για να μπορεί να συμβεί αυτό θα πρέπει να γίνεται εναλλαγή του ατμοποιητή και του συμπυκνωτή αυτή η διαδικασία εναλλαγής ονομάζεται αναστροφή του ψυκτικού κύκλου. Επίσης με τις αντλίες θερμότητες μπορεί να ρυθμίσουν οι παραγωγοί την σχετική υγρασία που επικρατεί μειώνοντας έτσι τις πιθανότητες για ανάπτυξη ασθενειών στα φυτά.

Οι αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από δυο συντελεστές τον COP που είναι για την θέρμανση και τον EER(Energy Efficiency Ratio) που είναι για την ψύξη, αυτοί οι συντελεστές

είναι ο λόγος της ενέργειας που παίρνουμε προς την ενέργεια που καταναλώνουν. Οι αντλίες θερμότητας είναι πολύ αποδοτικές και οι συντελεστές κυμαίνονται συνήθως από 3-5 ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αντλιών ανάλογα με το μέσο από το οποίο αντλείται θερμότητα και στο μέσο όπου αποβάλλεται σε:

- I. Αέρα-Αέρα
- II. Αέρα-Νερού
- III. Νερού-Νερού
- IV. Νερού-Αέρα
- V. Εδάφους-Αέρα
- VI. Εδάφους-Νερού

Οι αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα αντλούν θερμότητα από την ατμόσφαιρα και αποδίδουν θερμό αέρα ενώ οι δεύτερες αέρα-νερού αποδίδουν ζεστό νερό Κ.Ο.Κ.. Αξίζει να αναλύσουμε στις δυο τελευταίες καθώς είναι οι πιο αποδοτικές, οικονομικές και επίσης δεν έχουν καμία εκπομπή καυσαερίων, αυτές αντλούν και αποδίδουν την θερμότητα στο έδαφος για την θέρμανση του χώρου αυτό γίνεται όταν ο ατμοποιητής ο συμπυκνωτής αντίστοιχα είναι τοποθετημένος μέσα στο έδαφος και με την χρήση κατάλληλων γεωεναλλακτών. Το μεγάλο μειονέκτημα σε αυτές τις αντλίες είναι το υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης.

Άλλη κατηγορία στην οποία χωρίζονται οι αντλίες θερμότητας είναι ανάλογα με το είδος που κινούνται οι συμπιεστές οπότε έχουμε:

- Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές
- Συμπιεστές που κινούνται από μηχανές εσωτερικής καύσης
- Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης

Οι ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές είναι ευρέως χρησιμοποιημένοι επειδή οι περισσότερες αντλίες χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες κτηρίων όπου δεν προτιμώνται συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης λόγω της φύσης τους (καυσαέρια, μεταφορά καύσιμης ύλης). Όμως οι αντλίες με μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιώντας σε βιομηχανίες, πλοία κ.α.. Οι τελευταίοι χρησιμοποιούν μια ειδική τεχνολογία όπου λαμβάνει χώρα η αύξηση της πίεσης σε υγρό στην οποία μεταβολή της πίεσης προέρχεται από διαχωρισμό των μέσων και την άντληση των υγρών.

#### 4.2.3 Κεντρική θέρμανση με λέβητα

Στο συγκεκριμένο σύστημα η θερμότητα παράγεται από ένα λέβητα που είναι τοποθετημένος σε ειδικό χώρο εκτός του θερμοκηπίου και συνήθως η καύσιμη ύλη είναι υγραέριο, πετρέλαιο ή βιομάζα. Ο λέβητας θερμαίνει το νερό ή παράγει τον ατμό όπου διοχετεύει σε δίκτυο σωληνώσεων διανομής οι οποίοι έχουν δυο ανεξάρτητους κλάδους ο ένας είναι στο έδαφος όπου είναι τοποθετημένοι σωλήνες παράλληλα στα φυτά και ο δεύτερος καταλήγει στα αερόθερμα. Οι σωληνώσεις διανομής θερμότητας στον χώρο λειτουργούν ως ανάλλακτες θερμότητας νερού-αέρα και ατμού-αέρα είναι συνήθως μεγάλου μήκους και η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με συναγωγή και ακτινοβολία σε



ίσο ποσοστό. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι πιο ολοκληρωμένο και παρέχει καλύτερη θέρμανση από τα αερόθερμα μονά τους καθώς θερμαίνει και το έδαφος και τον αέρα παρέχοντας έτσι μια ομοιόμορφη θέρμανση. Όμως έχει μεγαλύτερη θερμική αδράνεια και υψηλότερο κόστος αγοράς και εγκατάστασης από τα αερόθερμα.

Το κεντρικό σύστημα συνήθως επιλέγεται σε υαλόφρακτα θερμοκήπια μεγάλης έκτασης διότι το κόστος θέρμανσης και συντήρησης είναι μικρότερο από ότι να χρησιμοποιηθούν πολλά αερόθερμα. Δεν ενδείκνυται επίσης σε θερμοκήπια που είναι καλαμώνανε φύλλο πολυαιθυλενίου η χρησιμοποίηση σωληνώσεων περιφερειακά διότι παρουσιάζει πολύ μεγάλες απώλειες θερμότητας . Σε μεγάλης έκτασης θερμοκήπια ο λέβητας λόγω μεγέθους και πιθανής φθοράς, από υγρασίες και σκόνες τοποθετείται σε ειδικό χώρο, το λεβητοστάσιο.

Το λεβητοστάσιο περιλαμβάνει:

- Τον λέβητα όπου επιλέγεται με βάση της θερμικές ανάγκες της μονάδας η καύσιμη ύλη και το είδος του (νερό ή ατμό).
- Τον καυστήρα όπου γίνεται η καύση μαζί με σύστημα προσαγωγής αεργία την καύση και την καμινάδα για την απαγωγή των καυσαερίων στην ατμόσφαιρα.
- Αυτοματισμούς και συστήματα ασφάλειας.
- Τις σωληνώσεις μεταφοράς ενέργειας προς τον λέβητα και από λέβητα στο θερμοκήπιο.

Οι λέβητες περιλαμβάνουν έναν θάλαμο καύσης, τα τοιχώματα όπου μέσω αυτών μεταφέρετε θερμότητα με συναγωγή στο νερό που εμπεριέχετε στο εσωτερικό τους και τον καυστήρα όπου τροφοδοτεί το σύστημα με καύσιμη ύλη. Για την αύξηση της απόδοσης του συστήματος συχνά αυξάνουν τα τοιχώματα που περνούν τα ζεστά καυσαέρια πριν διοχετευτούν στο περιβάλλον μέσω της καμινάδας μέσω διάφορων σχημάτων. Οι λέβητες διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με:

- Το υλικό κατασκευής.
- Το υλικό καύσης(μερικοί τύποι μπορούν να χρησιμοποιήσουν πάνω από ένα υλικό).
- Το μέγεθος τους, όπου μετριέται είτε σε  $m^2$  είτε σε  $kcal/h$ .
- Και με βάση το φορέα της θερμότητας, σε χαμηλής, υψηλής πίεσεως ,νερού και ατμού.

Συνήθως προτιμώνται οι λέβητες φυσικού αερίου ή υγραερίου επειδή έχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα είναι απλή η εγκατάσταση τους σχετικά με τους άλλους. Επίσης δεν έχουν στερεά απόβλητα όπου σε άλλες περιπτώσεις θα απαιτείται ο καθαρισμός τους( βλέπε ξύλο ή πέλλετ) και είναι αρκετά οικονομική επιλογή και αθόρυβη αν το απαιτούν οι συνθήκες. Στις περιοχές όπου δεν υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου χρησιμοποιείται δεξαμενή υγραερίου.

Όσον αφορά το μέσο μεταφοράς της θερμότητας οι λέβητες ατμού είναι πιο αποδοτικοί και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, όμως είναι πιο ακριβή και απαιτούν συντήρηση από

εξειδικευμένο προσωπικό. Τέτοιοι τύποι λέβητα προτιμώνται σε μεγάλες θερμοκηπιακές μονάδες όπου χρησιμοποιείται ο ατμός εκτός από την θέρμανση και για την απολύμανση του εδάφους που είναι αναγκαία. Οι συγκεκριμένοι λέβητες μπορούν να θερμάνουν και με ζεστό νερό αρκεί να υπάρχει ένας μεταλλάκτης όπου θα μεταφέρει την θερμική ενέργεια στο νερό.

Για τις σωληνώσεις και το σύστημα διανομής θερμότητας στο χώρο χρησιμοποιούνται συνήθως μαύροι σιδεροσωλήνες 2 ιντσών μεγάλου μήκους, είναι τουλάχιστον δυο φορές μεγαλύτερο από την περίμετρο του θερμοκηπίου. Σημαντικό ρολό για την σωστή θέρμανση του χώρου είναι τα σημεία τοποθετήσεις των σωληνώσεων.

- Οι σωλήνες τοποθετούνται παράλληλα με τις γραμμές φύτευσης όπου συνήθως έχουν προσανατολισμό βορρά-νότου. Ένα μεγάλο μέρος τους (συνήθως το ένα τρίτο) τοποθετείται περιμετρικά διότι από την περίμετρο του θερμοκηπίου χάνεται πιο γρηγορά η θερμότητα από ότι στο κέντρο με αποτέλεσμα την ανάγκη ανάκτησης της θερμότητας αυτής. Η απόσταση των σωλήνων από τα φυτά δεν θα πρέπει να είναι μικρότερος από 20-30cm ενώ από κάλυμμά θα πρέπει να τηρείται μια απόσταση ασφάλειας τουλάχιστον 30cm.
- Συνήθως οι σωλήνες τοποθετούνται σε σύμπλεγμα ο ένας πάνω από τον άλλον που όμως θα πρέπει να έχουν μια απόσταση μεταξύ τους ώστε να περνάει ο αέρας αναμεσά τους ελευθέρω. Με τον κατώτερο σωλήνα να έχει απόσταση από έδαφος περίπου 20cm.
- Όταν η καλλιέργεια γίνεται σε τραπέζια οι σωλήνες τοποθετούνται κάτω απόλυτα.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις οι σωληνώσεις μπορούν να μετακινηθούν καθ' ύψος αυξάνοντας έτσι το ύψος ανάλογα με την ανάπτυξη των φυτών ρυθμίζοντας με καλύτερο και πιο ακριβή τρόπο την θερμοκρασία του φυτού και εξοικονομώντας σημαντική ενέργεια.
- Σε περιοχές οι οποίες πλήττονται από συχνές χιονοπτώσεις τοποθετούνται σωλήνες στην οροφή του θερμοκηπίου για το λιώσιμο του χιονιού και την αποφυγή μεγάλου φορτίου και την πιθανή κατάρρευση της οροφής.

Για μεγαλύτερη θερμική απόδοση στο σύστημα και όπου το επιτρέπουν οι συνθήκες οι σωλήνες τοποθετούνται σε τσιμεντένιο πάτωμα ύψους περίπου 9-10cm σκυροδέματος ή πορώδες σκυροδέματος. Για ακόμα μεγαλύτερη απόδοση το τσιμέντο πλημμυρίζεται από νερό το οποίο απορροφά ένα μέρος της θερμότητας και αποδίδοντας το στο περιβάλλον με κάποια χρονική καθυστέρηση αυξάνοντας με αυτό το τρόπο και την ποιότητα και το χρόνο της θέρμανσης.

#### 4.2.4 Γεωθερμία

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην θέρμανση των θερμοκηπίων κυρίως όμως σε περιοχές με πρόσφατη ηφαιστειότητα διότι εκεί λόγω της κίνησης διάπυρου υλικού απ' το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια θερμαίνεται το υπέδαφος. Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται σε τοπικούς υδροφόρους σχηματισμούς αυξάνοντας έτσι κατά πολύ την θερμοκρασία του νερού που σε κάποιες περιπτώσεις όταν εγκλωβίζονται σε μη υδροπερατά πετρώματα και λόγω της υψηλής πίεσεως τα νερά φτάνουν μέχρι τους 350°C . Σε άλλες

περιπτώσεις τα νερά αναδύονται μέχρι και την επιφάνεια παίρνοντας διάμεσου θέρμων πετρωμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας τους, το οποία είναι εμπλουτισμένα με άλατα των πετρωμάτων. Αυτά τα νερά δεν χρησιμοποιούνται απευθείας στις σωληνώσεις διότι λόγω της υψηλής αλατότητας, διαβρώνουν τους κοινούς σωλήνες ή με την καθίζηση των αλάτων στους σωλήνες υπάρχει η πιθανότητα να κλείσει τελείως ο σωλήνας. Για να αποφευχθεί αυτή η καταστροφή τοποθετείται ένας μεταλλάκτης ακριβώς στο τμήμα της γεώτρησης και θερμαίνει το καθαρό νερό, το οποίο στην συνέχεια μέσω του τμήματος διανομής κυκλοφορεί στο εσωτερικό του θερμοκηπίου χωρίς να καταστρέφει το σύστημα διανομής. Σε μικρές μονάδες για εξοικονόμηση χρήματων συχνά χρησιμοποιούνται για την διανομή φθινοί πλαστικοί σωλήνες οι οποίοι αντικαθίστανται ανά μερικά χρονιά. Συνήθως προτιμώνται πλαστικοί σωλήνες υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου για χαμηλές θερμοκρασίες ενώ για υψηλές μέχρι 100°C χρησιμοποιούνται σωλήνες fiberglass.

Γενικά το σύστημα αξιοποίησης της γεωθερμίας αποτελείται από 4 μέρη:

- Το τμήμα γεώτρησης.
- Τμήμα μεταφορά του γεωθερμικού ρευστού.
- Το σύστημα διανομής της θερμότητας στον χώρο του θερμοκηπίου.
- Το τμήμα απόρριψης που είναι είτε η απόρριψη στην επιφάνεια του ρευστού που έδωσε την θερμότητα ή επανέγχυση του ρευστού στο γεωθερμικό πεδίο προτιμάται για περιβαλλοντικούς λόγους το δεύτερο.

Για την οικονομική αξιολόγηση της γεωθερμίας ως συμφέρουσα για την θέρμανση του θερμοκηπίου θα πρέπει να ικανοποιούνται μερικές προϋποθέσεις :

- I. Το βάθος της γεώτρησης, δεν θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλο καθώς όσο μεγαλύτερο είναι τόσο αυξάνεται το κόστος . Σε μερικές περιπτώσεις που το βάθος της γεώτρησης είναι πολύ μεγάλο πάνω 2500 μέτρα η επένδυση χαρακτηρίζεται ως αντισυμβατική.
- II. Η απόσταση της γεώτρησης απ' το χώρο που επιθυμείτε να θερμανθεί θα πρέπει να είναι μικρή, όσο πιο μεγάλη τόσο αυξάνεται το κόστος εγκαταστάσεις.
- III. Η παροχή της γεωτρήσεις θα πρέπει να είναι ικανοποιητική, ικανοποιητική χαρακτηρίζεται μια παροχή τουλάχιστον 25m<sup>3</sup>/h.
- IV. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που επηρεάζει την απόδοση του συστήματος είναι η θερμοκρασία του νερού της γεώτρησης που είναι και συνήθως σταθερό. Η θερμοκρασία του νερού χρήσης είναι πάντα μικρότερη από την θερμοκρασία του νερού της γεώτρησης.
- V. Υπάρχουν και άλλοι δευτερεύοντες παράγοντες όπως είναι η επιτρεπόμενη πτώση της θερμοκρασίας, το μέγεθος του πεδίου χρήσης, η διάρκεια παραγωγής της γεωτρήσεις κ.α.

Γενικά είναι μια αρκετά κοστοβόρα επιλογή στις περισσότερες περιπτώσεις και σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι επιλογή αν δεν υπάρχει δηλαδή θερμό πεδίο. Όμως μακροχρόνια και

για μεγαλύτερες μονάδες μπορεί να αποφέρει μεγάλα κέρδη από την εξοικονόμηση που προσφέρει στην παραγωγή θερμότητας. Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται τα γεωθερμικά πεδία ανά την Ελλάδα. (Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2005<sup>8</sup>)



Εικόνα 4.2. Γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα.

#### 4.2.5 Θερμοκουρτίνες

Συχνά στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται παθητικά συστήματα θέρμανσης ή και ψύξης ένα από αυτά είναι η θερμοκουρτίνα, η οποία είναι κατασκευασμένη από υλικό που δεν είναι περατό στη μεγάλη μήκους ακτινοβολία είναι από τους αποτελεσματικότερους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας καθώς χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις και για θέρμανση και για ψύξη. Είναι ουσιαστικά μια κινητή μόνωση όπου σύρεται με ένα μηχανισμό είτε εσωτερικά στην κορυφή του θερμοκηπίου είτε εξωτερικά πάνω απ' το κάλυμμα, μειώνοντας έτσι τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον. Η κουρτίνα την ημέρα μαζεύεται επιτρέποντας το φως και την θερμότητα να εισχωρήσει στο θερμοκήπιο. Μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 50% ενέργεια για αυτό είναι από τα συστήματα που επιλέγονται περισσότερο στα θερμοκήπια. Απαιτείται προσοχή στην τοποθέτηση του ώστε όταν

μαζεύεται να μην μειώνει την φωτεινότητα στο θερμοκήπιο. Κάποιες φορές η θερμοκουρτίνα χρησιμοποιείται και κάθετα στην βορινή πλευρά του θερμοκηπίου σε μικρά θερμοκήπια αυτή η τοποθέτηση μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 10% της ενέργειας για θέρμανση.

Σε κάποιες περιπτώσεις θα πρέπει να επιλέγεται το μη άπλωμα της θερμοκουρτίνας όπως όταν υπάρχει χιονόπτωση ώστε να λιώσουν γρηγορότερα τα χιονιά ή όταν υπάρχει πολύ συννεφιά το βραδύ με λίγο υψηλή σχετικά θερμοκρασία δεν ενδείκνυται καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρή και ο κίνδυνος υψηλής υγρασίας αυξημένος.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που έχουν οι θερμοκουρτίνες είναι το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται τους θερμούς μήνες για την αντίθετη διαδικασία δηλαδή για την εξοικονόμηση ενεργείας σε ανάγκες ψύξης. Κατά τους θερμούς μήνες και κατά την διάρκεια της ημέρας συχνά απλώνονται μειώνοντας έτσι την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία μειώνοντας συνεπώς της ανάγκες για ψύξη η δυναμικό εξαερισμό.

### 4.3 Ψύξη και εξαερισμός

Αντίστοιχα λοιπόν κατά τους θερινούς μήνες στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας και γενικότερα στις μεσογειακές χώρες η παραγωγή προϊόντων είναι σχεδόν αδύνατη χωρίς την χρήση κάποιου εξοπλισμού όπως είναι η σκίαση ή ο δυναμικός εξαερισμός ή αλλά συστήματα ψύξεως. Όμως η χρήση συστημάτων ψύξεως ενδείκνυται στις μεσογειακές περιοχές και την περίοδο της άνοιξης και τον φθινόπωρο ώστε η ανάπτυξη των φυτών να γίνεται σε βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και η παραγωγή να είναι υψηλής ποιότητας η οποία έχει μεγαλύτερο κέρδος. Τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για την αφαίρεση της πλεονάζουσας θερμότητας είναι πολύ υψηλά γι' αυτό η χρησιμοποίηση μόνο κλασικών ψυκτικών μηχανήματων πολλές φορές την καθιστά πολύ δαπανηρή έτσι επιλέγονται δυο ή τρία συστήματα ταυτόχρονα με κάποια από αυτά να είναι παθητικά.

Παθητικά σύστημα καλούνται εκείνα τα οποία δεν χρησιμοποιούν κάποιο μηχανικό μέσο για να δροσίσουν ή να αερίσουν το χώρο αλλά χρησιμοποιούν την φυσική και τους νομούς που την διέπουν. Ενώ αντίθετα ενεργητικά είναι τα συστήματα στα οποία απαιτείται μηχανικό έργο και ενέργεια για να μπορεί να ψύξει ή να αερίσει τον χώρο. Ανάλογα την επικρατούσα εξωτερική θερμοκρασία μπορείς να χρησιμοποιήσεις διαφορετικά συστήματα ψύξης ώστε να επιτευχθεί η παραγωγή με το ελάχιστο κόστος. Η ψύξη μπορεί να είναι με ένα απλό παθητικό εξαερισμό είτε με ενεργητικό εξαερισμό και την χρήση ανεμιστήρων επίσης μπορεί να ψυχθεί ένα θερμοκήπιο με υγρό τοίχωμα είτε ακόμα και με την σκίαση του με χρήση κατάλληλης μορφής η κουρτίνας σκίασης.

#### 4.3.1 Αερισμός

Ο αερισμός του θερμοκηπίου είναι είτε η ανάδευση του εσωτερικού αέρα αποκτώντας μια ομοιογένεια στις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του είτε, η ανταλλαγή του θερμού αέρα του θερμοκηπίου με αυτόν του εξωτερικού περιβάλλοντος που είναι συνήθως χαμηλότερης θερμοκρασίας καλείται εξαερισμός. Με τον εξαερισμό ουσιαστικά εισέρχεται φρέσκος αέρας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ουσιαστικά για δυο

λογούς, ο πρώτος είναι η ανανέωση του αέρα διορθώνοντας με αυτόν τον τρόπο πιθανές κακές αναλογίες ως προς την σύσταση του (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, κ.α.) και δεύτερον για την μείωση των υψηλών θερμικών φορτίων που δέχεται κατά την διάρκεια της ημέρας. Το δεύτερο για τις περιοχές της μεσογείου και ιδιαίτερα της Ελλάδας απαιτείται για πολύ μεγάλο διάστημα περίπου για τα τρία πέμπτα του έτους. Έτσι ανάλογα την εποχή ο εξαερισμός, ο τρόπος ο ρυθμός του αλλάζει.

Το καλοκαίρι ο αερισμός απαιτείται για την μείωση της θερμοκρασίας αυτό το λόγο ο αερισμός είναι δυναμικός και συνήθως χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες και κάποιο παθητικό σύστημα. Προσοχή πρέπει να δοθεί στην ταχύτητα του αέρα καθώς αν είναι υψηλή μπορεί να προκαλέσει στα φυτά προσωρινή μάρανση, αυτό παρατηρείται και στις υπαίθριες καλλιέργειες όπου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού οι υψηλές ταχύτητες ανέμου σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοκρασία αφυδατώνουν τα φυτά και μαραίνονται για μικρό χρονικό διάστημα και έπειτα επανέρχονται, σε κάποιες περιπτώσεις η καταστροφή είναι ολοκληρωτική. Ο εξαερισμός γίνεται συνήθως από τα παράθυρα που υπάρχουν στην οροφή ή τα πλευρικά.

Την άνοιξη και το φθινόπωρο υπάρχουν πολλές εναλλαγές τις θερμοκρασίες από υψηλές σε σχετικά χαμηλές γι' αυτό λοιπόν στην αρχή της ημέρας ο εξαερισμός γίνεται μόνο απτό άνοιγμα των παράθυρων και κατά την διάρκεια της ημέρας αν ο εξαερισμός δεν είναι επαρκής τότε χρησιμοποιούνται ένα μέρος των εξαεριστήρων και μάλιστα στην πρώτη ταχύτητα λειτουργίας τους ενώ όπου χρειάζεται αυξάνονται οι εξαεριστήρες και η ταχύτητα λειτουργίας τους. Τα ανοίγματα συνήθως ακολουθούν μια σειρά στην αρχή για τα παθητικό εξαερισμό χρησιμοποιούνται τα παράθυρα οροφής στην συνέχεια και όπου το απαιτούν οι συνθήκες επιλέγεται ο δυναμικός εξαερισμός μαζί με την χρήση των πλευρικών ανοιγμάτων.

Το χειμώνα ο αερισμός που χρησιμοποιείται είναι για την ανάδευση του αέρα, την σωστή αναλογία της σύστασης του αέρα και για την μείωση της υγρασίας όπου απαιτείται. Γι' αυτό τον λόγο τα ανοίγματα είναι πολύ μικρά και ψηλά ώστε να προλάβει να ανεβεί η θερμοκρασία του εισερχομένου ψυχρού αέρα πρώτου έρθει σε επαφή με τα φυτά και τα βλάψει.

#### 4.3.2 Παθητικός-φυσικός Εξαερισμός

Παθητικό εξαερισμό έχουμε όταν η διαφορά στην πίεση ανάμεσα στο εσωτερικό με τον εξωτερικό αέρα δημιουργείται με φυσικά αίτια όπως ο άνεμος ή διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό με το εξωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου. Είναι ίσως η πιο σημαντική λειτουργία στο θερμοκήπιο και ο κύριος παράγοντας που ρυθμίζει το μικρόκλιμα του θερμοκηπίου. Σε θέρμες χώρες το συγκεκριμένο σύστημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο ώστε να έχει υψηλή απόδοση για την ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Ο μηχανισμός του φυσικού εξαερισμού επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον άνεμο και τα στοιχεία που τον χαρακτηρίζουν όπως κατεύθυνση και ταχύτητα και επίσης από τα χαρακτηριστικά του ιδίου του θερμοκηπίου όπως το μέγεθος του θερμοκηπίου τα ανοίγματα του ο προσανατολισμός και το ύψος του. Για να υπάρξει υψηλή απόδοση του συστήματος θα πρέπει να κατανοηθούν αυτά τα χαρακτηριστικά και να συνδυαστούν μεταξύ τους. Για παράδειγμα όταν ένα θερμοκήπιο είναι χαμηλό θα πρέπει τα πλευρικά ανοίγματα



ή αυτά της οροφής να είναι μεγαλύτερα όπου αυτό μπορεί να υπάρξει. Για το λόγο αυτό προτείνονται μια σειρά από ανοίγματα όπως είναι τα παράθυρα οροφής, τα πλευρικά ανοίγματα, οι πόρτες, φωταγωγούς και ανεμιστήρες οροφής, στα συγκεκριμένα ανοίγματα θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η υπάρξει τυχόν δίκτυ προστασίας για την αποφυγή εντομών στο εσωτερικό που βλάπτουν την παραγωγή, αυτές οι σίτες μειώνουν την ταχύτητα και την ανταλλαγή του αέρα πότο εξωτερικό προς εσωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα. Για την ροή του ανέμου που εισέρχεται από τα πλαϊνά ανοίγματα υπάρχει ένας εμπειρικός τύπος (Batista et al, 1999) ο οποίος μπορεί να την προβλέψει :

$$Q=E*A*V.$$

Q:ο ρυθμός ροής του ανέμου σε m<sup>3</sup>/s.

E:αδιάστατης συντελεστής αποτελεσματικότητα των ανοιγμάτων όπου εξαρτάται από την γεωμετρία των ανοιγμάτων κυρίως.

A: το μέγεθος του εσωτερικού ανοίγματος m<sup>2</sup>.

V: η ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε τον ρυθμό ροής που εισέρχεται στο εσωτερικό του αλλά δεν είναι ακριβής η μέτρηση(Τσεκούρας Α. 2017<sup>9</sup>).

Το ζητούμενο είναι η ρύθμιση των συνθήκων γι' αυτό και μας ενδιαφέρει ο ρυθμός ροής του ανέμου στο θερμοκήπιο. Όπως έχει ήδη λεχθεί παραπάνω τρία είναι τα κυρία χαρακτηριστικά που πρέπει να εκλεχθούν για την σωστή ανάπτυξη της καλλιέργειας η υγρασία, το ποσοστό σε διοξείδιο του άνθρακα, και η θερμοκρασία. Αν η θερμοκρασία μπορεί να ρυθμιστεί που έχει τις περισσότερες απαιτήσεις σε εξαερισμό κατά τους ζεστούς μήνες τότε είναι εύκολο να ρυθμιστούν και τα αλλά δυο χαρακτηριστικά.

Τα ανοίγματα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να εξασφαλίζουν τον απαιτούμενο αέρα αφετέρου να κατανέμουν ομοιόμορφα τον αέρα μέσα στον θερμοκήπιο. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να είναι συνεχόμενά συμμετρικά κατανεμημένα επιπλέον θα πρέπει να κατάλληλη επιφάνεια ώστε να επαρκεί ο αέρας και να δημιουργεί αυτή την διαφορά πίεσης ώστε να αυξάνεται η ροή του εισερχομένου αέρα. Έχει υπολογισθεί ότι τα ανοίγματα θα πρέπει να ισούται με 25-30% της επιφάνειας που καλύπτει το θερμοκήπιο. Η επιφάνεια των ανοιγμάτων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$S=n*I*h \text{ ,σε m}^2$$

S = η μέγιστη επιφάνεια ανοιγμάτων (m<sup>2</sup>).

n = ο αριθμός των ανοιγμάτων

I = το μήκος του ανοίγματος (m).

h = το ύψος του ανοίγματος από την κάτω πλευρά του ανοίγματος μέχρι εκεί που βρίσκεται την συγκεκριμένη στιγμή που μετρείται.

Θα πρέπει λοιπόν αυτή η επιφάνεια να διαμορφώνεται ανάλογα τις ανάγκες για αυτό συνηθίζεται να χρησιμοποιείται συνήθως κάποιος μηχανισμός ο οποίος δέχεται δεδομένα όπως η θερμοκρασία, η υγρασία καθώς και η ταχύτητα του ανέμου που εισέρχεται και να ρυθμίζει άνοιγμα καταλληλά.

#### 4.3.3 Δυναμικός εξαερισμός

Στα περισσότερα θερμοκήπια προσπαθούν οι ιδιοκτήτες να μην χρησιμοποιούν δυναμικό εξαερισμό, όμως αυτό δεν μπορεί να συμβαίνει πάντα σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υψηλή θερμοκρασία συνήθως πάνω από 30°C όπου απαιτούνται πολλές εναλλαγές του αέρα χρήση δυναμικού εξαερισμού είναι απαραίτητη. Για να κρατηθεί μια διαφορά θερμοκρασίας του εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα έως 4-6°C απαιτείται περίπου μια αλλαγή του αέρα το λεπτό ή και παραπάνω αυτός ο ρυθμός αλλαγής του αέρα επιτυγχάνεται μόνο με δυναμικό εξαερισμό (Kittas et al, 1997). Για να κατανοηθεί η σημαντικότητα της αλλαγής του αέρα αρκεί να μειώσουμε τις αλλαγές του αέρα στο μισό δηλαδή μια αλλαγή κάθε δυο λεπτά η θερμοκρασία στο εσωτερικό του σε σχέση με το εξωτερικό είναι κατά 8-9,5°C αν υπολογίσουμε ότι η θερμοκρασία το καλοκαίρι ξεπερνάει πολλές φορές τους 30°C τότε η θερμοκρασία είναι αρκετά μεγάλη πολλές φορές και πάνω από 40°C με αποτέλεσμα την καταστροφή της παραγωγής.

Μια άλλη περίπτωση που απαιτείται ο δυναμικός εξαερισμός είναι όταν οι ταχύτητες που πνέουν οι άνεμοι είναι χαμηλές έως μηδενικές και δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενες αλλαγές ούτε για την ρύθμιση της υγρασίας ποσό μάλλον για δροσισμό. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως ανεμιστήρες ή εξαεριστήρες οι οποίοι δημιουργούν υποπίεση στο εσωτερικό του και από τα ανοίγματα εισέρχεται ο φρέσκος αέρας χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Συνήθως δυναμικός εξαερισμός χρησιμοποιείται σε χαμηλού κόστους θερμοκηπιακές μονάδες στις οποίες δεν έχει γίνει μελέτη ώστε να υπάρχει ένα αξιόπιστο σύστημα φυσικού εξαερισμού. Όμως η εγκατάσταση δυναμικού εξαερισμού αυξάνει αρκετά το κόστος και αν δεν είναι σε αρμονία με τον φυσικό εξαερισμό πολλές φορές το αποτέλεσμα σε σχέση με το κόστος είναι αντιοικονομικό. Έχει υπολογισθεί ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας βρίσκεται μεταξύ των 15-50 MJ/m<sup>2</sup> γι' αυτό και ο δυναμικός εξαερισμός πρέπει να συνδυάζεται με ένα κάποιο άλλο παθητικό σύστημα όπως σκίαση ή το υγρό τοίχωμα ώστε να έχει καλύτερο αποτέλεσμα και με λιγότερη ενέργεια.

#### 4.3.4 Υγρή παρειά

Την περίοδο του θέρους ο φυσικός και ο δυναμικός εξαερισμός δεν μπορεί να μειώσει την θερμοκρασία του θερμοκηπίου ικανοποιητικά γιατί τα ποσά θερμότητας που λαμβάνει είναι αρκετά μεγάλα για να απάγει στο περιβάλλον γι' αυτό και πολλές φορές χρησιμοποιούνται υγρά τοιχώματα μαζί με δυναμικό εξαερισμό. Οι ανεμιστήρες δημιουργούν υποπίεση στο εσωτερικό του καθώς ωθούν τον αέρα προς τα ανοίγματα οι οποίοι συνήθως τοποθετούνται στην μεγάλη πλευρά και μάλιστα στην αντίθετη πλευρά των επικρατούντων ανέμων που πνέουν συνήθως στην περιοχή. Στην απέναντι μεριά υπάρχουν τα ανοίγματα, εκεί είναι τοποθετημένο ένα πορώδες τοίχωμα το οποίο μπορεί να είναι είτε πεπιεσμένο χαρτί ή άχυρο ή λινάτσα κ.α. και τα οποία βρέχονται ομοιόμορφα με νερό. Μέσα από τα οποία περνάει ο αέρας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά την είσοδο του αέρα έρχεται σε επαφή με το νερό και ψύχεται και έπειτα κατανέμεται στο εσωτερικό του. βασική προϋπόθεση για να λειτουργεί το σύστημα είναι να μην υπάρχουν άλλα ανοίγματα στο



Θερμοκήπιο πέρα από αυτά του υγρού τοιχώματός, αλλιώς χάνεται αυτή η υποπίεση όπου κάνει το σύστημα να λειτουργεί.

Αυτό το σύστημα μπορεί να προσφέρει επιώ πλέον μείωση της θερμοκρασίας της τάξης των 3-12°C σε σχέση με τον απλό εξαερισμό. Είναι προφανές ότι όσο πιο κοντά στο υγρό τοίχωμα η θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή από ότι στην άλλη μεριά των ανεμιστήρων. Παρακάτω βλέπουμε κάποιες μετρήσεις που έχουν γίνει σε αυτά τα δυο συστήματα.

*Πίνακας 4.1: ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μέσες θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται σε θερμοκήπια με δυναμικό εξαερισμό και υγρό τοίχωμα και μόνο με εξαερισμό για συνθήκες παρόμοιες με αυτές της Δυτικής Ελλάδας [Γ.Ν.Μαυρογιαννοπούλου,2005]*

Εξωτερικές θερμοκρασίες σε °C	Σύστημα μείωσης θερμοκρασίας	Εσωτερικές θερμοκρασίες °C			
		9π.μ.	11πμ	2μμ	4μμ
26,5-31,5	Εξαερισμός+ υγρή παρειά Εξαερισμός	23,5	25	27	25,5
		26,5	30,5	35	33,5
32-37	Εξαερισμός+ υγρή παρειά Εξαερισμός	26	28,5	29,5	28,5
		30	35	38,5	38
37-42	Εξαερισμός+ υγρή παρειά Εξαερισμός	27	30	30,8	29,5
		33	38	45	41

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι όσο πιο μεγάλη είναι η εξωτερική θερμοκρασία τόσο πιο αποτελεσματικός είναι ο συνδυασμός των δυο συστημάτων σε σχέση με την εφαρμογή του απλού εξαερισμού. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να επιλέγεται ανάλογα την εποχή το κατάλληλο σύστημα δροσισμού για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

#### 4.3.5 Υδρονέφωση

Μία άλλη λύση για τον δροσισμό του θερμοκηπίου είναι η υδρονέφωση. Η υδρονέφωση όπως λέει και η ίδια η λέξη είναι ουσιαστικά ένα νέφος απόμερο, υπάρχει ένα σύστημα το οποίο ρίχνει στο περιβάλλον μικρά σταγονίδια με αποτέλεσμα την αύξηση της υγρασίας και την ψύξη. Ουσιαστικά οι σταγόνες είναι τόσο μικρές που σχεδόν αμέσως με το που εκτοξευτούν (υπό πίεση) στο περιβάλλον εξατμίζονται μετατρέποντας την αισθητή θερμότητα σε λανθάνουσα θερμότητα. Έρευνες έχουν δείξει ότι το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να φέρει καλύτερα αποτέλεσμα απ' αυτό της υγρής παρειάς και του δυναμικού εξαερισμού συγκεκριμένα μπορεί να μειώσει την θερμοκρασία από 5-14°C συγκρίνοντας το με σύστημα απλού εξαερισμού. Μάλιστα έχει παρατηρηθεί ότι η διαφορά της θερμοκρασίας του σε σχέση με αυτή των φύλλων ή των φρούτων είναι μέχρι και 1,2°C μεγαλύτερη με την υδρονέφωση. Το συγκεκριμένο σύστημα δροσισμού φέρει καλά αποτελέσματα και μια από τις αιτίες είναι η ομοιομορφία που υπάρχει σε όλο το θερμοκήπιο, βέβαια λόγω της υψηλής υγρασίας που δημιουργεί δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις καλλιέργειες. Κάποιες εξ αυτών είναι πολύ ευαίσθητες στην υγρασία και δημιουργούν πολλά προβλήματα αυξάνοντας μάλιστα και το κόστος παραγωγής διότι θα χρειαστούν περισσότερες επεμβάσεις για την καταπολέμηση ασθενειών. Μια λύση είναι να είναι ανοιχτά τα παράθυρα ώστε να ρίχνει την υγρασία σε επιτρεπτά όρια. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι οι μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται το υψηλό κόστος συνολικά σαν επένδυση αλλά και το λειτουργικό. Γι' αυτούς τους λόγους θα πρέπει να γίνει σωστή ανάλυση των δεδομένων πριν επιλεγεί σαν το κύριο σύστημα δροσισμού του θερμοκηπίου(Μαυρογιαννόπουλος 2005).

#### 4.3.6 Σκίαστρα-βαφές

Συχνά σε περιόδους όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη τα συστήματα φυσικού ή δυναμικού δροσισμού δεν μπορούν να φέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα για αυτό επιλέγεται κάποιο είδος σκίασης. Αυτό το σύστημα θα πρέπει να μειώνει την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο θερμοκήπιο επίσης να μειώνει της μεγάλου μήκους ακτινοβολίας. Για να επιτευχθούν αυτές οι μειώσεις θα πρέπει να γίνει είτε με λεύκανση του υλικού κάλυψης είτε με τοποθέτηση σκίαστρων. Αρά λοιπόν έχουμε δυο διαφορετικούς τρόπους ώστε να επιτευχθεί αυτή η μείωση όπου ο ένας είναι με «μόνιμη» σκίαση όπως είναι οι βαφές και ο δεύτερος είναι προσωρινή όπως είναι με την θερμοκουρτίνα την οποία έχουμε αναλύσει παραπάνω. Για την λεύκανση χρησιμοποιείται συνήθως μείγματα με βάση τον ασβέστη ή την κιμωλία το κατάλληλο υλικό για την βαφή επιλέγεται με βάση το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου ώστε να μην υπάρχουν φθορές. Είναι φθινό σαν υλικό και μπορεί να τοποθετηθεί αρκετά ευκολά χωρίς να απαιτείται ειδικό προσωπικό η εξοπλισμός. Δεν έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και θα πρέπει σχεδόν κάθε χρόνο να ξανά βάφεται το θερμοκήπιο. Έχει αποδειχθεί ότι η σκίαση του θερμοκηπίου μπορεί να μειώσει την θερμοκρασία από 6-10°C. Το βασικό μειονέκτημα είναι ότι η σκίαση παραμένει και τις μέρες τις οποίες δεν υπάρχει μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία και ηλιοφάνεια με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ο απαιτούμενος φωτισμός με όποιες συνέπειες για την φωτοσύνθεση των φυτών.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Στον παρόν κεφάλαιο θα γίνει η μελέτη για τις ανάγκες τόσο σε θέρμανση όσο και σε ψύξη-αερισμό. Η μελέτη θα αφορά την περιοχή της Ιεράπετρας και θα γίνει για συγκεκριμένο θερμοκήπιο ενός στρέμματος με υλικό κάλυψης απλά φύλλα πολυαιθυλενίου. Η καλλιέργεια που θα επιλεγεί είναι κάποιο είδος οπωροκηπευτικών τα οποία σε γενικές γραμμές αναπτύσσονται υπό τις ίδιες συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός). Για την ψύξη θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα της υγρής παρειάς στην μια πλευρά (μικρή) θα τοποθετηθούν οι εξαεριστήρες οι οποίοι θα δημιουργούν υποπίεση στο εσωτερικό του και στην απέναντι πλευρά θα τοποθετηθεί ειδικό τοίχωμα το οποία θα βρέχεται και θα ψύχει τον χώρο. Για τα δυναμικά συστήματα αερισμού γνωρίζουμε ότι πάνω από 60 εναλλαγές του αέρα την ώρα θεωρούνται αντιοικονομικές, όμως επειδή η περιοχή της Ιεράπετρας χαρακτηρίζεται ως θερμή περιοχή θα υποθέσουμε ότι στο θερμοκήπιο θα γίνονται 60 εναλλαγές του αέρα ανά ώρα ώστε να μπορεί να υπάρξει μια σημαντική μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του. για να λειτουργήσει το σύστημα σωστά θα πρέπει οι εξαεριστήρες να μην βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 6,5 μέτρων ο ενός από τον άλλον και κατ' ελάχιστον 3 μετρά από την άκρη της πλευράς τους.

Μια άλλη παράμετρος που θα πρέπει να καθοριστεί από πριν είναι ότι το υγρό τοίχωμα και οι εξαεριστήρες πρέπει να έχουν μια απόσταση μεταξύ 30 και 60 μέτρων. Όταν πνέουν άνεμοι κόντρα στην κατεύθυνση των εξαεριστήρων πρέπει να αυξάνεται 10-15% η παροχή του αέρα.

#### 5.1 Υπολογισμός της αναγκαίας ενέργειας σε ψύξη

Για τον υπολογισμό της αναγκαίας ενέργειας σε ψύξη θα χρησιμοποιηθεί μια τυπική εγκατάσταση ψύξεως με υγρό τοίχωμα και ανεμιστήρα και θα γίνει ο υπολογισμός της κατανάλωσης του συγκεκριμένου συστήματος. Για τον ευκολότερο υπολογισμό γίνονται οι

παραδοχές το σύστημα θα λειτουργεί για 8 ώρες κάθε μέρα τους μήνες όπου η μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι κοντά στους 25° C. Η ηλιακή ακτινοβολία για τις συνθήκες στην Ελλάδα έχουν υπολογιστεί περίπου σε  $810\text{Wm}^{-2}$  το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την ροή του αέρα εντός του θερμοκηπίου.

Για να βρούμε την ροή αέρα που απαιτείται για να ψυχθεί το θερμοκήπιο θα πρέπει να βρούμε την σχέση μεταξύ της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας στο χώρο και της απαιτούμενης ροής του αέρα ανά ώρα και  $\text{m}^2$  εδάφους θερμοκηπίου, στο παρακάτω πίνακα (Μαυρογιαννόπουλος Γ. 2005) παρουσιάζεται αυτή η σχέση.

*Πίνακας 5.2. Σχέση μεταξύ προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας στο χώρο και απαιτούμενης ροής αέρα.*

Ηλιακή ακτινοβολία ( $\text{W m}^{-2}$ )	Ροή αέρα ( $\text{m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$ εδάφους θερμοκηπίου)
810	254
720	225
630	189
540	169

Για τις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα για την περίοδο του καλοκαιριού έχει υπολογιστεί η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια ότι ισούται περίπου με  $810\text{Wm}^{-2}$  συνεπώς η ροή του αέρα που απαιτείται ισούται με  $254\text{m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$ .

Η ταχύτητα του αέρα δεν μπορεί να υπερβαίνει το  $1,5\text{ms}^{-1}$  επειδή προκαλείται υπερβολική πτώση πίεσης με αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοση των ανεμιστήρων. Για το θερμοκήπιο που επιλέχθηκε έχουμε ότι  $1000\text{m}^2 \cdot 254 \text{m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2} = 70\text{m}^3\text{s}^{-1}$

Για τον υπολογισμό του υγρού τοιχώματος έχουμε  $70\text{m}^3\text{s}^{-1} / 1,5\text{ms}^{-1} = 47\text{m}^2$

Με βάση λοιπόν την συνολική παροχή που απαιτείται θα επιλεγούν 6 εξαεριστήρες με συνολική παροχή  $254000\text{m}^3/\text{h}$  και ισχύ  $6,6\text{kW}$  το οποίο καλύπτει τις ανάγκες μας . εμπειρικά γνωρίζουμε ότι για να λειτουργεί το σύστημα με απόδοση θα πρέπει κάθε εξαεριστήρας τύπου b να αντιστοιχεί σε  $7,5\text{m}^2$  υγρής παρειάς . Επομένως συνολικά για το θερμοκήπιο απαιτούνται  $47\text{m}^2$  υγρής παρειάς το οποίο θα είναι κατανεμημένο κατά μήκος όλης της πλευράς για το ύψος του τοιχώματος είναι  $47/20 = 2,35$  σε αυτό το ύψος θα προσθέσουμε ένα 10% το οποίο είναι το πλαίσιο στήριξης του τοιχώματος άρα το ύψος του τοιχώματος θα είναι περίπου 2,58m.

Σύμφωνα με πειράματα και μετρήσεις που έχουν γίνει στην περιοχή της Αλμερίας σχετικά με την υγρή παρεία και την κατανάλωση νερού κατά μέσο όρο κάθε τετραγωνικό υγρής παρειάς απαιτεί 13 λίτρα την ώρα. Άρα για το δικό μας σύστημα κάθε ώρα χρειάζονται 611 λίτρα νερού. Η παροχή φυσικά είναι αρκετά μεγαλύτερη αφού για κάθε 1 μέτρο πλάτους του τοιχώματος απαιτούνται 240 λίτρα την ώρα. Μικρότερες παροχές ή ίσες με το εξατμιζόμενο νερό καταστρέφουν το τοίχωμα. Ενώ οι πολύ μεγάλες παροχές δημιουργούν κουρτίνα νερού όπου δεν επιτρέπουν να εισχωρεί στο εσωτερικό του ο απαιτούμενος αέρας.

Για να βρούμε συνολικά της ενεργειακές ανάγκες σε ψύξη θα πρέπει να υπολογίσουμε της ώρες λειτουργίας του συγκεκριμένου συστήματος. Κάποιες περιόδους του χρόνου θα λειτουργούν μόνο οι εξαεριστήρες και όχι όλοι, με τα παράθυρα ανοιχτά χωρίς την χρήση του υγρού τοιχώματος επειδή κάποιες φορές είναι αρκετή η εναλλαγή του αέρα μόνο. Έτσι θα εξοικονομηθεί σημαντική ποσότητα νερού και ηλεκτρικής ενέργειας καθώς δεν θα λειτουργεί η αντλία. Σύμφωνα με την ΕΜΥ για την περιοχή της Ιεράπετρας και για την χρονική περίοδος 1954-2010 έχουν προκύψει οι μηνιαίες θερμοκρασίες όπως φαίνεται στον πίνακα 5.3.

*Πίνακας 5.3. μηνιαίες θερμοκρασίες για την περιοχή της Ιεράπετρας σε °C.*

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία</b>	9.2	8.9	10.0	12.1	15.6	19.9	23.2	23.4	20.6	17.2	13.8	10.9
<b>Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία</b>	12.9	12.9	14.4	17.1	21.2	25.6	28.1	28.0	25.0	21.3	17.7	14.5
<b>Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία</b>	16.1	16.2	17.7	20.5	24.7	29.3	32.0	32.0	28.9	25.0	21.2	17.8

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα του πίνακα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το σύστημα της υγρής παρειάς θα λειτουργεί σε θερμοκρασίες οι οποίες θα είναι 25°C άρα λοιπόν το σύστημα με βάση την μέση μηνιαία θερμοκρασία θα λειτουργεί τον Ιούνιο, τον Ιούλιο τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο όμως για να έχουμε ένα υπολογισμό της ενέργειας πιο κοντά στην πραγματικότητα και γνωρίζοντας το μικροκλίμα της περιοχής θα προσθέσουμε και τον Μάιο αφού τις περισσότερες μέρες η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας βρίσκεται γύρω από τους 25°C. Το σύστημα θα λειτουργεί για 8 ώρες την ημέρα για 153 ημέρες συνολικά θα δουλέψει 1224 ώρες. Άρα για να υπολογίσουμε την συνολική ισχύς που θα καταναλώσει το σύστημα αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τις ώρες με την ισχύ από τους εξαεριστήρες(6,6kw) συν την ισχύ από αντλία(1,1kw) οπότε η συνολική ισχύς που θα καταναλώσει είναι 9.424,8KWh. Το σύστημα της υγρής παρειάς μπορεί να μας προσφέρει σημαντική μείωση της θερμοκρασίας στον παρακάτω πίνακα (Mastalerz 1977) εμφανίζονται ενδεικτικά οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται σε ένα θερμοκήπιο με την μέθοδο της υγρής παρειάς και του εξαερισμού.

Πίνακας 5.4. ενδεικτικές θερμοκρασίες σε ένα θερμοκήπιο υπό την εφαρμογή των δυο συστημάτων(Μαυρογιαννόπουλος 2005)

Εξωτερικές θερμοκρασίες	Σύστημα μείωσης της θερμοκρασίας	Εσωτερικές θερμοκρασίες			
		9a.m.	11a.m.	2p.m	4p.m.
26,5-31,5	Υγρής παρειάς Εξαερισμός	23,5	25,0	27,0	25,5
		26,5	30,5	35,0	33,5
32-37	Υγρής παρειάς Εξαερισμός	26,0	28,5	29,5	28,5
		30,0	35,0	38,5	38,0
37-42	Υγρής παρειάς Εξαερισμός	27,0	30,0	30,8	29,5
		33,0	38,0	45	41

## 5.2 Υπολογισμός ενεργειακών αναγκών σε θέρμανση

Κατά τους χειμερινούς μήνες απαιτείται η θέρμανση του θερμοκηπίου λόγο του ότι επικρατούν συνήθως χαμηλές θερμοκρασίες όμως επιπλέον κατά την διάρκεια της νύχτας αλλά και της μέρας έχουμε διάφορες απώλειες. Οι απώλειες αυτές είναι η διείσδυση του εξωτερικού αέρα διαμέσου τυχόν ανοιγμάτων, λόγω της ακτινοβολίας στην μεγάλο μήκους κύματος, απώλειες λόγω αγωγής-συναγωγής, λόγω διαπνοής των φυτών.

Οι παραπάνω απώλειες έχουν απασχολήσει κατά καιρούς πολλές ερευνητές οι οποίοι έχουν αναπτύξει διάφορες μεθόδους ώστε να μπορούν είτε με μεγάλη ακρίβεια να υπολογίσουν αυτές τις απώλειες ώστε να σχεδιάσουν ένα σύστημα θέρμανσης ώστε να μπορεί να επαναφέρει στο θερμοκήπιο την απολεσθέντα ενέργεια είτε με σχετικά απλές μεθόδους ώστε να μπορεί ο καθένας να κάνει τους υπολογισμούς με καλά αποτελέσματα.

Η απώλεια ενέργειας είναι ένα γενικότερο πρόβλημα και δεν αφορά μόνο τα θερμοκήπια αλλά κάθε είδους κατασκευή. Στην οικοδομική συχνά συναντάμε διαφορετικά νομοθετικά πλαίσια και χορήγησης επιδοτήσεων ώστε να μειωθούν αυτές οι απώλειες όσο το δυνατόν περισσότερο. Και μερικές μεθόδους χρησιμοποιούνται τόσο στην οικοδομική όσο και στα θερμοκήπια όπως είναι ο παρακάτω τύπος

$$q=q_c+q_v \quad [wm^{-2}],$$

όπου :  $q_c$  = οι απώλειες μέσω του καλύμματος

$q_v$  = απώλειες ενέργειας από τις διαρροές του αέρα.

οι απώλειες του καλύμματος υπολογίζονται προσεγγιστικά από τον παρακάτω γραμμικό τύπο:

$$q_c = K_c \frac{A_c}{A_g} (T_i - T_e)$$

όπου:  $A_c$  = επιφάνεια του καλύμματος του θερμοκηπίου [ $m^2$ ]

$A_g$  = η επιφάνεια του καλυπτόμενου εδάφους [ $m^2$ ]

$K_c$  = ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από το κάλυμμα [ $Wm^{-2}k^{-1}$ ]

$T_i, T_e$  = η εσωτερική και η εξωτερική θερμοκρασία αντίστοιχα [K]

Με μια παραλλαγή του όρου  $K_c$  υπολογίζονται αντίστοιχα και οι απώλειες ενέργειας στην οικοδομική όπου εκεί πλέον υπάρχουν η θερμική αντίσταση των υλικών που αποτελείται ένα κτήριο.

Οι απώλειες ενέργειας από τις διαρροές του αέρα υπολογίζονται :

$$q_v = q_i - q_o$$

$q_i$  = η ενέργεια του εισερχόμενου αέρα

$q_o$  = η ενέργεια του εξερχόμενου αέρα

όπου  $q = mH$

$m$  = μάζα του αέρα [kg]

$H$  = ενθαλπία του αέρα [ $\text{J kg}^{-1}$ ]

Όσον αφορά τα θερμοκήπια οι απώλειες μέσω του αέρα εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το είδος του καλύμματος και η προσαρμογή του στον σκελετό, τα παράθυρα, το σχήμα του και φυσικά τις καιρικές συνθήκες υψηλής εντάσεως άνεμοι κλπ. Για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών θα χρησιμοποιήσουμε δυο διαφορετικούς τύπους ώστε να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη άποψη. Οι δυο αυτές μέθοδοι λαμβάνουν υπόψη διαφορετικά δεδομένα και θα δούμε κατά πόσο οι διάφορες μεταβλητές μας επηρεάζουν το τελικό υπολογισμό ή όχι.

### 5.2.1 Μέθοδος ενεργειακού ισοζυγίου

Σε αυτή την ενότητα θα υπολογιστούν οι θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου με την μέθοδο του ενεργειακού ισοζυγίου (Θεοχάρης 2000<sup>11</sup>) κατά την διάρκεια της νύχτας. Το θερμοκήπιο είναι το ίδιο, με ύψος πλευράς 3,2 μετρά και 20\*50 πλάτος και μήκος αντίστοιχα δεν έχει γίνει επιλογή συγκεκριμένης καλλιέργειας όμως θα είναι κάποιο είδος οπωροκηπευτικών αυτά απαιτούν σχετικά τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Με μερικά να είναι πιο ανθεκτικά στις υψηλές και αλλά στις χαμηλές θερμοκρασίες αλλά όλα ευδοκιμούν και είναι όσο τον δυνατόν πιο παραγωγικά σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες και υγρασία. Για την εσωτερική επιθυμητή θερμοκρασία έχει επιλεγεί 16°C και σχετική υγρασία 72%. Για τον συγκεκριμένο υπολογισμό θα κάνουμε μερικές παραδοχές:

- i. Οι υπολογισμοί γίνονται για την νυχτερινή περίοδο.
- ii. Τα υλικά κάλυψης έχουν πολύ μικρό συντελεστή διαπερατότητας στις υπέρυθρες ακτινοβολίες.

Το ενεργειακό ισοζύγιο κατά την διάρκεια της νύχτας ορίζεται από τον παρακάτω τύπο

$$Q_H = R_N + Q_c + Q_v + LE + Q_s$$

Όπου:

$Q_H$  = είναι η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης [ $\text{W/m}^2$ ]

$R_N$  = είναι η καθαρή ανταλλαγή ενέργειας με ακτινοβολία μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος του σε [ $\text{W/m}^2$ ]

$Q_c$  = είναι η αισθητή θερμότητα από μεταφορά και αγωγιμότητα μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος του [ $W/m^2$ ]

$Q_v$  = είναι η απώλεια θερμότητας λόγω της διείσδυσης του αέρα [ $W/m^2$ ]

$LE$  = είναι η λανθάνουσα θερμότητα λόγω εξάτμισης ή συμπύκνωσης [ $W/m^2$ ]

$Q_s$  = είναι η μεταφορά θερμότητας στο έδαφος [ $W/m^2$ ]

Το  $LE=0$  επειδή κατά την διάρκεια της νύχτας δεν λαμβάνει μέρος η διαπνοή, επιπλέον η  $Q_s$  θεωρείται ίση με το 5% του συνόλου επομένως δεν προσμετράτε στον τελικό υπολογισμό. Επομένως ο παραπάνω τύπος γίνεται :

$$Q_H = R_N + Q_c + Q_v$$

Η θέρμανση είναι αναγκαία όταν ισχύει η επόμενη ανισότητα :  $T_o < T_i$

$T_o$  είναι η μέση θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος [ $^{\circ}C$ ]  
 $T_i$  είναι η μέση επιθυμητή θερμοκρασία του εσωτερικού του θερμοκηπίου έχει οριστεί εξαρχής σε  $16^{\circ}C$

Η  $T_o$  υπολογίζεται από την σχέση:

$$T_o = T_{min} + K * (T_{max} - T_{min}) \text{ όπου:}$$

$T_{min}$  = η μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος

$T_{max}$  = η μέση μέγιστη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος

Τα οποία υπολογίζονται από ημιτονοειδής συνάρτηση :

$$T_i(j) = A_i + B_i * \sin\left(\frac{360}{365} * I - F_i\right)$$

Όπου ο δείκτης  $j$  δηλώνει τη μέση μέγιστη (mean-max) ή την μέση ελάχιστη (mean-min), τα  $A_i, B_i, F_i$  δίνονται από τον πίνακα του παραρτήματος

$K$  είναι ένας συντελεστής ο οποίος δίνεται από την παρακάτω σχέση

$K=0.05881+0,0235*NL$  όπου:

$NL$  είναι η διάρκεια της νύχτας σε ώρες, είναι  $NL= 24 -DL$

$DL$  είναι η διάρκεια της ημέρας σε  $h$ ,

όπου:  $DL = \frac{2}{15} * \cos^{-1}(-\tan\varphi * \tan\delta)$

$\varphi$  είναι το γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες

$\delta$  είναι η απόκλιση της γης σε μοίρες  $\delta = 23,45^{\circ} * \sin\left(\frac{360}{365} * (284 + I)\right)$

όπου  $I$  είναι ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους  $1 \leq I \leq 365$

Για τον ευκολότερο υπολογισμό του  $\delta$  έχει υπολογιστεί για κάθε μήνα μια αντιπροσωπευτική ημέρα ώστε να μην απαιτείται να υπολογίζεις για κάθε μέρα ξεχωριστά όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.5. Χαρακτηριστική ημέρα του έτους για κάθε μήνα

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάιος	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ημέρα έτους	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Ημέρα μήνα	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	15	10

Υπολογισμός  $R_n$ : Ο τύπος ο οποίος υπολογίζει την καθαρή ανταλλαγή ενέργειας με ακτινοβολία μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος είναι ο παρακάτω:

$$R_n = -\frac{A_c}{A_g} [F_{cg} * \sigma * T_g^4 + \sigma * f_{cs} * T_s^4 - \sigma * T_c^4] \quad , [W/m^2]$$

Όπου:

$A_c, A_g$  είναι η συνολική επιφάνεια του καλύμματος και η επιφάνεια του εδάφους αντίστοιχα σε  $m^2$

$F_{cg}, f_{cs}$  είναι οι συντελεστές μορφής καλύμματος εδάφους και ουρανού αντίστοιχα

$$F_{cg} = 1 - f_{cs} \quad , \quad f_{cs} = \frac{A_c + A_g}{2A_c}$$

$T_g, T_s, T_c$  είναι η θερμοκρασία του εξωτερικού εδάφους, του ουρανού και του καλύμματος αντίστοιχα σε  $^{\circ}K$

$\sigma$  είναι η σταθερά των Stefan-Boltzmann [ $W/m^2 K^4$ ]

Κατά την διάρκεια της νύχτας γίνεται η παραδοχή ότι  $T_o = T_g$

Η  $T_s$  υπολογίζεται από την σχέση:

$$T_s = (T_o - 15)i + (T_o - 4)(1 - i)$$

Η θερμοκρασία καλύμματος  $T_c$  υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$T_c = T_o \frac{(T_i - T_o) + 0.2T_s - 3.72}{1.32 + 0.4U^{0.8}}$$

Όπου  $u$  είναι η μέση ταχύτητα ανέμου για την οποία ισχύει  $u = 0.85 * u_{10}$ , με  $u_{10}$  είναι η μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος 10 μετρά από την επιφάνεια του εδάφους και υπολογίζεται με την βοήθεια της EMY.

Αναλυτικός υπολογισμός των παραπάνω ζητούμενων ώστε να εφαρμοστεί το ενεργειακό ισοζύγιο σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουμε αναλύσει πιο πάνω.

Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής της Ιεράπετρας είναι  $j = 35^{\circ}00'$  η χαρακτηριστική ημέρα του έτους για τους μήνες από Νοέμβριο έως και τον Μάρτιο είναι γνωστή (πίνακας



5.1) για τις ποσότητες  $A_i, B_i, F_i$  είναι σταθερές για κάθε πόλη και δίνονται από τον πίνακα 7.1 του παραρτήματος(Δ.Α. Κουρεμένος- Κ.Α. Αντωνόπουλος)

Μέση μηνιαία μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία  $T_{\max}, T_{\min}$  σύμφωνα με τον τύπο  $T(j) = A_i + B_i * \sin\left(\frac{360}{365} * I - F_i\right)$  όπου

*Πίνακας 5.6. Υπολογισμός μέσης μηνιαίας μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας  $T_{\max}, T_{\min}$ .*

Συντελεστές	Mean-min	Mean-max	Χαρακτηριστική ημέρα (I)	$T_{\min}$	$T_{\max}$
$A_i$	15,182	23,569	17	12,83927	15,69877
$B_i$	-7,219	-7,995	47	9,169806	26,92357
$F_i$	-55,159	-60,025	75	17,49601	16,47716
			318	22,00135	22,13223
			344	22,28848	26,16278

Μέση διάρκεια ηλιοφάνειας( $D_s$  σε hr)- σχετικής υγρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος ( $RH_o$ )

Μήνας	$D_s$	$RH_o$
Ιανουάριο	157,3	73,5
Φεβρουάριο	161,5	73,1
Μάρτιο	213,9	73
Νοέμβριο	202,1	74,4
Δεκέμβριο	164,5	71,8

Υπολογισμός όγκου και επιφανειών του θερμοκηπίου

- $A_c$  επιφάνεια καλύμματος με  $A_c = 2(3,2*20 + 3,2*50) = 1448m^2$
- $A_g$  η επιφάνεια εδάφους δηλαδή 1 στρέμμα  $= 1000m^2$
- $V_o$  ο όγκος του θερμοκηπίου οποίος είναι ίσος με  $3200m^3$

Από τα παραπάνω δεδομένα θα υπολογίσουμε τους συντελεστές καλύμματος εδάφους( $f_{cg}$ ) και ουρανού ( $f_{cs}$ ).

Αντικαθιστώντας τις επιφάνειες  $A_c, A_g$  στους παραπάνω τύπους έχουμε ότι :

- $f_{cs} = \frac{1448 + 1000}{2 * 1448} = 0,8453$
- $f_{cg} = 1 - 0,8453 = 0,1546$

**Υπολογισμός κλιματολογικών δεδομένων**

Η απόκλιση της γης σε μοίρες ( $\delta$ ) υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\delta = 23,45^0 * \sin\left(\frac{360}{365} * (284 + i)\right),$$

όπου  $i$  η χαρακτηριστική ημέρα κάθε μήνα και ισχύει ότι  $1 < i < 365$ .

Για τον υπολογισμό της διάρκειας ημέρας η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος  $\phi$  και την απόκλιση της γης  $\delta$  χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος :

$$DL = \frac{2}{15} * \cos^{-1}(-\tan\phi * \tan\delta)$$

Η μέση διάρκεια ημέρας έχει υπολογιστεί για κάθε μήνα του έτους για τις περισσότερες πόλεις της Ελλάδας ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και μήκος βλέπε πίνακα παραρτήματος.

Η μηνιαία διάρκεια ημέρας  $D_{mL}$  υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσεις την διάρκεια ημέρας  $D_L$  κάθε μήνα με τις αντίστοιχες ημέρες που έχει ο μήνας ενώ για τον υπολογισμό της διάρκειας σε νύχτα  $D_N$  αφαιρείς από το 24 που είναι οι ώρες κάθε ημέρας το  $D_L$ .

- $D_N = 24 - D_L$
- $D_{mN} = D_N * n$ , όπου  $n$  οι αντίστοιχες ημέρες του μήνα.

**Πίνακας 5.7.** Υπολογισμός μηνιαίας διάρκειας ημέρας και νύχτας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Νοε	Δεκ
Χαρακτηριστική ημέρα $i$	17	47	75	318	344
Διάρκεια ημέρας $D_L(h)$	9,93	10,76	11,77	10,15	9,69
Διάρκεια νύχτας $D_N(h)$	14,07	13,24	12,23	13,85	14,31
Μηνιαία διάρκεια ημέρας $D_{mL}(h)$	307,83	301,28	364,87	304,5	300,39
Μηνιαία διάρκεια νύχτας $D_{mN}(h)$	436,17	370,72	379,13	415,5	443,61

Για τον υπολογισμό των θερμοκρασιών είναι αναγκαίο να υπολογίσουμε τους συντελεστές  $i, k$ .

$I = D_s / D_L$ , όπου  $D_s$  είναι η μηνιαία διάρκεια ηλιοφάνειας και  $D_d$  είναι η μηνιαία διάρκεια ημέρας.

*Πίνακας 5.8. Υπολογισμός της θερμοκρασίας του εξωτερικού εδάφους, του ουρανού και του καλύμματος αντίστοιχα σε °C.*

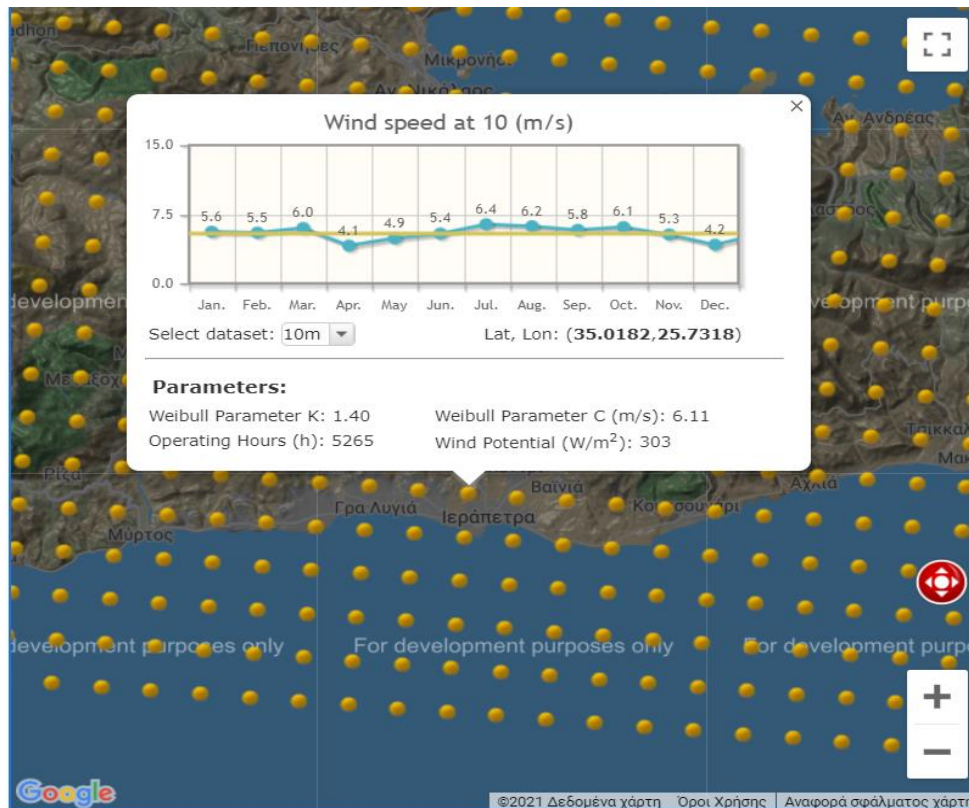
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Νοε	Δεκ
$D_s$	157,3	161,5	213,9	202,1	164,5
$i=D_s/D_d$	0,510996	0,536046	0,586236	0,663711	0,547621
$K$	0,091875	0,089924	0,087551	0,091358	0,092439
$T_o=T_g$	13,10198	10,76629	17,40681	22,01331	22,64661
$T_s$	3,481022	0,869787	6,95821	10,71249	12,62277
$U_{10}$	5,6	5,5	6	5,3	4,2
$U$	4,76	4,675	5,1	4,505	3,57
$T_c$	13,05563	11,39282	16,06934	19,15271	19,4156

Χρησιμοποιώντας τα κλιματολογικά δεδομένα που έχουμε συλλέξει και υπολογίσει θα υπολογίσουμε την  $Q_H$  όπου είναι η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης σε  $W/m^2$ .

$$Q_H = R_n + Q_{cc} + Q_n + LE + Q_s$$

Όπου:

- $R_n$  η καθαρή ανταλλαγή του αέρα την οποία έχουμε αναλύσει παραπάνω
- $Q_{cc} = \frac{A_c}{A_g} * U * dT$ , με  $U = \frac{5.8*u+9.16}{u+3.2}$
- Με  $u=0,85U_{10}$ , οι τιμές του λήφθηκαν από την ΕΜΥ όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.
- $Q_{ccM}=Q_{cc}*D_n/1000$



Εικόνα 5.1. Η ταχύτητα του ανέμου για την περιοχή της Ιεράπετρας σε ύψος 10 μετρ

Πίνακας 5.9. Υπολογισμός της θερμότητας από μεταφορά και αγωγιμότητα μεταξύ θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος του.

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Νοε	Δεκ
$R_n$ (w/m <sup>2</sup> )	59,16038	64,33704	56,67173	52,32711	41,42145
$D_n$ (duration night)	436,17	370,72	379,13	415,5	443,61
$R_{nm}$ (kwh/m <sup>2</sup> )	25,80398	23,85103	21,48595	21,74191	18,37497
$U$ (w/m <sup>2</sup> *k)	4,619095	4,606349	4,66747	4,580013	4,411521
$Q_{cc}$ (w/m <sup>2</sup> )	19,38325	34,90878	0	0	0
$Q_{ccM}$	8,454394	12,94138	0	0	0

Για τον υπολογισμό της  $Q_n$  όπου είναι η απώλεια θερμότητας λόγω διείσδυσης του αέρα είναι αναγκαίο να υπολογιστεί η ενθαλπία τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού αέρα. Οι ενθαλπίες υπολογίζονται από το διάγραμμα Mollier όπως φαίνεται στην εικόνα 9.1 του παραρτήματος. Η εσωτερική σχετική υγρασία ισούται με 72% ενώ η εξωτερική λήφθηκε από τον πίνακα 9.3 του παραρτήματος, αντίστοιχα και για της θερμοκρασίες η  $T_{εσ}=16^{\circ}\text{C}$  ενώ η εξωτερική λήφθηκε πάλι από την ΕΜΥ για την περιοχή της Ιεράπετρας. Η  $Q_n$  δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_n = R \cdot V_o / A_g \cdot \rho \cdot (H_i - H_o)$$

με  $R$  να είναι οι ανανεώσεις του αέρα ανά ώρα και δίνεται από τον παρακάτω τύπο.

$$R = 0.7 + 0.5u$$

Πίνακας 5.10 Υπολογισμός της απώλειας θερμότητας λόγω διείσδυσης του αέρα.

U10(m/s)	5,6	5,5	6	5,3	4,2
U(m/s)	4,76	4,675	5,1	4,505	3,57
T <sub>i</sub> (°C)	16	16	16	16	16
T <sub>o</sub> (°C)	12,9	12,9	14,4	17,7	14,5
Ho(kj/kg)	30,16	30,7	33,04	41,22	33,94
Hi(kj/kg)	36,65	36,65	36,65	36,65	36,65
R(ανανεώσεις του αέρα)1/h	3,08	3,0375	3,25	2,9525	2,485
DH=(hi-ho)	6,49	5,95	3,61	-4,57	2,71
Qn(w/m <sup>2</sup> )	0,02221	0,020081	0,013036	0	0,007483
Qnm(kwh/m <sup>2</sup> )	9,687433	7,444521	4,942381	0	3,319361

Επομένως οι απώλειες θερμότητας λόγω διείσδυσης του αέρα είναι:

$$Q_{nm} = 25,3937 \text{ (kwh/m}^2\text{)}$$

Οι συνολικές απώλειες Q<sub>H</sub> είναι το άθροισμα των τριών απωλειών που υπολογίσαμε παραπάνω οπότε έχουμε, Q<sub>H</sub>=25,3937+21,39578 +111,2578(kwh/m<sup>2</sup>)=158,0473(kwh/m<sup>2</sup>)

Για όλο το θερμοκήπιο οι απώλειες για τους 5 μήνες είναι Q<sub>HM</sub>=158,0473(kwh/m<sup>2</sup>)\*1000(m<sup>2</sup>)=158,0473(MWh)

## 5.2.2 Υπολογισμός ενεργειακών απωλειών με την μέθοδο των βαθμοημερών

Η δεύτερη μέθοδος που εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του θερμοκηπίου στα επιθυμητά όρια είναι η μέθοδος των βαθμοωρών. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία σε περιπτώσεις όπου τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα είναι οι μέσες ελάχιστες και μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στον τόπο εγκατάστασης του θερμοκηπίου.

Στην προηγούμενη μέθοδο υπολογίστηκε ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μπορεί να πέσει μέχρι και τους 21,5°C. Σύμφωνα με τον Μαυρογιαννόπουλο (2005), η ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία ημέρας είναι οι 22°C, ενώ η ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι χαμηλότερη και μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ των 14°C και 18°C . Η μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών μέσω υπολογισμού των βαθμοωρών βασίζεται στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας η εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου παραμένει υψηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά 6°C, εξαιτίας της εισερχόμενης προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο. Ως εκ τούτου, όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι πάνω από 16°C, τότε δεν απαιτείται η συνεισφορά θερμικής ενέργειας για τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα.

Οι βαθμώρες θέρμανσης ορίζονται ως το άθροισμα της διαφοράς μεταξύ μίας θερμοκρασίας βάσης και της μέσης ημερήσιας εξωτερικής θερμοκρασίας, όπου οι μέσες ημερήσιες εξωτερικές θερμοκρασίες είναι μικρότερες από τη θερμοκρασία βάσης. Οι υπολογισμοί των βαθμωρών μπορούν να γίνονται σε μηνιαία ή ετήσια βάση. Αντίστοιχα, οι βαθμώρες ψύξης ορίζονται ως άθροισμα της διαφοράς μεταξύ της μέσης ημερήσιας εξωτερικής θερμοκρασίας και μίας θερμοκρασίας βάσης, όπου μέσες ημερήσιες εξωτερικές θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες από τη θερμοκρασία βάσης (Day & Karayiannis, 1998; D'Amico, et al., 2019).

Σε ό,τι αφορά στον υπολογισμό και στην έννοια των βαθμωρών θέρμανσης ημέρας, ειδικά για εφαρμογές θερμοκηπίων, ως βαθμώρα θέρμανσης ημέρας (Dhd) ορίζεται η διαφορά της μέσης ημερήσιας εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα από τη θερμοκρασία βάσης των 16°C, όταν η μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βάσης.

Για τον υπολογισμό των βαθμωρών ημέρας για περίοδο ενός μήνα εφαρμόζεται ο παρακάτω τύπος:

$$Dhd = \sum_{j=1}^N (16 - \frac{T_{jmax} + T_{jav}}{2}) L_d^+ = N_i L_d (16 - T_{ja})^+$$

Επιπλέον, σε ό,τι αφορά στον υπολογισμό και στην έννοια των βαθμωρών θέρμανσης νύχτας, ειδικά για εφαρμογές θερμοκηπίων, σύμφωνα με τον Μαυρογιαννόπουλο (2005), ως βαθμώρα θέρμανσης νύχτας (Dhn) ορίζεται η διαφορά της μέσης νυχτερινής εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα από τη θερμοκρασία βάσης  $T_c$  (°C), όταν η μέση νυχτερινή εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βάσης.

Για τον υπολογισμό των βαθμωρών νύχτας για περίοδο ενός μήνα εφαρμόζεται ο παρακάτω τύπος:

$$Dhn = \sum_{j=1}^N (T_c - \frac{T_{jmin} + T_{jav}}{2}) L_n^+ = N_i L_n (T_c - T_{jn})^+$$

όπου για τις παραπάνω δύο εξισώσεις:

$N_i$ = το πλήθος των ημερών του μήνα

$T_c$ = η επιθυμητή θερμοκρασία βάσης κατά τη διάρκεια της νύχτας

$T_{jmax}$ = η μέση μέγιστη θερμοκρασία 24h

$T_{jmin}$ = η μέση ελάχιστη θερμοκρασία 24h

$T_{jav}$ = η μέση ημερήσια θερμοκρασία του μήνα

$T_{jn}$ = η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του μήνα

$L_d$ = η διάρκεια της ημέρας σε ώρες

$L_n$ = η διάρκεια της νύχτας σε ώρες



Σημειώνεται ότι για τις παραπάνω εξισώσεις με το πρόσημο «+» υποδηλώνεται ότι λαμβάνονται υπόψιν μόνον οι θετικές τιμές των διαφορών.

Ακολουθως, για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών με τη μέθοδο των βαθμωρών θέρμανσης εξετάζονται τα διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία και επιλέγονται οι μήνες εκείνοι κατά τους οποίους προκύπτουν θετικές διαφορές μεταξύ της εξωτερικής θερμοκρασίας ημέρας ή και νύχτας και της θερμοκρασίας βάσης ημέρας και νύχτας αντίστοιχα. Οι βαθμώρες ημέρας και νύχτας αθροίζονται για όλους τους παραπάνω μήνες προκειμένου να υπολογιστούν οι ετήσιες βαθμώρες θέρμανσης.

Ωστόσο, για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών, το άθροισμα των ετήσιων βαθμωρών θέρμανσης πρέπει να πολλαπλασιαστεί με έναν συντελεστή προκειμένου να μετατραπεί σε μονάδες ενέργειας. Η μέση ετήσια ζήτηση θερμικής ενέργειας προκύπτει από το γινόμενο του αθροίσματος των μέσων ετήσιων βαθμωρών θέρμανσης και του συντελεστή  $U$ , ο οποίος είναι ο συντελεστής θερμικών απωλειών ανά μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας ( $W/^{\circ}C$ ). Σε ό,τι αφορά στον υπολογισμό του συντελεστή  $U$  πρέπει να είναι γνωστά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του θερμοκηπίου. Στην προηγούμενη παράγραφο μελετήθηκαν οι ενεργειακές ανάγκες θερμοκηπίου συνολικού εμβαδού  $1000m^2$  με μήκη πλευρών 20m και 50m και ύψος χαμηλής πλευράς 3,2m.

Συνεπώς, το κάλυμμα στις τέσσερις πλευρές έχει εμβαδό:

$$Επιφάνεια_{πλευρές} = 2 \times 20 \times 3,2 + 2 \times 50 \times 3,2 = 128 + 320 = 448m^2$$

Ομοίως το κάλυμμα της οροφής έχει εμβαδό:

$$Επιφάνεια_{οροφή} = 20 \times 50 = 1.000m^2$$

Η συνολική επιφάνεια του καλύμματος ισούται με  $1.448m^2$ .

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών προκύπτει από το γινόμενο της επιφάνειας του καλύμματος του θερμοκηπίου με τον ολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας απωλειών χωρίς θερμοκουρίνα. Η επιφάνεια του καλύμματος υπολογίζεται στις πλευρές και στην οροφή του θερμοκηπίου, ενώ ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 5.11:** Μέσες τιμές συντελεστή  $U$  για διαφορετικά υλικά καλύμματος θερμοκηπίου (Μαυρογιαννόπουλος, 2005, p. 439)

Υλικό καλύμματος	Ολικός συντελεστής θερμικών απωλειών $U$ ( $Wm^{-2} ^{\circ}C^{-1}$ )
υαλοπίνακες (νέα κατασκευή)	6,3
υαλοπίνακες (παλιά κατασκευή)	7,2
απλό πολυαιθυλένιο με πολύ καλή και στεγανή τοποθέτηση	6,8
απλό πολυαιθυλένιο με όχι καλή στεγανότητα	7,8
διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	4,2
ενισχυμένος πολυεστέρας με πολύ στεγανή τοποθέτηση	6,0
ακρυλικό διπλής επιφάνειας και πάχους 15mm με στεγανή τοποθέτηση	5,0

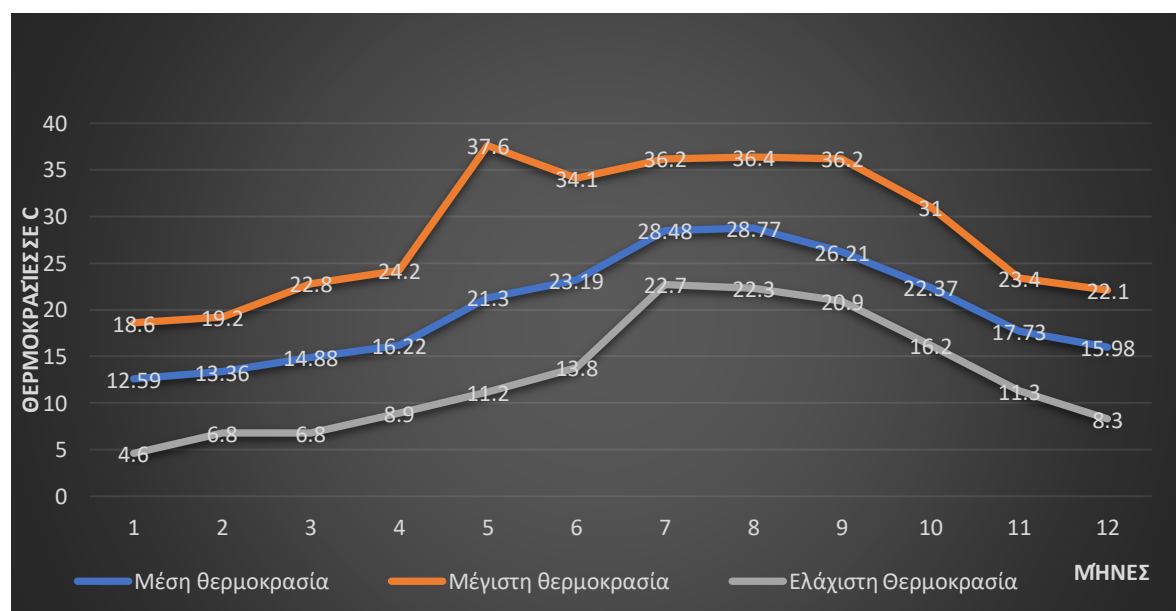
Επιπλέον για την εφαρμογή της μεθόδου των βαθμοωρών, θεωρείται πως το κάλυμμα του θερμοκηπίου είναι απλό πολυαιθυλένιο με πολύ καλή και στεγανή τοποθέτηση, συνεπώς από τον παραπάνω πίνακα λαμβάνεται συντελεστής  $U = 6,8 \text{ Wm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .<sup>1</sup> Συνεπώς, ο συντελεστής  $Z$  θερμικών απωλειών ανά μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας ( $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ) για το μελετώμενο θερμοκήπιο ισούται με  $1.448\text{m}^2 \times 6,8 \text{ Wm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = 9.846,4 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ .

Ακολουθώντας, υπολογίστηκαν οι βαθμοώρες θέρμανσης για τη διάρκεια ενός έτους με χρήση μετεωρολογικών δεδομένων από την Ε.Μ.Υ. για την περιοχή της Ιεράπετρας. Η θερμοκρασία βάσης για τις βαθμοώρες ημέρας ορίστηκε στους  $16^{\circ}\text{C}$  και η θερμοκρασία βάσης για τις βαθμοώρες νύχτας ορίστηκε στους  $16^{\circ}\text{C}$  λαμβάνοντας υπόψη ότι η τελευταία μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ  $14^{\circ}\text{C}$  και  $18^{\circ}\text{C}$  (Μαυρογιαννόπουλος, 2005). Αναζητήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα στο διαδίκτυο και συλλέχθηκαν δεδομένα για την περίοδο 2020 από τον ιστότοπο [meteo.gr](http://meteo.gr). Τα δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό της Ιεράπετρας.

Προκειμένου να διευκολυνθεί ο υπολογισμός των βαθμοωρών, αυτός έγινε και για τους 12 μήνες του έτους, με τους μήνες κατά τους οποίους δεν υπολογίζονται βαθμοώρες θέρμανσης να λογίζονται στο γενικό άθροισμα με 0.

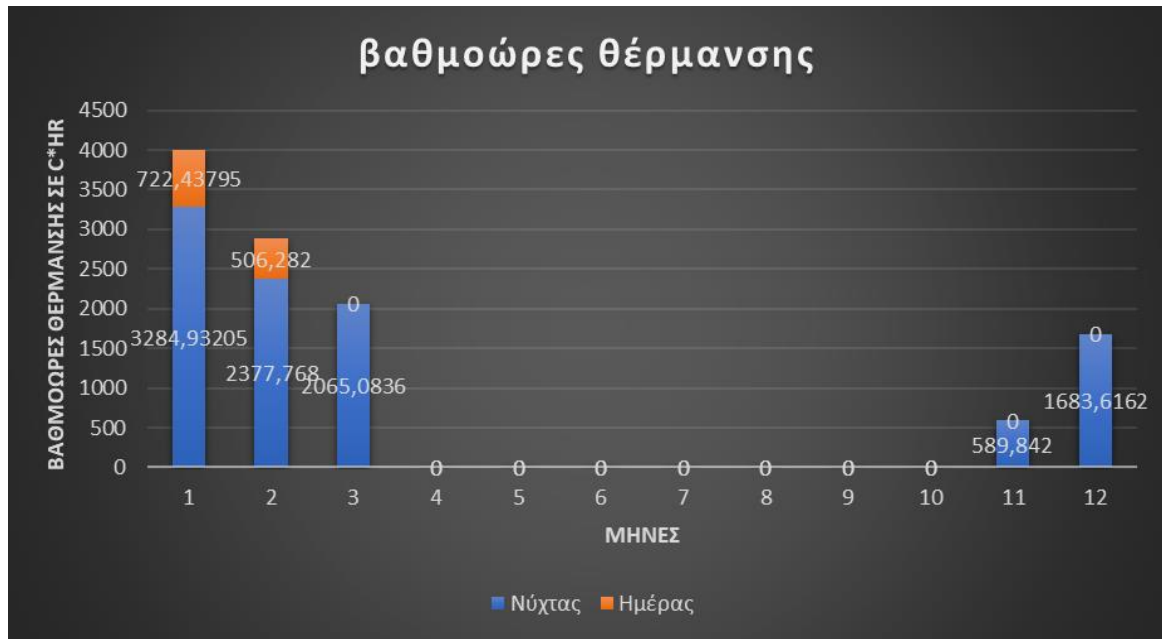
Αρχικά παρατίθενται υπό μορφή γραφημάτων τα μετεωρολογικά δεδομένα.

*Γράφημα 5.1: Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία 2020 για την περιοχή της Ιεράπετρας*



Οι βαθμοημέρες θέρμανσης παρατίθενται στο παρακάτω γράφημα:

Γράφημα 5.2: Βαθμομέρες θέρμανσης



Συνολικά υπολογίζονται ότι οι βαθμοώρες θέρμανσης για το 2020 είναι ίσες με 11230C\*hr από τις οποίες μόνο 121,65795 αφορούν την διάρκεια της ημέρας. Συνεπώς οι ετήσιες ανάγκες σε θέρμανση ισούνται με:

$$Q = HDD \times Z = 11230C \text{ hr} \times 9.846,4 \text{ W/}^{\circ}\text{C} = 110,574 \text{ MWh/έτος}$$

Όπου :

HDD οι ετήσιες βαθμοώρες ημέρας και Z ο συντελεστής που έχει υπολογιστεί παραπάνω.

Συγκρίνοντας τις δυο μεθόδους παρατηρούμε ότι οι ετήσιες θερμικές ανάγκες σε θέρμανση με την μέθοδο των βαθμωρών θέρμανσης είναι σημαντικά μειωμένες ο κύριος λόγος είναι ότι η συγκεκριμένη μέθοδος στις πολύ θερμές περιοχές επειδή λαμβάνει υπόψη την μέση θερμοκρασία ημέρας για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών και η οποία είναι υψηλή συχνά οι ανάγκες υποεκτιμούνται.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 6.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστούν οι τρόποι αξιολόγησης μιας επένδυσης και θα γίνει αναλυτική περιγραφή για την περίπτωση μας. Θα μελετηθεί αν αξίζει να γίνει η συγκεκριμένη επένδυση ανάλογα τα αποτελέσματα που θα δείξουν οι δείκτες.

Για το τι είναι επένδυση έχουν δοθεί αρκετοί ορισμοί και εξηγήσεις αλλά όλοι καταλήγουν στο εξής ότι είναι ένα υλικό διαρκές το οποίο συμβάλει στην αύξηση της

παραγωγικής υποδομής ή στην αύξηση των ταμειακών ροών, η επένδυση στην οικονομική θεωρία δεν περιλαμβάνει τις δαπάνες για αγορά μετοχών, ομόλογων, οικοπέδων, και παλαιών κτιρίων και εγκαταστάσεων καθώς αποτελούν μεταβίβαση από ένα πρόσωπο σε ένα άλλο σε αντίθετη περίπτωση στην καθημερινή ζωή αυτές οι δαπάνες καλούνται κοινός επενδύσεις. Οι επενδύσεις σε μια οικονομία διακρίνονται είτε ιδιωτικές είτε δημόσιες ανάλογα με το φορέα και το σκοπό που εξυπηρετούν πχ κοινωνική ωφέλεια. Οι ιδιωτικές επενδύσεις χρηματοδοτούνται είτε με την χρηματοδότηση του ιδίου του επενδυτή-επιχειρηματία είτε με δανεισμό από τράπεζες είτε άλλα επενδυτικά κεφάλαια γνωστά και ως investment funds και αφορούν δαπάνες για κατοικίες, πάγιες εγκαταστάσεις των επιχειρήσεων και αύξηση των αποθεμάτων των επιχειρήσεων. Οι δημόσιες επιχειρήσεις χρηματοδοτούνται από δανεισμό, φορολογία του πολίτη και από τις εταιρείες που αναλαμβάνουν το έργο εισπράττοντας έπειτα ένα μέρος του κέρδους από την εκμετάλλευση του. Αυτές οι επενδύσεις αφορούν δημόσια σχολεία, νοσοκομεία, δρόμους, έργα υποδομής κ.α. (ευρετήριο οικονομικών όρων<sup>12</sup>) Οι επενδύσεις διακρίνονται σε δυο κατηγορίες την καθαρή επένδυση και την ακαθάριστη, οι καθαρές αυξάνουν το κεφάλαιο και τα αποθέματα προϊόντων στην οικονομία ενώ οι ακαθάριστες μπορεί να περιλαμβάνουν και τις αποσβέσεις. Η χρονική διάρκεια έχει ιδιαίτερη σημασία για την αξιολόγηση των επενδύσεων και πολλές φορές καθορίζει και αν γίνει μια επένδυση ή όχι όπως στην περίπτωση όπου κάνει αρκετά χρόνια ώστε να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι αξιολόγησης των επενδύσεων όμως βασίζονται σε κάποιες παραδοχές:

- i. Οι καθαρές ταμειακές ροές είναι γνωστές με βεβαιότητα
- ii. Δεν αναμένονται αυξήσεις στις τιμές των προϊόντων διαδοχικά

## 6.2 Καθαρά παρούσα αξία

Καθαρά παρούσα αξία είναι η έκφραση των μελλοντικών ταμειακών ροών σε μια επένδυση σε ισοδύναμη σημερινή αξία. Συνεπώς η καθαρή παρούσα αξία μπορεί να συγκρίνει τις μελλοντικές ταμειακές ροές με το κόστος κεφαλαίων που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση (ευρετήριο οικονομικών όρων). Η παρούσα αξία των αναμενομένων ταμειακών ροών υπολογίζεται με την προεξόφληση τους χρησιμοποιώντας το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο. Η καθαρή παρούσα αξία μπορεί να είναι

- Θετική, που σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα και συνήθως προχωράει.
- Αρνητική, δηλαδή οι ταμειακές ροές είναι λιγότερες από το κόστος της επένδυσης και έτσι δεν υλοποιείται αυτή η επένδυση
- Μηδενική όπου τα έσοδα και τα έξοδα είναι ίδια και δεν έχει ούτε όφελος ούτε ζημία ο επενδυτής.

Η καθαρά παρούσα αξία είναι η μια από τις δυο τεχνικές προεξόφλησης ταμειακών ροών που χρησιμοποιούνται στην συγκριτική αξιολόγηση επενδυτικών προτάσεων, όπου η ροή του εισοδήματος διαφέρει στην πάροδο του χρόνου. Είναι μια μέθοδος όπου χρησιμοποιεί την έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος για την αξιολόγηση μακροπρόθεσμων επενδύσεων. Ο χρόνος στα χρηματοοικονομικά έχει επιπτώσεις στην αξία των ταμειακών ροών δηλαδή πέντε ευρώ σήμερα δεν έχουν την ίδια αξία με 5 ευρώ σε ένα χρόνο ακριβώς. Οι ταμειακές ροές ίσης ονομαστικής αξίας έχουν μεγαλύτερη πραγματική αξία από ίδιες ταμειακές ροές στο μέλλον. Συνεπώς μεταξύ δυο ίδιων επενδύσεων, υψηλότερο κίνδυνο έχει αυτή με την μεγαλύτερη διάρκεια. Για κάθε επιπλέον χρονική περίοδο η παρούσα αξία των μεταγενέστερων μελλοντικών ταμειακών ροών μειώνεται, καθώς ο κίνδυνος αυτής της

επένδυσης αυξάνεται καθώς υπάρχει μεγαλύτερη αβεβαιότητα για την ολοκλήρωση του έργου.

Ο τύπος ο οποίος υπολογίζει την ΚΠΑ είναι ο παρακάτω:

- $KPA = \sum_{i=1}^N \frac{\text{ταμειακές ροές}}{(1+r)^i} - \text{κόστος επένδυσης}$ , όπου  
I= χρονική περίοδος  
N= χρονική διάρκεια επένδυσης  
r= προεξοφλητικό επιτόκιο.

Η καθαρά παρούσα αξία συχνά χρησιμοποιείται από τις επιχειρήσεις για την αποδοχή ή την απόρριψη ενδεχόμενων επενδύσεων όμως έχει μειονεκτήματα, αρχικά οι εκτιμώμενες ταμειακές ροές σχεδόν ποτέ δεν συμπίπτουν με τις πραγματικές καθώς επηρεάζονται από πάρα πολλούς παράγοντες που είναι δύσκολο να υπολογισθούν και επίσης οι εκτιμήσεις αυτές είναι υποκειμενικές των αναλυτών όπου υπολογίζουν τον οικονομικό προϋπολογισμό. Ένα άλλο μειονέκτημα της καθαρά παρούσας αξίας είναι ότι το προεξοφλητικό επιτόκιο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί δεν είναι σταθερό όπως θεωρείται κατά την διάρκεια ζωής της επένδυσης και ειδικά σε μακροχρόνιες επενδύσεις ή σε μεγάλου ρίσκου (Χρηματοοικονομική διοίκηση, σελίδα 34).

### 6.3 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μια εναλλακτική μέθοδος για την αξιολόγηση μιας επένδυσης η οποία είναι αρκετά κοντά στην φιλοσοφία της καθαρά παρούσας αξίας. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης έχει την ιδιότητα να μηδενίζει την ΚΠΑ της επένδυσης. Εναλλακτικά ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ορίζεται ως εκείνο το επιτόκιο το οποίο έχει την ιδιότητα να εξισώνει την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών ρών της επένδυσης με το αρχικό κεφάλαιο (Δράκου Α. Καραθανάση Γ., 2010). Ουσιαστικά υπολογίζει ένα μοναδικό αριθμό που συνοψίζει τα πλεονεκτήματα ενός έργου, ο οποίος δεν βασίζεται στο επιτόκιο που επικρατεί στην αγορά όπως άλλες μέθοδοι αλλά καθαρά στις ταμειακές ροές του έργου.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης υπολογίζεται ως εξής εξισώνοντας την παρούσα αξία της αναμενόμενης καθαρής ταμειακής ροής με την παρούσα αξία της επένδυσης:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{KTP}{(1+r)^i}$$

όπου K το κόστος της επένδυσης, KTP καθαρές ταμειακές ροές, i περίοδοι, r εσωτερικός βαθμός απόδοσης.

Αποδοχή επένδυσης με βάση την συγκεκριμένη μέθοδο

- $EBA > i$  η επένδυση γίνεται αποδεκτή
- $EBA = i$  αδιάφορη επένδυση
- $EBA < i$  η επένδυση απορρίπτεται

όπου το i είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο.

Γενικά ο EBA λαμβάνει υπόψιν του την χρονική αξία του χρήματος και χρησιμοποιεί καθαρές ταμειακές ροές και βρίσκει την πραγματική απόδοση του έργου. Είναι ιδιαίτερα

κατάλληλη μέθοδος για βραχυχρόνιες επενδύσεις που δεν απαιτούν υψηλό αρχικό κεφάλαιο. Επίσης ο ΕΒΑ μπορεί να δώσει πληροφορίες σε σχέση με το κίνδυνο που ενέχει μία επένδυση πχ αν ο ΕΒΑ είναι αρκετά πιο μεγάλος από την απαιτούμενη απόδοση σημαίνει ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο λάθους (Δράκου Α. Καραθανάση Γ., 2010).

Μειονεκτήματα που έχει η συγκεκριμένη μέθοδος:

- Δεν λαμβάνει υπόψιν το μέγεθος της επένδυσης
- Δεν δίνει την απόλυτη οικονομική συνεισφορά των προτάσεων επενδύσεων στην αξία της επιχείρησης άλλα μόνο τη σχετική.
- Προϋποθέτει να επανεπενδύονται οι ενδιάμεσες ταμειακές ροές με επιτόκιο ίσο με τον ΕΒΑ(χρηματοοικονομική διοίκηση, κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων ΤΕΙ Κρήτης)

#### 6.4 Περίοδος επανείσπραξης

Μια άλλη μέθοδος αξιολόγησης μιας επένδυσης είναι η περίοδος ανάκτησης ή επανείσπραξης της επένδυσης η παραπάνω μέθοδος δεν λαμβάνει υπόψη την χρονική αξία του χρήματος. Η μέθοδος υπολογίζει τον χρόνο κατά τον οποίο το άθροισμα των ταμειακών ροών του επενδυτικού έργου ισούται με την αρχική δαπάνη.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι τα εξής:

- Δίνει μια ένδειξη του κινδύνου της επένδυσης
- Όταν υπάρχει τεχνολογική απαξίωση είναι χρήσιμη

Πολλές φορές χρησιμοποιείται παράλληλα με άλλες μεθόδους και δίνει ένα επιπλέον περιορισμό.

Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχουν και μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου τα οποία την κάνουν να μην προτιμάται συχνά από τους αναλυτές:

- Δεν λαμβάνει υπόψη την χρονική αξία του χρήματος όπως ήδη έχει λεχθεί
- Δεν υπολογίζει τις ταμειακές ροές μετά τη λήξη της περιόδου επανείσπραξης
- Δεν έχει εφαρμογή σε περιπτώσεις με μικρή αρχική δαπάνη(χρηματοοικονομική διοίκηση, κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων ΤΕΙ Κρήτης)

Όταν δεν υπολογίζει τις ταμειακές ροές μετά την λήξη της περιόδου επανείσπραξης μπορεί μια επένδυση να επανεισπράττει το επενδυόμενο κεφάλαιο πιο γρήγορα σε σχέση με μια άλλη, όμως μετά την συγκεκριμένη περίοδο μπορεί η πρώτη επένδυση να έχει μεγαλύτερες ταμειακές ροές από την δεύτερη και όμως να μην επιλεχθεί. Αρά γενικότερα όταν εξετάζεται μια σειρά από επενδύσεις πριν γίνει η επιλογή θα πρέπει να εξεταστούν με διάφορες μεθόδους ώστε να μπορεί ο επενδυτής να έχει τις απαιτούμενες πληροφορίες για να επιλέξει την πιο κερδοφόρα επένδυση.

#### 6.5 Μελέτη περίπτωσης

Για τον υπολογισμό των παραπάνω θα γίνουν μερικές παραδοχές αρχικά θα γίνει η επιλογή υλικού κάλυψης πολυαιθυλενίου διπλού φιλμ η οποία έχει πολύ καλές ιδιότητες και είναι αρκετά οικονομικό με διάρκεια ζωής τα 4,5 χρόνια και κόστος επανατοποθέτησης τις 2400 ευρώ. Για την θέρμανση του θερμοκηπίου θα τοποθετηθούν 10 θερμοπομποί συνολικής αξίας 2000 ευρώ και συνολικής κατανάλωσης 20kw τα οποία θα χρησιμοποιηθούν



μόνο τις μέρες όπου η ελάχιστη θερμοκρασία είναι ίση ή μικρότερη από 10°C και θα λειτουργούν για 8 ώρες κατά την διάρκεια της νύχτας για την αποφυγή του πάγου τα δεδομένα θα συλλεχθούν από την ΕΜΥ. Για την ψύξη θα τοποθετηθεί σύστημα υγρής παρειάς με συνολικό κόστος 10000 ευρώ και ισχύ 6,6kw το οποίο θα λειτουργεί από τον Μάιο μέχρι τον Ιούλιο όπου θα παύσει η καλλιέργεια για δυο μήνες και θα γίνει η απολύμανση του εδάφους μέχρι την επόμενη καλλιέργεια. Η καλλιέργεια θα ξεκινήσει στα μέσα του Σεπτεμβρίου μέχρι και τα μέσα του Μάη επιλέχθηκε το αγγούρι το οποίο έχει καλή στρεμματική απόδοση, τιμή και μεγάλα περιθώρια κέρδους τον Μάιο θα φυτευτούν μαρούλια τα οποία απαιτούν περίπου 40-60 μέρες μέχρι την συγκομιδή τους. Θα χρησιμοποιηθούν αυτόματα παράθυρα οροφής ώστε να επιτευχθεί κάλος φυσικός εξαερισμός και για τον δυναμικό εξαερισμό θα χρησιμοποιηθούν ειδικοί εξαεριστήρες. Για τον υπολογισμό των ταμειακών ροών έχουν συλλεχθεί στατιστικά στοιχεία από το υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης για την στρεμματική απόδοση καθώς και την τιμή πώλησης η οποία υπολογίστηκε ως η μέση τιμή της τιμής πώλησης την χρονική περίοδο 2017-2019 με τιμή για το αγγούρι 0.60 λεπτά του ευρώ και απόδοση 20 τόνους το στρέμμα. Ενώ για το μαρούλι η τιμή ορίστηκε στα 0.32 λεπτά του ευρώ όπου αντιστοιχεί στην μέση τιμή πώλησης ( ανά τεμάχιο) για τον μήνα του Ιουλίου όπου θα γίνεται και η συγκομιδή για την ίδια χρονική περίοδο 2017-2019. Για το κόστος εργασίας έχει υπολογιστεί ότι ένα στρέμμα αγγουριού θερμοκηπίου απαιτεί περίπου 800 ώρες εργασίας όπου τα τελευταία χρόνια στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης λόγω έλλειψης εργατικού δυναμικού έχει φτάσει τα 5 ευρώ ανά ώρα. Θα πάρουμε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις χρηματοδότησης και θα κάνουμε αξιολόγηση των σεναρίων αυτών με βάση τους οικονομικούς δείκτες. Το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στις 50.000 ευρώ στο παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα κόστη.

*Πίνακας 6.1:Αναλυτικά τα κόστη της εγκατάστασης του θερμοκηπίου*

Θερμοκήπιο με διπλό φιλμ πολυαιθυλένιου(πολλαπλό τοξωτό)	22.000
Σύστημα υγρής παρειάς	10.000
Στέρνα με νάιλον και αρδευτικό δίκτυο	10.000
Θερμοπομποί(10 τμχ)	2.000
Αυτόματα παράθυρα	2.000
Σύστημα εξαερισμού	4.000

1° Σενάριο: επιχορήγηση 60% , ίδια κεφάλαια 20% , δανεισμός 20%

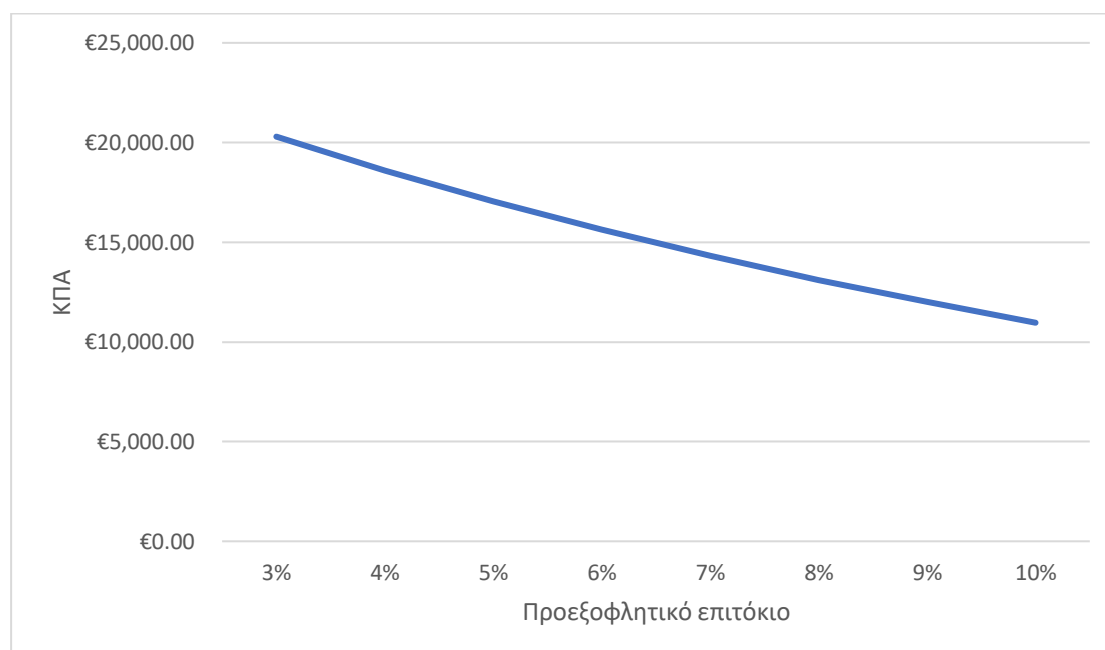
Για τον υπολογισμό του δανείου και των τόκων έχει οριστεί η δόση να είναι ετήσια με ποσό δανεισμού τις 10.000 ευρώ, 12 χρόνια διάρκεια και επιτόκιο 8% στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η οικονομική ανάλυση ανά έτος

*Πίνακας 6.2: Αναλυτικά τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης.*

έτη	Κέρδη αγγουριού	Έξοδα παραγωγής αγγουριού	Κέρδη μαρουλιού	Κόστος συντήρησης	Κόστος θέρμανσης-ψύξης	Κόστος απολύμανσης	Δόση δανείου	Κόστος εργασίας
1	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
2	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
3	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
4	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
5	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-1299	-4000
6	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
7	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
8	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
9	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
10	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-1299	-4000
11	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000
12	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-1299	-4000

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η καθαρά παρούσα αξία συναρτήσει του προεξοφλητικού επιτόκιο, η οποία μειώνεται ανάλογα της αύξησης του προεξοφλητικού επιτοκίου όπου είναι απόλυτα λογικό καθώς όσο πιο μεγάλο είναι το επιτόκιο αυτό τόσο μεγαλύτερος και ο κίνδυνος που εκτιμάει ο επενδυτής.

*Διάγραμμα 6.1: Παρουσιάζεται η ΚΠΑ σε σχέση με το προεξοφλητικό επιτόκιο.*



2° Σενάριο επιχορήγηση 60%, και ίδια κεφάλαιο 40% χωρίς δανεισμό.

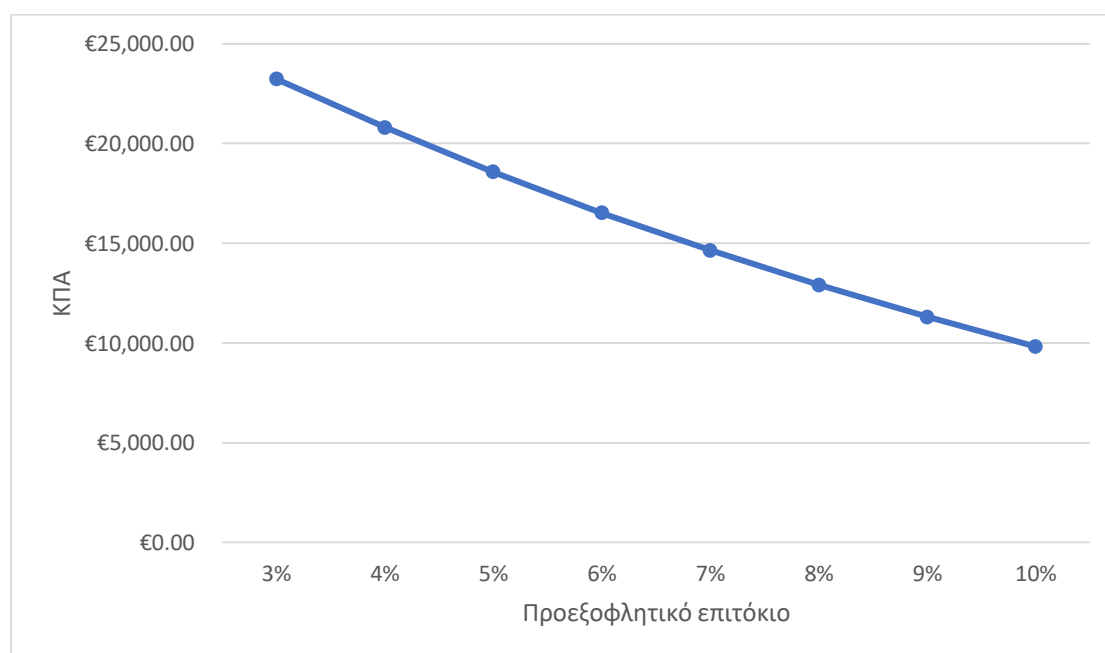
Η επιχορήγηση αντιστοιχεί σε 30.000 ευρώ ενώ τα ίδια κεφάλαια ανέρχονται σε 20.000 οι ταμειακές ροές είναι αυξημένες καθώς στα έξοδα δεν περιλαμβάνεται η δόση του δανείου στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα κόστη και τα κέρδη.

*Πίνακας 6.3: Αναλυτικά τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης.*

έτη	Κέρδη αγγουριού	Έξοδα παραγωγής αγγουριού	Κέρδη μαρουλιού (καθαρά)	Κόστος συντήρησης	Κόστος θέρμανσης-ψύξης	Κόστος απολύμανσης	Κόστος εργασίας
1	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
2	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
3	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
4	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-4000
5	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
6	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
7	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
8	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-4000
9	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
10	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
11	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000
12	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-4000

Παρακάτω βλέπουμε την καθαρά παρούσα αξία σε σχέση με το προεξοφλητικό επιτόκιο παρατηρώντας ότι είναι θετική σε όλες τις τιμές του προεξοφλητικού επιτόκιου.

*Διάγραμμα 6.2: Παρουσιάζεται η ΚΠΑ σε σχέση με το προεξοφλητικό επιτόκιο για το 2° σενάριο*



3<sup>ο</sup> Σενάριο, χωρίς επιχορήγηση με ίδια κεφάλαια 50% και δανεισμό 50%.

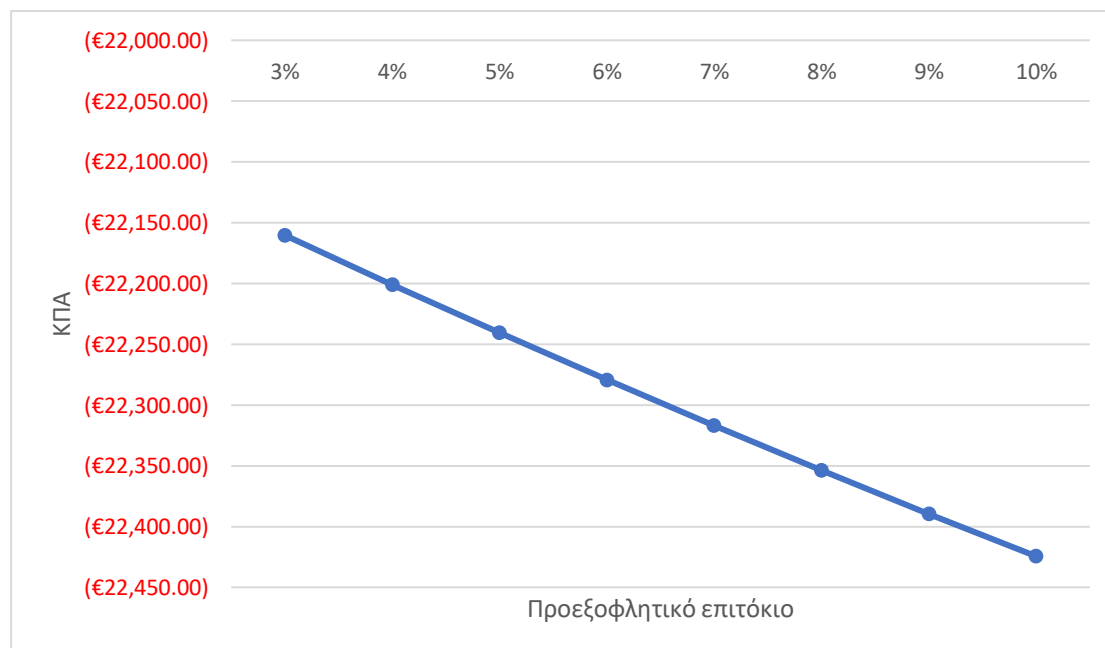
Τα ίδια κεφάλαια ανέρχονται σε 25.000 ευρώ με το δανεισμό να αντιστοιχεί σε άλλα 25.000 ευρώ. Βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα ότι το μόνο που έχει αλλάξει με το 1<sup>ο</sup> σενάριο είναι το ύψος της δόσης του δανείου.

*Πίνακας 6.3: Αναλυτικά τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης.*

έτη	Κέρδη αγγουριού	Έξοδα παραγωγής αγγουριού	Κέρδη μαρουλιού	Κόστος συντήρησης	Κόστος θέρμανσης-ψύξης	Κόστος απολύμανσης	Δόση δανείου	Κόστος εργασίας
1	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
2	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
3	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
4	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
5	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-3247	-4000
6	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
7	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
8	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
9	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
10	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-3247	-4000
11	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000
12	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-3247	-4000

Με την ΚΠΑ να παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα και να είναι αισθητά πιο χαμηλή λόγω της μεγαλύτερης δόσης του δανείου.

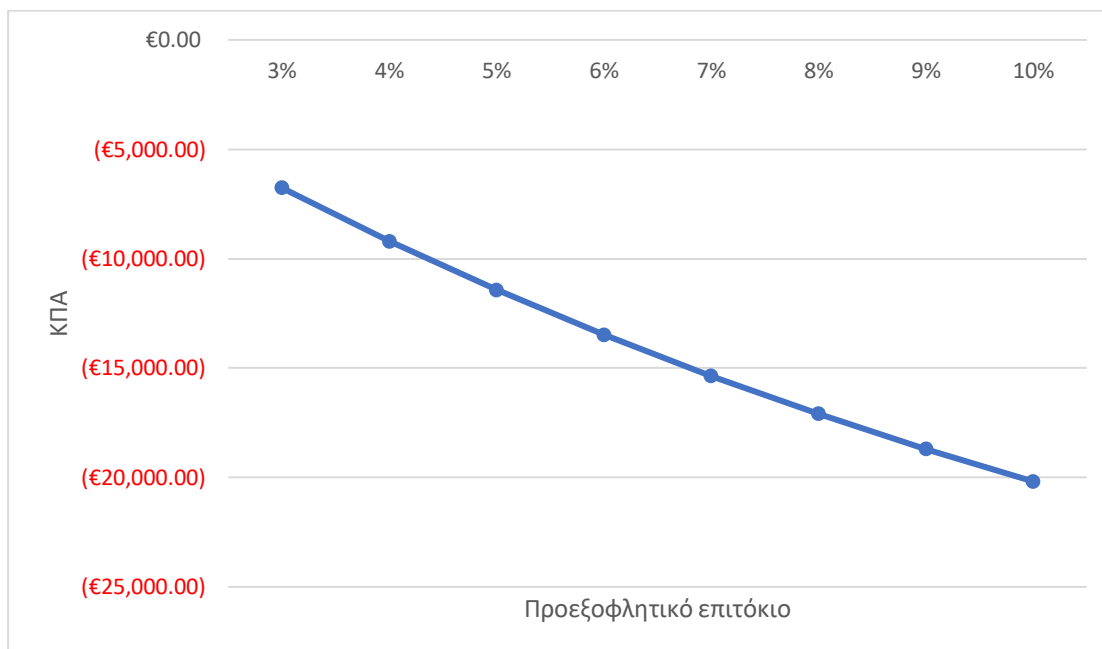
*Διάγραμμα 6.3: Παρουσιάζεται η ΚΠΑ σε σχέση με το προεξοφλητικό επιτόκιο για το 3<sup>ο</sup> σενάριο.*



#### 4<sup>ο</sup> Σενάριο , χωρίς επιχορήγηση με 100% ίδια κεφάλαια

Το κόστος εγκατάστασης σε αυτή την περίπτωση είναι 50.000 ευρώ όπως και στις προηγούμενες όμως όλο το ποσό θα καλυφθεί από τα χρήματα του επενδυτή, η ΚΠΑ παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα και είναι και πάλι αρνητική.

Διάγραμμα 6.4: Παρουσιάζεται η ΚΠΑ σε σχέση με το προεξοφλητικό επιτόκιο για το 4<sup>ο</sup> σενάριο



Παρατηρούμε λοιπόν ότι από 4 αυτά σενάρια για τις διάφορες τιμές του προεξοφλητικού επιτόκιου τα δυο πρώτα μόνο γίνονται αποδεκτά και συνεπώς θα επιλεγθούν με την μέθοδο της ΚΠΑ.

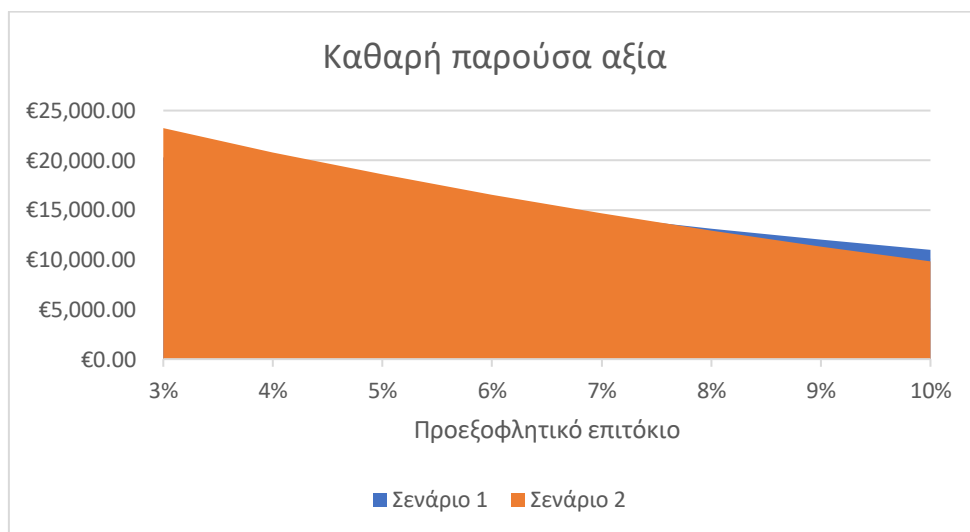
Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης και η περίοδος επανείσπραξης για τα τέσσερα αυτά σενάρια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.4: Για τα τέσσερα σενάρια παρουσιάζεται ο ΕΒΑ και η περίοδος επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου.

Σενάρια	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	Περίοδος επανείσπραξης
Με επιχορήγηση 60%, δάνειο 20%, ίδια κεφάλαια 20%	30,45%	3 έτη
Με επιχορήγηση 60%, δάνειο 40%	19,52%	5 έτη
Χωρίς επιχορήγηση, δάνειο 50% , ίδια κεφάλαια 50%	-9,18%	Ο επενδυτής δεν επανεισπράττει το κεφάλαιο κατά την διάρκεια της επένδυσης
Χωρίς επιχορήγηση, ίδια κεφάλαια 100%	0,61%	12 έτη

Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης και η περίοδος επανείσπραξης έρχονται σε συμφωνία και προκρίνουν το 1<sup>ο</sup> σενάριο με EBA=30,45% και περίοδο επανείσπραξης του κεφαλαίου τα 3 έτη, το αμέσως επόμενο σενάριο είναι το 2<sup>ο</sup> με EBA=19,52% και περίοδο επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου είναι τα 5 έτη που είναι και απόλυτα λογικό καθώς στα συγκεκριμένα σενάρια συμπεριλαμβάνεται και η επιχορήγηση η οποία καλύπτει το 60% της αρχικής επένδυσης. Για τα δυο αυτά σενάρια για τιμές του προεξοφλητικού επιτοκίου μικρότερες του 8% προκρίνεται το δεύτερο σενάριο ενώ για τιμές μεγαλύτερες ή ίσες του 8% επιλέγεται το πρώτο σενάριο διότι έχει μεγαλύτερη ΚΠΑ όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα .

Διάγραμμα 6.5: Παρουσιάζεται η ΚΠΑ σε σχέση με το προεξοφλητικό επιτόκιο για τα 2 καλύτερα σενάρια.

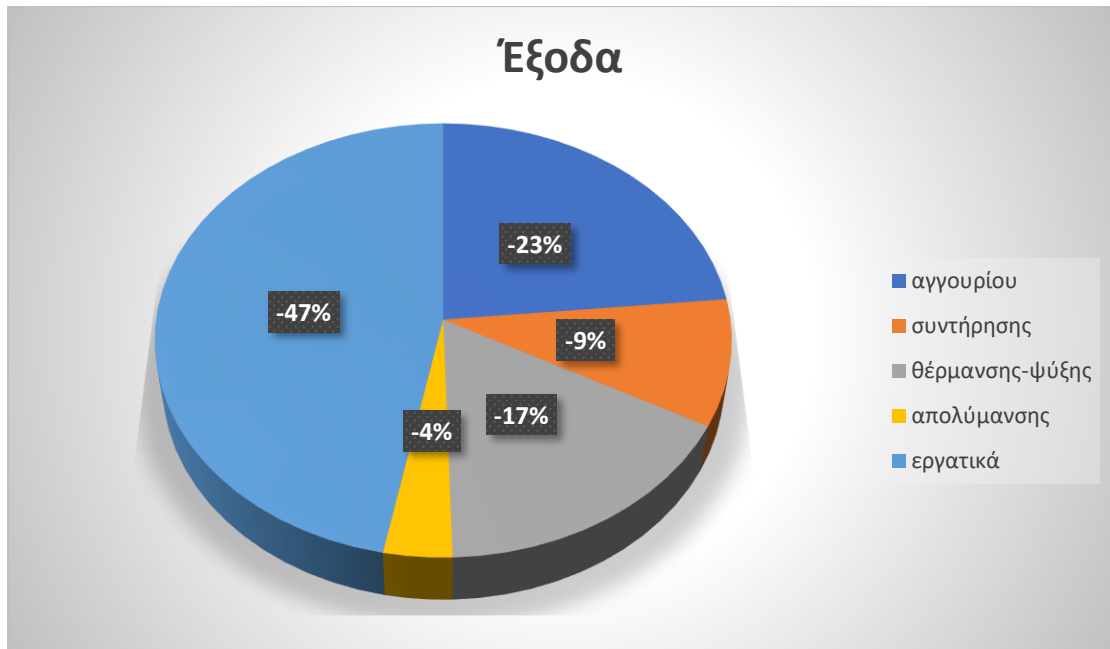


Διάγραμμα 6.6: Ποσοστά εσόδων για τα δυο προϊόντα.





**Διάγραμμα 6.7:** Τα ποσοστά ανά είδος εξόδων τα οποία είναι κοινά σε όλα τα σενάρια.



Να σημειωθεί ότι τα έξοδα παραγωγής του μαρουλιού έχουν αφαιρεθεί από την τιμή πωλήσεις καθώς μπορούσε να υπολογιστεί προσεγγιστικά ανά τεμάχιο και όχι στο σύνολο της παραγωγής. Παρατηρούμε ότι το 92% των εσόδων προέρχονται από το αγγούρι αφαιρώντας τα έξοδα παραγωγής του. Όσον αφορά τα έξοδα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των εξόδων είναι τα εργατικά και τα οποία δύσκολα μπορούν να μειωθούν όπως επίσης και τα έξοδα καλλιέργειας του αγγουριού όπου το 50% περίπου από τα 2000 είναι για την αγορά φυτών.

Θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας της επένδυσης για το 1<sup>ο</sup> σενάριο για προεξοφλητικό επιτόκιο 8% και θα μεταβληθεί η τιμή πώλησης του αγγουριού ανά 10% καθώς αυτό φέρνει τα μεγαλύτερα έσοδα στην επένδυση στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις διάφορες τιμές που προέκυψαν για την ΚΠΑ τον ΕΒΑ και την περίοδο επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου

**Πίνακας 6.5:** Παρουσιάζεται η ΚΠΑ, ο ΕΒΑ και η περίοδος επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης ανάλογα με την μεταβολή στην τιμή πώλησης του αγγουριού.

Ποσοστό	Τιμή ανά κιλό (ευρώ)	ΚΠΑ	ΕΒΑ	Περίοδος επανείσπραξης (έτη)
0	0,6	13.111,22 €	30,45%	3
10%	0,66	22.154,51 €	43,72%	3
20%	0,72	31.197,81 €	56,44%	2
-10%	0,54	4.067,93 €	15,76%	6
-20%	0,4	-4.975,37 €	-4,39%	Δεν επανεισπράττει το αρχικό κεφάλαιο ο επενδυτής

Παρατηρούμε λοιπόν από τον πίνακα ότι μια μικρή μεταβολή της τάξης του 10% με 20% στην τιμή πώλησης του αγγουριού έχει μεγάλο αντίκτυπο στην επένδυση και στα έσοδα που θα έχει ο επενδυτής, παρατηρούμε ότι μια μείωση της τάξης του 20% κάνει την επένδυση μη συμφέρουσα και αντίστοιχα μια αύξηση κάνει την επένδυση εξαιρετική με πολύ υψηλό ΕΒΑ και σε δυο χρόνια ο επενδυτής επανεισπράττει τα χρήματα που επένδυσε.

Σε αυτό το σημείο θα μεταβάλουμε την διάρκεια του δανείου από τα 12 χρόνια στο μισό δηλαδή σε 6 χρόνια και θα δούμε για τις διάφορες τιμές πώλησης του αγγουριού πως θα αλλάξουν τα αποτελέσματα. Καθώς με αυτό τον τρόπο έχεις μικρότερες ταμειακές ροές τα πρώτα έξι χρόνια όμως οι τόκοι μειώνονται καθώς εξαρτώνται από την διάρκεια του δανείου. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα έσοδα και τα έξοδα για την παραπάνω υπόθεση και τιμή πώλησης του αγγουριού στα 60 λεπτά το κιλό.

*Πίνακας 6.5: Παρουσιάζονται τα έσοδα και τα έξοδα για το 1<sup>ο</sup> σενάριο με διάρκεια δανεισμού τα 6 έτη.*

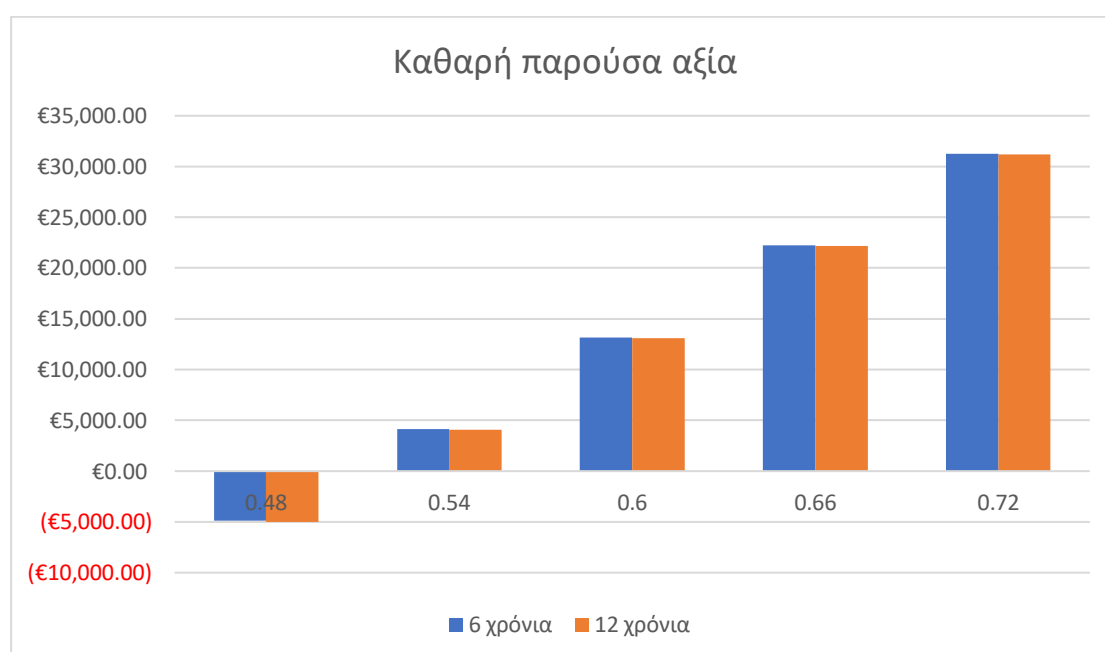
έτη	Κέρδη αγγουριού	Έξοδα παραγωγής αγγουριού	Κέρδη μαρουλιού	Κόστος συντήρησης	Κόστος θέρμανσης-ψύξης	Κόστος απολύμανσης	Δόση δανείου	Κόστος εργασίας
1	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-2104	-4000
2	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-2104	-4000
3	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-2104	-4000
4	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-2104	-4000
5	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	-2104	-4000
6	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	-2104	-4000
7	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	0	-4000
8	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	0	-4000
9	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	0	-4000
10	12000	-2000	850	-2800	-1419	-300	0	-4000
11	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	0	-4000
12	12000	-2000	850	-400	-1419	-300	0	-4000

*Πίνακας 6.7: Παρουσιάζεται η ΚΠΑ, ο ΕΒΑ και η περίοδος επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης ανάλογα με την μεταβολή στην τιμή πώλησης του αγγουριού για διάρκεια δανεισμού τα 6 έτη.*

Ποσοστό	Τιμή ανά κιλό (ευρώ)	ΚΠΑ	ΕΒΑ	Περίοδος επανείσπραξης (έτη)
-20%	0,48	-4.905,00 €	0,56%	11
-10%	0,54	4.138,29 €	13,84%	8
0	0,6	13.181,58 €	25,99%	4
10%	0,66	22.224,88 €	37,89%	3
20%	0,72	31.268,17 €	49,78%	2

Παρατηρούμε από το πίνακα ότι για τις τέσσερις πρώτες τιμές όπου και η ΚΠΑ είναι θετική ο ΕΒΑ μειώνεται σημαντικά και αυτό συμβαίνει διότι τα πρώτα χρόνια έχουμε αυξημένες υποχρεώσεις λόγω υψηλής δόσης δανείου και αυτό μεγαλώνει τον κίνδυνο για την επένδυση. Στην περίοδο επανείσπραξης επειδή δεν έχουμε χωρίσει το έτος σε μήνες δεν φαίνεται να την επηρεάζει για το δεύτερο και το τρίτο ποσοστό, όμως στα υπόλοιπα παρατηρούμε σημαντική αλλαγή το οποίο είναι λογικό εφόσον τα έσοδα είναι μειωμένα τα πρώτα 6 χρόνια. Όσον αφορά την ΚΠΑ βλέπουμε ότι είναι σταθερά ανεβασμένη σε όλα τα ποσοστά και αυτό συμβαίνει λόγω του γεγονότος που μειώθηκαν οι τόκοι στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ΚΠΑ για τις διάφορες τιμές πώλησης του προϊόντος.

*Διάγραμμα 6.8 . Παρουσιάζεται η ΚΠΑ για τις δυο περιπτώσεις της χρονικής διάρκειας του δανείου.*



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες μπορούν να μοιάζουν σε πολλούς εύκολες όμως για να γίνεις επαγγελματίας και να βγάζεις ένα ικανοποιητικό εισόδημα είναι αρκετά δύσκολο. Για διάφορους λόγους, αρχικά οι συνθήκες πολλές φορές δεν είναι ευνοϊκές και διαφέρουν από χρονιά σε χρονιά, έτσι μια χρονιά μπορεί να είναι επιτυχημένη ωστόσο μπορεί οι επόμενες να μην είναι και να υπάρχει ζημία για τον παραγωγό. Αυτό συμβαίνει διότι ανάλογα τις συνθήκες που επικρατούν κάθε χρόνο διαφέρουν οι ανάγκες που έχουν τα φυτά καθώς και οι ασθένειες γι' αυτό απαιτείται καλή γνώση του αντικειμένου και μεγάλη εμπειρία ώστε να «διαβάσει» την χρονιά να κάνει τις σωστές επιλογές ο γεωργός όπου θα του αποφέρει το μέγιστο δυνατό κέρδος.

Τα θερμοκήπια είναι ένα είδος καλλιέργειας η οποία απαιτεί πολύ χειρωνακτική εργασία ανάλογα και το είδος καλλιέργειας φυσικά. Οι συνθήκες στο εσωτερικό του μπορεί να είναι μη ελεγχόμενες , μερικώς ελεγχόμενες και πλήρως ελεγχόμενες που είναι στα σύγχρονα θερμοκήπια. Ο βασικός στόχος των θερμοκηπίων είναι η παραγωγή προϊόντων

εκτός εποχής και ουσιαστικά στην Ελλάδα αναφερόμαστε κυρίως σε προϊόντα όπου δεν μπορούν να παραχθούν εκτός θερμοκηπίου τους χειμερινούς μήνες και ο μοναδικός τρόπος παραγωγής είναι σε θερμοκήπια και μάλιστα απαιτούν θέρμανση κάποιους μήνες ανάλογα την περιοχή στην οποία βρίσκεται και το προϊόν που παράγεται καθώς ορισμένα απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες δεν είναι εύκολο να επιτευχθούν με μια απλή κάλυψη. Τα προϊόντα εκτός εποχής έχουν μια ζήτηση η οποία συνήθως υπερβαίνει την παραγωγή και γι' αυτό έχουν υψηλή τιμή συνήθως αυτή η αυξημένη τιμή μαζί με την αύξηση της παραγωγής καλύπτουν τα επιπλέον κόστη όπου απαιτεί η κατασκευή του και η συντήρηση της στην συνέχεια. Όμως το κόστος αυτό καθώς και η έλλειψη τεχνογνωσίας κάνουν τους αγρότες να αποφεύγουν τις συγκεκριμένες επενδύσεις. Συνήθως μόνο οι αγρότες οι οποίοι βρίσκονται σε πολύ ευνοϊκές συνθήκες ρισκάρουν να επενδύσουν σε θερμοκήπια καθώς ο κίνδυνος της αποτυχίας είναι αρκετά μεγάλος.

Τα θερμοκήπια είναι από τους πιο εξελιγμένους κλάδους στην γεωργία και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικοί πρόοδοι για την εξέλιξη του υλικού κάλυψης καθώς και των συστημάτων που ελέγχουν τις συνθήκες. Τα κόστη για state of the art θερμοκήπια είναι απαγορευτικά για μικρούς και μεσαίους παράγωγους ακόμα και μεγάλες εταιρίες δεν ρισκάρουν να κατασκευάσουν τέτοια θερμοκήπια καθώς ο κίνδυνος είναι μεγάλος.

Στην παρούσα εργασία έγινε μελέτη κατασκευής αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά κάθε τύπου του θερμοκηπίου καθώς και των περισσότερων υλικών κάλυψης. Παρουσιάστηκαν αναλυτικά συστήματα για θέρμανση, ψύξη καθώς και εξαερισμού. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο έγινε η ανάλυση του τρόπου υπολογισμού των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη. Για την ψύξη εφαρμόστηκε η μέθοδος η οποία βρέθηκε από την βιβλιογραφία όπου υπολόγιζε αρχικά το ύψος της υγρής παρειάς και από εκεί με βάση και τα κλιματολογικά δεδομένα και κάποια δεδομένα που υπάρχουν για το συγκεκριμένο σύστημα υπολογίζει της ενεργειακές ανάγκες σε ψύξη για κάθε θερμοκήπιο.

Για τις ενεργειακές ανάγκες σε θέρμανση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του ενεργειακού ισοζυγίου είναι μια εύκολη σχετικά μέθοδος όπου δίνει καλά αποτελέσματα χωρίς να απαιτεί πολλά μετεωρολογικά δεδομένα και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα με μια δεύτερη την μέθοδο των βαθμωρών θέρμανσης στην συγκεκριμένη μέθοδο οι ανάγκες στις πολύ θερμές περιοχές συχνά υποεκτιμούνται καθώς χρησιμοποιεί τις μέσες θερμοκρασίες είναι μια καλή μέθοδος χωρίς να απαιτεί πολλά δεδομένα ουσιαστικά τα μόνα μετεωρολογικά δεδομένα που χρειάζεται είναι οι μέσες ελάχιστες και οι μέσες μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες. Οι ενεργειακές ανάγκες στην δεύτερη μέθοδο υπολογίστηκαν λιγότερες όπως ήταν αναμενόμενο. Όμως και σε αυτή την περίπτωση το κόστος για την κάλυψη της συγκεκριμένης απώλειας ενέργειας είναι μεγάλο.

Τα οικονομικά αποτελέσματα της επένδυσης παρουσίασαν μεγάλο ενδιαφέρον καθώς από τα 4 σενάρια που μελετήθηκαν οι επενδύσεις κρίθηκαν ως συμφέρουσες κυρίως μόνο στην περίπτωση όπου υπήρχε επιδότηση από το κράτος κατά 60%. Έπειτα στην ανάλυση ευαισθησίας που έγινε για το 1<sup>ο</sup> σενάριο είδαμε ότι μια μικρή μεταβολή στην τιμή πώλησης του προϊόντος μπορεί είτε να εγκρίνει είτε να απορρίψει την επένδυση, αυτό σημαίνει ότι επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες. Παρατηρήθηκε ότι η χρήση του δανείου επηρεάζει σε ένα μικρό ποσοστό τους διάφορους χρηματοοικονομικούς δείκτες και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν καθορίζει την απόφαση του επενδυτή εκτός από την

περίπτωση που είναι στο όριο τότε ένα δάνειο με μικρότερη διάρκεια συνεπώς και με λιγότερο τόκο φέρνει καλύτερα αποτελέσματα στον επενδυτή.

Γενικά υπάρχουν πολλά περιθώρια ανάπτυξης τέτοιων επενδύσεων με σύγχρονα υλικά τα οποία μπορούν να περιορίσουν τα κόστη θέρμανσης και ψύξης ή άλλα συστήματα τα οποία θα μεγιστοποιήσουν την παραγωγή όπως είναι η υδροπονία. Στην Ελλάδα παρόλο που το θερμό κλίμα που επικρατεί βοηθάει τέτοιες επενδύσεις επειδή μειώνει το κόστος εγκατάστασης και το κόστος θέρμανσης βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν πάρα πολλά στρέμματα με θερμοκηπιακές εγκατάστασης. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας καθώς αν δεν υπάρχει επιδότηση από κάποιο πρόγραμμα συχνά η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα, ακόμα και αν υπάρχει επιδότηση θα πρέπει να υπάρξει μεγάλη προσοχή καθώς μπορούν εύκολα να μην πάνε καλά τα πράγματα διότι υπάρχουν πολύ εξωγενείς παράγοντες που τα επηρεάζουν όπως είναι οι καιρικές συνθήκες οι επιδημιολογικές ασθένειες η έλλειψη τεχνογνωσίας η αύξηση τιμών όπως στα λιπάσματα, τα καύσιμα κ.α. Το άλλο μειονέκτημα που υπάρχει στην χώρα μας είναι το γεγονός ότι τους καλοκαιρινούς μήνες συνήθως δεν βάζουν κάποιο προϊόν καθώς επικρατούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες και δεν αναπτύσσονται ή χαλάνε. Επίσης η πληθώρα σε υπαίθρια προϊόντα κάνει αυτά του θερμοκηπίου μη ανταγωνιστικά καθώς έχουν μεγαλύτερο κόστος παραγωγής.

Συνοψίζοντας με βάση την παρούσα εργασία και γνωρίζοντας τις συνθήκες που επικρατούν στην χώρα μας θα μπορούσαμε να προβούμε στα εξής συμπεράσματα. Αρχικά τα θερμοκήπια στην απλή τους μορφή χωρίς δηλαδή συστήματα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού ευδοκιμούν μόνο σε ελάχιστες περιοχές της χώρας. Για πιο σύγχρονα θερμοκήπια με έλεγχο του περιβάλλοντος στο εσωτερικό απαιτεί μεγάλο κόστος και καλή τεχνογνωσία το οποίο κόστος αν δεν επιχορηγηθεί κατά ένα ποσοστό κάνει την επένδυση μη κερδοφόρα. Στα περισσότερα θερμοκήπια στην χώρα μας οι συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό τους δεν είναι οι απαιτούμενες και αυτό συμβαίνει για να μειώσουν το κόστος παραγωγής θυσιάζοντας βέβαια ένα μικρό μέρος της παραγωγής καθώς δεν αναπτύσσονται εξίσου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΝΑΦΟΡΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μαυρογιαννόπουλος Γ. 2005 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΑΘΗΝΑ ΣΤΑΜΟΥΛΗ ΑΘ
2. Μεϊντάνη Χ. Κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε θερμοκήπια, διπλωματική, ΕΜΠ διαθέσιμο στο :  
[https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3721/meidanisc\\_gre\\_enhouses.pdf?sequence=3](https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3721/meidanisc_gre_enhouses.pdf?sequence=3)
3. Δολάπτης Κ (2014) Προοπτικές ανάπτυξης και δυνατότητα επένδυσης στα ελληνικά θερμοκήπια, διπλωματική εργασία , ΑΠΘ, διαθέσιμο στο:  
<http://ikee.lib.auth.gr/record/271604/files/%CE%B4%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%94%CE%BF%CE%BB%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%83%CE%AE%CF%82%20%CE%9A%CF%89%CE%BD%CF%83%CF%84%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%82%204851.pdf>
4. Εξάρχου Ε. , Τύποι θερμοκηπίων, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, διαθέσιμο στο :  
<https://eclass.teiwm.gr/modules/document/file.php/TEG150/2%CE%BF%20-%203%CE%BF%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF%20-%20%20%CE%A4%CF%8D%CF%80%CE%BF%CE%B9%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CF%89%CE%BD.pdf>
5. Μαυρογιαννόπουλος Γ.( 2005) ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ, ΑΘΗΝΑ ,ΣΤΑΜΟΥΛΗ ΑΘ
6. Αρέστης Π., Καράλη Ζ. (2016) ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΜΕΡΟΥΣ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΤΟΥΣ ΑΝΑΓΚΩΝ, πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ.
7. Ντούλα Ε.Γ. (2010) Διερεύνηση της κατανομής του μικροκλίματος θερμοκηπίου εξοπλισμένο με αναμεικτες αέρα , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας .
8. Μαυρογιαννόπουλος Γ.( 2005) ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ, ΑΘΗΝΑ ,ΣΤΑΜΟΥΛΗ ΑΘ



9. Τσεκούρας Α. (2017) Ενεργειακή μελέτη και εγκατάσταση καλλιέργειας οπωροκηπευτικών , πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
10. Μαυρογιαννόπουλος Γ.( 2005) ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ, ΑΘΗΝΑ ,ΣΤΑΜΟΥΛΗ ΑΘ
11. Θεοχάρης Μ. (2014) ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ, ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ, ΑΡΤΑ
12. <https://euretirio.com/>
13. Χρηματοοικονομική διοίκηση, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ .Διαθέσιμο στο : [https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/DL228/4\\_%CE%A7%CF%81%CE%B7%CE%BC.%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%AF%CE%BA%CE%B7%CF%83%CE%B7%20lecture%204-%CE%9B%CE%A7.pdf](https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/DL228/4_%CE%A7%CF%81%CE%B7%CE%BC.%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%AF%CE%BA%CE%B7%CF%83%CE%B7%20lecture%204-%CE%9B%CE%A7.pdf)
14. Δράκου Α. Καραθανάση Γ. , ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ,ΜΠΕΝΟΥ 2010

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ Α. ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Π. 2017,Ενεργειακή μελέτη και εγκατάσταση θερμοκηπίου καλλιέργειας οπωροκηπευτικών, τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών , ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, επιβλέπων Βούρος Ανδρέας.
2. Χρήστος Μειντάνης 2010, Κάλυψη ενεργειακών σε θερμοκήπια , ΕΜΠ, τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, επιβλέπων Κακαράς Εμμ.
3. Δολάπτης Κωνσταντίνος 2014, Προοπτικές ανάπτυξης και δυνατότητα επένδυσης στα Ελληνικά θερμοκήπια, ΑΠΘ, τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, επιβλέπων Βλάχος Δημήτριος
4. Παρασκευοπούλου Μαρία, 2020, θερμοκηπιακες μονάδες για την καλλιέργεια λαχανικών στον ελλαδικό χώρο, ΕΜΠ, τμήμα Χημικών Μηχανικών.
5. Ταβουλάρης Κ. , 2012, Μέσες αποδόσεις φυτικών καλλιεργειών στην Ελλάδα, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
6. Εξάρχου Ε., Τύποι θερμοκηπίων, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας
7. Δημητρέλλου Έλλη 2018, Οικονομοτεχνική μελέτη για την κατασκευή θερμοκηπίου 1 στρέμματος για την παραγωγή κηπευτικών στο ανατολικό διαμέρισμα του δήμου Πατρών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, σχολή τεχνολογίας γεωπονίας και τεχνολογίας τροφίμων και διατροφής, επιβλέπων Τσομπανόπουλος Φώτιος.
8. Αρέστης Παναγιώτης Κάραλη Ζωή ,2016 , Μελέτη ενεργειακών αναγκών θερμοκηπίων και προτάσεις για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών τους αναγκών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα, επιβλέπων Σταθάτος Ηλίας.

9. Ασπράγκαθος Αποστόλης Μπεθάνης Χρήστος, 2015, Χρήση ηλιακών συστημάτων για θέρμανση-ψύξη θερμοκηπίων και μεθοδολογίες υπολογισμού θερμικών-ψυκτικών φορτίων, ΑΠΘ, τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, επιβλέπων Γιώργος Τσιλιγκιρίδης
10. Μαρκέλλα Σ. Μαλαματένιου 2017, Επιχειρηματικό σχέδιο για εγκατάσταση δυο θερμοκηπιακών μονάδων καλλιέργειας τομάτας σε συμβατικό και υδροπονικό θερμοκήπιο και σύγκριση μεταξύ τους, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, επιβλέπων Κωνσταντίνος Τσιμπούκας.
11. Ε.Γ. Ντούλα 2011, Διερεύνηση της κατανομής του μικροκλίματος θερμοκηπίου εξοπλισμένο με αναμείκτες αέρα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σχολή Γεωπονικών επιστημών,
12. Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμοκηπίων. Διαθέσιμο στο: <https://www.aua.gr/ekk/wp-content/uploads/2017/01/%CE%A7%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%91-%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%97%CE%A0%CE%99%CE%A9%CE%9D-1.pdf>
13. Κιούσης Ε. Χαλικούρας Ι., 2021, Αποτύπωση ενεργειακών αναγκών συμβατικού θερμοκηπίου 2000m<sup>2</sup> και παρεμβάσεις με χρήση ΑΠΕ για την κάλυψη μέρους της Ενέργειας για την λειτουργία του, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, επιβλέπων Σταθάτος Ηλίας.
14. Παπακώστας Κ. , 2014, Ενοτητα 3: Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων, ΑΠΘ
15. Ο δροσισμός του θερμοκηπίου, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, διαθέσιμο στο: <https://eclass.teiwm.gr/modules/document/file.php/TEG150/7%CE%BF%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF%20-%20%CE%94%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82%2C%20%CE%95%CE%BC%CF%80%CE%BB%CE%BF%CF%85%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82%20%CE%BC%CE%B5%20CO2%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%A3%CE%BA%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7.pdf>
16. Γάκης Μ., 2017, Στατιστική και οικονομική ανάλυση αιολικών δεδομένων για την χρήση μικρών ανεμογεννητριών σε αγροτικές εφαρμογές, ΑΠΘ, επιβλέπων Γεράσιμος Μαρτζόπουλος
17. Υπουργείο Περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών
18. Ιωάννης Χαραλαμπίδης, Διοίκηση ψηφιακών επιχειρήσεων και οργανισμών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
19. Πως να επιλέξετε πολυανθρακικό για το θερμοκήπιο σας, διαθέσιμο στο : <https://el.yellowbreadshorts.com/931-how-to-choose-polycarbonate-for-your-greenhouse.html>
20. Πολυκαρβονικό υλικό. Διαθέσιμο στο <https://www.polycarbon.gr/material.html>
21. <https://www.inoxtherm.gr/aksonikos-anemisthras-imantokinhtos>

22. <http://www.minagric.gr/index.php/el/>
23. <https://www.statistics.gr/>
24. [https://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

#### Ξένη βιβλιογραφία

1. Heating, Cooling, and Ventilation systems. Available at: <https://courses.cit.cornell.edu/hort494/greenhouse/heating/heatinglft.html>
2. Marouen Ghoulem et al., 2019, Greenhouse design and cooling technologies for sustainable food cultivation in hot climates: Review of current practice and future status
3. Erdem Cuce et al., 2016, [Renewable and Sustainable Energy Reviews](#)
4. Ahmet Yildiz et al., 2012, [Renewable Energy](#)
5. V.P. Sethi, S.K. Sharma, 2007, [Solar Energy](#)
6. Alvaro Marucci Andrea Cappuccini, 2016, [Applied Energy](#)
7. Md Shamim Ahamed et al., 2019, [Biosystems Engineering](#)
8. Camelia Stanciu, 2016, [Energy Procedia](#)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**Πίνακας 9.1** Παρουσιάζονται οι ποσότητες  $A_i, B_i$  και  $F_i$  για τον υπολογισμό  $T_{max}, T_{min}$

$\alpha/\alpha$	Πόλη		min-min	mean-min	mean	mean-max	max-max
1.	Αγρίνιο	$A_i$	5,608	11,031	17,196	23,301	29,398
		$B_i$	-9,036	-7,399	-8,920	-10,558	-10,640
		$F_i$	-67,264	-63,225	-64,484	-65,130	-68,915
2.	Αθήνα	$A_i$	7,023	12,527	17,521	22,503	28,675
		$B_i$	-9,193	-7,993	-9,107	-10,241	-10,050
		$F_i$	-64,663	-61,174	-63,611	-65,395	-68,224

3.	Αλεξαν/πολη	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>		9,482 -8,182 -62,428	14,404 -9,564 -63,751	19,331 -10,935 -64,752	
4.	Αργοστόλι	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	9,232 -7,456 -61,750	14,035 -6,933 -58,224	18,178 -7,544 -59,009	22,263 -8,108 -59,726	27,383 -8,747 -65,517
5.	Αρτα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	6,899 -8,644 -67,021	11,875 -7,640 -63,186	17,457 -8,765 -64,297	22,935 -9,823 -65,016	28,301 -9,657 -68,547
6.	Βόλος	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>		12,837 -8,306 -64,770	16,872 -8,696 -64,778	20,913 -9,081 -64,822	
7.	Ζάκυνθος	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	11,051 -7,385 -56,030	14,797 -6,793 -55,464	18,290 -7,519 -58,283	21,761 -8,262 -60,851	25,542 -8,768 -62,094
8.	Ηράκλειο	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	10,253 -7,336 -56,429	14,698 -6,578 -54,719	18,406 -6,746 -57,732	22,111 -6,926 -60,546	29,174 -6,821 -69,303
9.	Θεσσαλονίκη	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>		10,366 -8,734 -65,206	15,730 -9,892 -67,750	21,063 -11,116 -69,645	
10.	Θήρα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	20,801 -8,160 -59,018	14,816 -6,742 -57,048	17,590 -7,163 -58,907	20,390 -7,597 -60,882	25,418 -7,298 -62,632
11.	Ιεράπετρα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>		15,182 -7,219 -55,159	19,374 -7,600 -57,733	23,569 -7,995 -60,025	
12.	Ιωάννινα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>		7,879 -7,713 -66,094	13,859 -8,960 -67,092	19,827 -10,755 -67,765	
13.	Καβάλα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	1,042 -10,903 -72,952	7,824 -8,355 -67,748	13,401 -9,558 -66,978	19,071 -10,802 -66,357	25,210 -9,421 -67,461
14.	Καλαμάτα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	8,138 -7,314 -62,663	12,165 -6,440 -58,261	17,842 -7,221 -57,686	23,521 -7,995 -57,225	27,701 -7,984 -60,873
15.	Κάρπαθος	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	12,993 -8,172 -60,020	16,337 -7,294 -57,693	20,033 -7,395 -58,336	23,668 -7,555 -58,482	27,217 -8,228 -62,871
16.	Κέρκυρα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	5,712 -8,425 -62,687	11,568 -6,796 -58,489	16,722 -7,853 -60,469	21,872 -8,912 -61,981	26,534 -9,470 -65,382
17.	Κοζάνη	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	0,190 -10,518 -69,340	6,922 -8,732 -65,634	12,345 -10,161 -67,482	17,845 -11,781 -68,784	25,595 -10,534 -70,689
18.	Κόρινθος	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>		13,836 -7,914 -61,168	18,133 -8,540 -63,054	22,424 -9,176 -64,841	
19.	Κύθηρα	A <sub>i</sub> B <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	10,736 -8,402 -59,978	15,375 -7,107 -56,380	17,834 -7,568 -57,298	20,399 -8,099 -58,889	25,816 -8,81 -63,870

Πίνακας 9.2 Μέση διάρκεια ημέρας για την αντιπροσωπευτική ημέρα κάθε μήνα

Μήνας	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	Ο	N	Δ
Αντιπροσωπευτική ημέρα (I)	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Απόκλιση της γης - $\delta$ , (°)	-	-	-2,42	9,41	18,79	23,09	21,18	13,45	2,22	-9,60	-	-
Γεωγραφικό πλάτος, $\varphi$ , (°)	20,92	12,95	-2,42	9,41	18,79	23,09	21,18	13,45	2,22	-9,60	-	-
	Διάρκεια της ημέρας, DL, (h)											
35,00	9,93	10,76	11,77	12,89	13,84	14,32	14,10	13,29	12,21	11,09	10,15	9,69
35,20	9,91	10,75	11,77	12,90	13,85	14,33	14,12	13,30	12,21	11,09	10,14	9,67
35,40	9,90	10,75	11,77	12,90	13,87	14,35	14,13	13,31	12,21	11,08	10,12	9,65
35,60	9,88	10,74	11,77	12,91	13,88	14,37	14,15	13,32	12,21	11,07	10,11	9,64
35,80	9,87	10,73	11,77	12,92	13,89	14,39	14,16	13,32	12,21	11,07	10,09	9,62
36,00	9,85	10,72	11,77	12,92	13,91	14,41	14,18	13,33	12,21	11,06	10,08	9,60
36,20	9,83	10,71	11,76	12,93	13,92	14,42	14,20	13,34	12,22	11,05	10,06	9,58
36,40	9,82	10,70	11,76	12,94	13,94	14,44	14,21	13,35	12,22	11,04	10,05	9,56
36,60	9,80	10,69	11,76	12,94	13,95	14,46	14,23	13,36	12,22	11,04	10,03	9,54
36,80	9,78	10,68	11,76	12,95	13,97	14,48	14,25	13,37	12,22	11,03	10,02	9,53
37,00	9,77	10,67	11,76	12,96	13,98	14,50	14,26	13,38	12,22	11,02	10,01	9,51
37,20	9,75	10,66	11,76	12,96	14,00	14,52	14,28	13,40	12,22	11,02	9,99	9,49
37,40	9,73	10,65	11,75	12,97	14,01	14,54	14,30	13,41	12,23	11,01	9,98	9,47
37,60	9,72	10,64	11,75	12,98	14,03	14,56	14,32	13,42	12,23	11,00	9,96	9,45
37,80	9,70	10,63	11,75	12,99	14,04	14,57	14,33	13,43	12,23	10,99	9,95	9,43
38,00	9,68	10,62	11,75	12,99	14,06	14,59	14,35	13,44	12,23	10,99	9,93	9,41
38,20	9,67	10,61	11,75	13,00	14,07	14,61	14,37	13,45	12,23	10,98	9,91	9,39
38,40	9,65	10,60	11,74	13,01	14,09	14,63	14,39	13,46	12,23	10,97	9,90	9,37
38,60	9,63	10,59	11,74	13,01	14,10	14,65	14,40	13,47	12,24	10,97	9,88	9,35
38,80	9,61	10,58	11,74	13,02	14,12	14,67	14,42	13,48	12,24	10,96	9,87	9,33
39,00	9,60	10,57	11,74	13,03	14,13	14,69	14,44	13,49	12,24	10,95	9,85	9,31
39,20	9,58	10,56	11,74	13,04	14,15	14,71	14,46	13,50	12,24	10,94	9,84	9,29
39,40	9,56	10,55	11,73	13,04	14,16	14,73	14,47	13,51	12,24	10,94	9,82	9,27
39,60	9,54	10,54	11,73	13,05	14,18	14,75	14,49	13,52	12,24	10,93	9,80	9,25
39,80	9,52	10,53	11,73	13,06	14,20	14,77	14,51	13,53	12,25	10,92	9,79	9,23
40,00	9,51	10,52	11,73	13,07	14,21	14,79	14,53	13,54	12,25	10,91	9,77	9,21
40,20	9,49	10,51	11,73	13,07	14,23	14,82	14,55	13,56	12,25	10,90	9,76	9,19
40,40	9,47	10,49	11,73	13,08	14,24	14,84	14,57	13,57	12,25	10,90	9,74	9,17
40,60	9,45	10,48	11,72	13,09	14,26	14,86	14,59	13,58	12,25	10,89	9,72	9,15
40,80	9,43	10,47	11,72	13,10	14,28	14,88	14,61	13,59	12,26	10,88	9,71	9,13
41,00	9,41	10,46	11,72	13,11	14,29	14,90	14,62	13,60	12,26	10,87	9,69	9,11
41,50	9,36	10,43	11,71	13,12	14,34	14,95	14,67	13,63	12,26	10,85	9,65	9,05
42,00	9,32	10,41	11,71	13,14	14,38	15,01	14,72	13,66	12,27	10,83	9,60	9,00

Πίνακας 9.3 Σχετική υγρασία για διάφορες περιοχές της Ελλάδας

Πόλη	HR <sub>mean</sub> ( % )					Πόλη	HR <sub>mean</sub> ( % )				
	Ιαν.	Απρ.	Ιουλ.	Οκτ.	Έτος		Ιαν.	Απρ.	Ιουλ.	Οκτ.	Έτος
Αγρίνιο	77	67	52	71	67	Λάρισα	82	69	49	72	67
Αθήνα	73	62	46	66	62	Λήμνος	76	71	61	73	70
Αργοστόλι	74	71	63	72	71	Μεθώνη	74	74	74	73	74
Αρτα	77	72	62	74	71	Μήλος	74	68	61	70	68
Βόλος	77	70	60	74	70	Μυτιλήνη	75	66	55	69	66
Έδεσσα	70	62	51	65	62	Νάξος	72	70	70	73	71
Ζάκυνθος	73	71	61	71	70	Ναύπλιο	76	68	55	70	67
Ηράκλειο	70	64	58	67	65	Πάτρα	73	69	60	70	68
Θεσσαλονίκη	76	68	55	71	68	Πύργος	78	75	69	76	75
Θήρα	73	70	61	72	69	Ρόδος	75	70	56	69	68
Ικαρία	71	65	50	61	62	Σάμος	72	67	58	69	67
Ιωάννινα	77	67	53	73	68	Σέρρες	78	65	55	70	67
Καβάλα	78	70	58	70	69	Σητεία	73	66	62	70	68
Καλαμάτα	73	69	58	71	68	Σκόπελος	78	72	64	76	73

Κάρυστος	77	73	62	72	72	Σκόρος	78	72	67	75	73
Κέρκυρα	75	74	63	75	71	Σουφλί	82	67	58	72	71
Κοζάνη	78	63	51	68	65	Σπάρτη	76	65	49	69	65
Κομοτηνή	74	70	52	68	66	Τρίκαλα	79	65	48	71	65
Κόνιτσα	72	63	51	65	63	Τρίπολη	79	63	46	69	65
Κόρινθος	75	68	59	70	68	Φλώρινα	84	65	57	72	70
Κύθηρα	73	68	55	68	66	Χαλκίδα	77	66	55	69	67
Κως	71	66	64	69	67	Χανιά	73	67	57	70	66
Λάμια	75	62	51	68	64	Χίος	74	65	50	67	64

Εικόνα 9.1 Διάγραμμα Mollier

