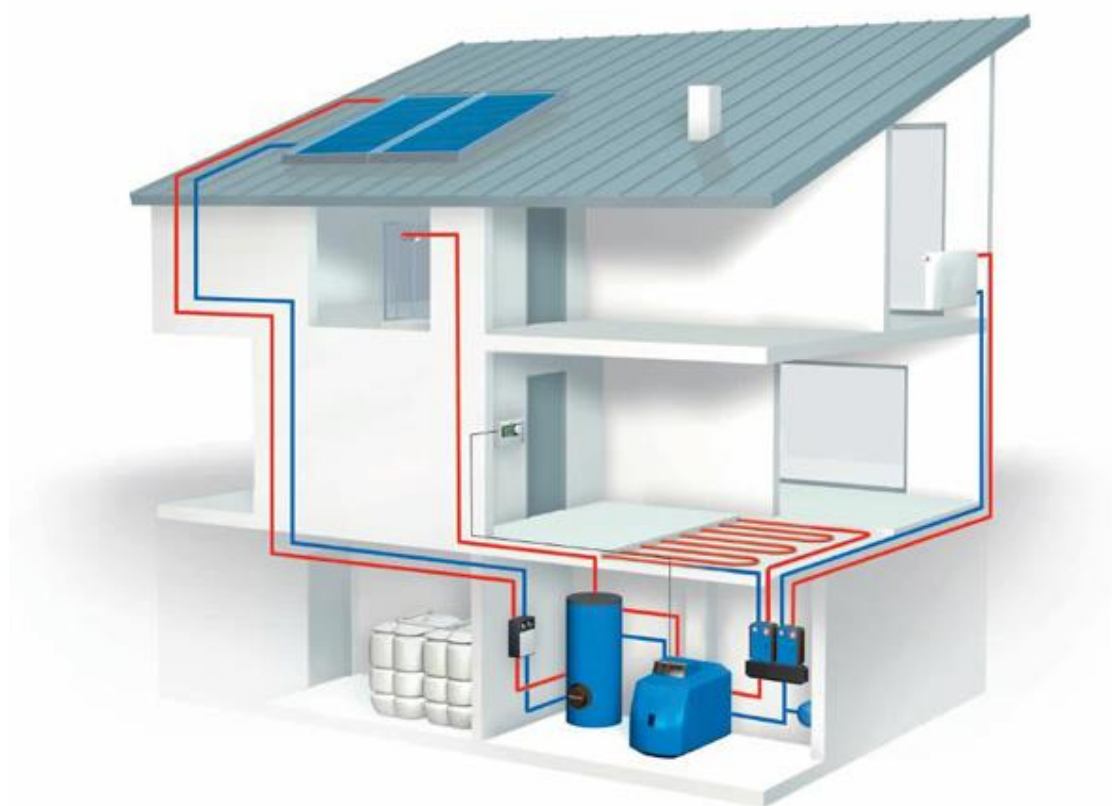




**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

---

**Θέμα :ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΙΛΑΜΑΚΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**Α.Μ.:5341**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κος ΚΑΤΣΑΜΠΡΑΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2017**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	7
1.2 SOLAR COMBI SYSTEM.....	10
1.3 ΕΠΠΕΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ.....	12
1.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	13
1.5 ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΠΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	14
1.6 ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΣ.....	15
1.7 ΧΡΩΜΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ.....	16
1.8 ΤΖΑΜΩΣΗ.....	16
1.9 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	17
1.10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	17

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

2.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΙΑ ΑΙΧΜΗ.....	18
2.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΝΑ ΩΡΑ.....	20
2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	26
2.4 ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	31
2.5 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	32

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ COMBI SYSTEM**

3.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ.....	34
3.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ.....	41

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ**

4.1 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	50
4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	52
4.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	53

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Γνωρίζουμε ότι εποχή που ζούμε όλο και περισσότερος κόσμος αδυνατεί να καλύψει τα έξοδα για την θέρμανση της κατοικίας τους κατά την χειμερινή περίοδο. Στην εργασία που ακολουθεί θα προσπαθήσουμε να μειώσουμε αυτό το πρόβλημα με μια επένδυση που να μπορεί να μας μειώνει τα ετήσια έξοδα μας.

Η επένδυση που μόλις ανέφερα είναι ένα σύστημα θέρμανσης solar combi. Που σημαίνει ότι τοποθετούμε μια συστοιχία ηλιακών συλλεκτών στην οροφή ,που καταλήγουν σε ένα θερμοδοχείο για την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας και την αξιοποίησης της για την θέρμανση της οικίας μας.

Για την αριθμητική προσομοίωση του συστήματος θα χρησιμοποιήσουμε μια κατοικία στο Ηράκλειο Κρήτης.

- Στην οποία θα γίνει μελέτη για το ενδοδαπέδιο σύστημα διανομής θέρμανσης.
- Αναλυτικός υπολογισμός θερμικών κερδών από ηλιακούς συλλέκτες και την αποθήκευση τους.
- Αναλυτικός υπολογισμός θερμικής παραγωγής από καυστηρά βιομάζας με υλικό καύσης πέλλετ.
- Αναλυτικός υπολογισμός θερμικής παραγωγής από καυστηρά βιομάζας με υλικό καύσης πέλλετ για ισχίων σύστημα θέρμανσης, μόνο καυστηρά βιομάζας με υλικό καύσης πέλλετ.

Έπειτα θα γίνει η οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης στου συστήματος combi για την βέλτιστη απόσβεση και οικονομία ανά έτος και θα κρίνουμε αν η επένδυση είναι βιώσιμη και αν θα μπορέσει να επωφεληθεί ο ενδιαφερόμενος επενδυτής.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Πριν και πάνω από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κατσαπρακάκη Δημήτρη για την αμέριστη υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής αλλά και για την πρόταση του για αυτήν την εργασία στο αντικείμενο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που στοχεύω να ασχοληθώ και στο μέλλον.

Επίσης ευχαριστώ θερμά όλους τους καθηγητές του τμήματος Μηχανολογίας του Τ.Ε.Ι. Ηράκλειου, οι οποίοι με καθοδήγησαν και με δίδαξαν σ' όλο το διάστημα της φοίτησής μου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός όλων των εγκαταστάσεων θέρμανσης στις οικοδομικές εφαρμογές είναι η δημιουργία κατά τον χειμώνα κατάλληλων θερμοκρασιακών συνθηκών του χώρου, ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη και υγιεινή διαμονή των ατόμων. Με άλλα λόγια με τις εγκαταστάσεις θέρμανσης επιδιώκεται κατά την χειμερινή περίοδο η διατήρηση στους χώρους διαμονής κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας.

Τα βασικά που πρέπει να μας εξασφαλίζει μια εγκατάσταση θέρμανσης σε κατοικημένους χώρους είναι :

- 1) Ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας
- 2) Να μην επηρεάζει δυσμενώς την καθαρότητα του αέρα στους θερμαινόμενους χώρους
- 3) Να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο
- 4) Να έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- 5) Να μην ρυπαίνει το περιβάλλον
- 6) Να είναι εύκολη στο χειρισμό της και να μας εξασφαλίζει ακίνδυνη λειτουργία
- 7) Να μπορεί να ικανοποιήσει απόλυτα τις ανάγκες θέρμανσης των κατοίκων, ακόμα και σε πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες
- 8) Να είναι καλαίσθητοι και να ταιριάζει με την εσωτερική αρχιτεκτονική του χώρου εγκατάστασής της.

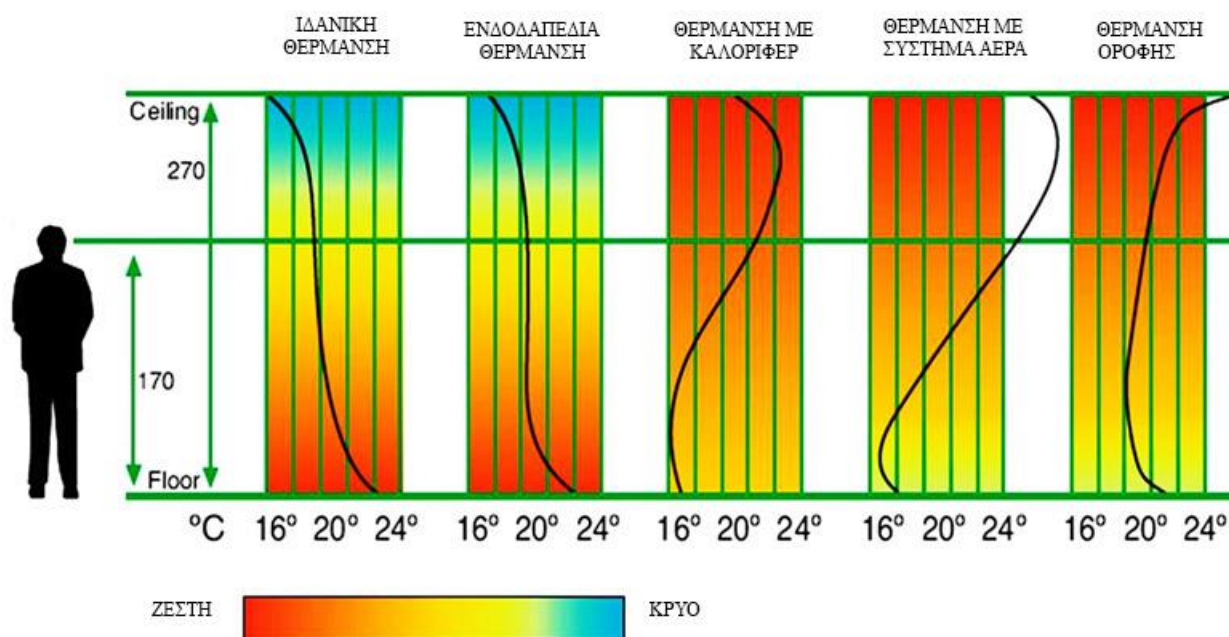
Η θερμότητα ως γνωστόν είναι μία μορφή ενέργειας η οποία προέρχεται από την παλμική κίνηση των μορίων της ύλης. Άλλες μορφές ενέργειας είναι η ηλεκτρική , η μηχανική, η ηλιακή, η αιολική , η χημική και τέλος η πυρηνική ενέργεια.

Οι τρόποι που μεταδίδεται η θερμότητα είναι οι εξής:

- Μετάδοση με αγωγιμότητα ( μέσω των μορίων του σώματος )
- Μετάδοση με μεταφορά

Ο δεύτερος τρόπος μετάδοσης της θερμότητας εμφανίζεται στα υγρά και τα αέρια (ρευστά). Χρησιμοποιείται ευρύτατα στην κεντρική θέρμανση τόσο για το νερό (θέρμανση με φυσική κυκλοφορία χωρίς κυκλοφορητή) όσο και για τον αέρα (θερμαντικά σώματα)

- Μετάδοση με ακτινοβολία ( ηλιακή θερμότητα , θέρμανση δαπέδου ).



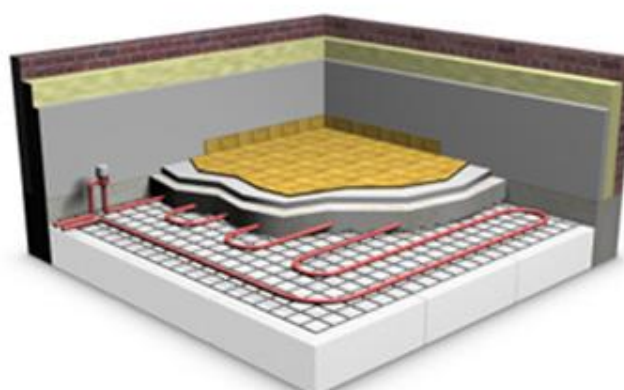
Εικόνα 1.1: Διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών ανά είδος θέρμανσης .

### 1.1 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Το συγκεκριμένο σύστημα θα μπορούσε να πει κάποιος ότι έχει τις ρίζες του στα κλασικά χρόνια όπου οι Έλληνες είχαν την δυνατότητα για ζεστό μπάνιο σε δημόσια λουτρά. Όμως η εφεύρεση ενός ολοκληρωμένου συστήματος θέρμανσης των λουτρών, των χώρων και του νερού, ανήκει στους Ρωμαίους, έναν λαό που λάτρευε τις ανέσεις και επεδίωκε την πολυτέλεια. Έτσι επινόησαν ένα προηγμένο σύστημα, τα υπόκαυστα. Οι πηγές, αναφέρουν τον Γάιο Σέργιο Οράτα ως τον εμπνευστή των υποκαύστων, γύρω στο 80 π.Χ. Τα υπόκαυστα, ήταν χαμηλοί και συνήθως υπόγειοι χώροι κάτω από τα δάπεδα των δωματίων του λουτρού όπου κυκλοφορούσαν τα καυτά αέρια που παραγόταν από την φωτιά που έκαιγε στην εστία . Οι χώροι αυτοί δημιουργούνταν με την υπερύψωση των δαπέδων και την έδρασή τους πάνω σε στυλίσκους.

Αργότερα, το σύστημα ξεχάστηκε και οι πρώτες προσπάθειες για την επαναφορά του συναντιούνται στις αρχές του αιώνα μας, όμως, με αποτυχία καθώς οι προς χρήση σωλήνες είναι μεταλλικοί και διαβρώνονται εύκολα. Στη δεκαετία του 1970 η ανάπτυξη της βιομηχανίας των πλαστικών σωλήνων και των μονωτικών υλικών επιτρέπουν την επιτυχημένη εφαρμογή του συστήματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, όπως το φέρουμε σήμερα.

Στην ενδοδαπέδια θέρμανση το δάπεδο λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα. Οι σωλήνες κατανέμουν τη θερμότητα εκεί που χρειάζεται (και όχι στο υπόγειο ή στους εξωτερικούς τοίχους) και αποδίδουν με ελάχιστη αδράνεια και με χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Εξάλλου, εξαιτίας της ειδικής συστάσεως του θερμομετόν (που είναι απαλλαγμένο από φυσαλίδες αέρα), όλη η θερμότητα ακτινοβολείται στον εσωτερικό χώρο. Ακόμα, η πυκνή



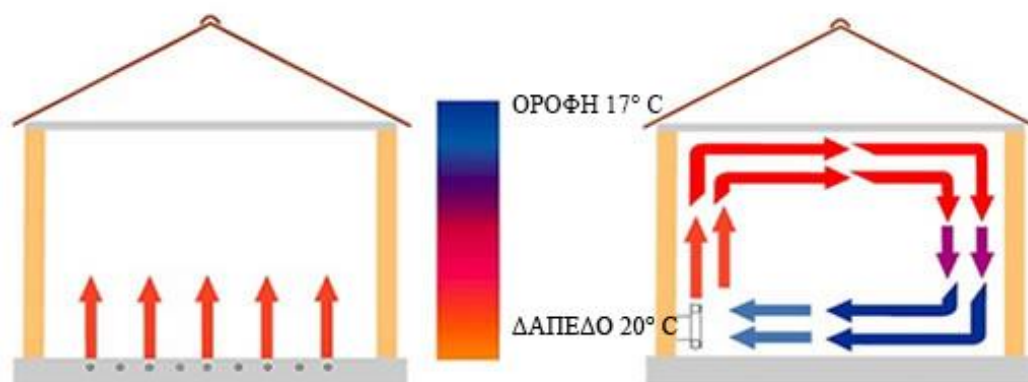
Εικόνα 1.2: ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

διάστρωση των σωλήνων κοντά στους εξωτερικούς τοίχους αναχαιτίζει το ψύχος, ενώ η αραιότερη διάστρωσή τους στο εσωτερικό των δωματίων επιτρέπει την χαμηλότερη μετάδοση θερμικών φορτίων. Χάρη στις μικρές θερμοκρασίες δαπέδου, περίπου 26°C - 28°C, δεν παρατηρούνται καθόλου μετακινήσεις αερίων μαζών με ό,τι αυτό συνεπάγεται (αιωρούμενη σκόνη, βακτηρίδια, μικρόβια κ.α.).

## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ομοιόμορφη Θερμική Άνεση

Η θέρμανση του χώρου πραγματοποιείται με ακτινοβολία θερμότητας από το δάπεδο, και διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο προσφέροντας μία φυσική ζεστασιά. Θερμαίνει με ευχάριστο και βιολογικά ορθό τρόπο, καθώς ζεσταίνει περισσότερο τα άκρα, αφήνοντας πιο δροσερό το κεφάλι. Η πιο αποδεκτή και επιτυχή θερμοότητα του χώρου είναι εκείνη κατά την οποία η θερμοκρασία του δαπέδου (στα κάτω άκρα) κυμαίνεται μεταξύ 19 και 29 ° C και πιο ψηλά (προς το κεφάλι μας) η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 20 και 24 ° C



Εικόνα 1.3: Διάγραμμα κατανομής θερμοκρασιών στο χώρο για ενδοδαπέδια θέρμανση και θέρμανση με θερμαντικά σώματα αντίστοιχα.

- Υγεία

Στην ενδοδαπέδια θέρμανση λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών του νερού προσαγωγής ο αέρας δε ζεσταίνεται πέραν των 25°C και έτσι δε χάνει την υγρασία του, με αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα να μη γίνεται αποπνικτική. Επιπρόσθετα το δάπεδο ακτινοβολεί τη θερμότητα, συνεπώς δεν μεταφέρονται μικρόβια και δεν παρατηρούνται ρεύματα αέρα. Επομένως, είναι ιδανική για άτομα με αλλεργίες, αναπνευστικά προβλήματα. Επίσης σημαντικό είναι ότι λόγω χαμηλών θερμοκρασιών και έλλειψης ρευμάτων αέρα δεν υπάρχουν μαυρίσματα στους τοίχους του χώρου που θερμαίνουμε έτσι ώστε ο χώρος να παραμένει καθαρός

- Αισθητική

Αποδέσμευση χώρου από τα θερμαντικά σώματα στους τοίχους και εξοικονόμηση χώρου στο διαμέρισμα καταλήγοντας σε ένα άρτιο αισθητικά και αρχιτεκτονικά αποτέλεσμα.

- Οικονομία

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι κατά 35% οικονομικότερη στη λειτουργία από μια συμβατική θέρμανση. Κάτι τέτοιο εξηγείται από το ότι η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής στους σωλήνες φτάνει τους 45°C, ενώ στο καλοριφέρ τους 80°C. Είναι γνωστό ότι όσο χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το νερό τροφοδοσίας ενός συστήματος θέρμανσης, τόσο πιο αποδοτικά δουλεύουν οι λέβητες, οι αντλίες θερμότητας και οι ηλιακοί συλλέκτες. Αν δε αναλογιστεί κανείς ότι για κάθε 1°C μείωσης της θερμοκρασίας προσαγωγής, έχουμε οικονομία καυσίμου 3%, τότε γίνεται αντιληπτό το όφελος να διατηρούμε τη θερμοκρασία νερού λειτουργίας όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Το νερό



προσαγωγής είναι 30°C - 40°C ενώ στα κοινά θερμαντικά σώματα ανέρχεται στους 70°C - 80°C. Η διαφορά αυτή έχει ως αποτέλεσμα, λιγότερες ώρες λειτουργίας του λέβητα και επομένως χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου.

- Μικρότερες απώλειες

Επίσης, παρατηρούνται λιγότερες απώλειες στις σωληνώσεις και στους χώρους της οροφής, των τοίχων και του αερισμού, καθώς δε χρειάζεται να θερμανθεί ο αέρας.

- Φιλική τεχνολογία ως προς το περιβάλλον

Λιγότερες ώρες λειτουργίας του λέβητα συνεπάγονται λιγότερη απελευθέρωση καυσαερίων, μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος και μεγαλύτερη οικονομία ενέργειας

- Λειτουργία με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να τροφοδοτηθεί με οποιαδήποτε πηγή ενέργειας, όπως το φυσικό αέριο. Όμως, εκτός από λέβητες πετρελαίου ή αερίου, η ενδοδαπέδια μπορεί να συνδυαστεί και με εναλλακτικές πηγές θερμότητας, όπως ηλιακή ενέργεια, θερμοσυσσωρευτές, ηλεκτρική ενέργεια, αποδεικνύοντας ότι είναι ένα «ευέλικτο» σύστημα θέρμανσης, που συνδυάζεται και με φθηνότερες πηγές καυσίμου.

- Ηχομονωτικό

Λόγω της κατασκευής του είναι ηχομονωτικό και για τα δάπεδα.

## **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Αδρανή στις κλιματικές αλλαγές

Η ενδοδαπέδια θέρμανση θερμαίνει δομικά στοιχεία του χώρου με αποτέλεσμα να παρουσιάζει αδράνεια σε γρήγορες κλιματικές εναλλαγές. Για αυτό το λόγο προτιμάται σε ορεινά και ψυχρά κλίματα όπου οι κλιματικές εναλλαγές είναι αργές και η θέρμανση απαιτείται συνεχώς. Για το λόγο αυτό και δεν είναι επίσης κατάλληλο για εξοχικές κατοικίες.

- Ψύξη

Βέβαια, αν πρωταρχικός στόχος είναι η ψύξη του κτιρίου, τότε η ενδοδαπέδια θέρμανση δεν αποτελεί την καλύτερη λύση. Με την ενδοδαπέδια σωλήνωση, όταν χρησιμοποιηθεί για την ψύξη του χώρου, επιτυγχάνεται μερικός δροσισμός του κτιρίου. Αλλά κι γι' αυτόν χρειάζεται μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό, στην εγκατάσταση και τους αυτοματισμούς που θα την ελέγχουν, γιατί μπορεί, αν δεν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σωστά να υπάρξει υγραποίηση του δαπέδου, ενώ μπορεί να προκαλέσει υγρασία και στο σκυρόδεμα του κτιρίου.

- Κόστος Κατασκευής

Το κόστος κατασκευής είναι ακριβότερο, καθώς στην τιμή περιλαμβάνεται στρώση θερμομπετόν και μόνωσης, κάτι που παραλείπεται στο κόστος του καλοριφέρ.

- Συντήρηση και επισκευή

Οι πιθανότητες να προκληθεί κάποια βλάβη είναι μικρή, καθώς οι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από ειδικό πλαστικό ώστε να μη σπάνε στις καμπυλώσεις από τις συστοδιαστολές και να μη διαβρώνονται ούτε εσωτερικά ούτε εξωτερικά. Ωστόσο, στην απίθανη περίπτωση που τρυνήσει ένας σωλήνας, υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός που μας επιτρέπει να εντοπίσουμε και να επισκευάσουμε τη ζημιά στο σημείο ακριβώς που εκδηλώνεται. Επομένως, δεν χρειάζεται να ζηλωθεί όλο το δάπεδο, παρά μόνο μια επιφάνεια μικρότερη από ένα τετραγωνικό μέτρο. Παρόλα αυτά δεν πάει να απαιτούνται πιο χρονοβόρες διαδικασίες.

## Συμβατότητα

Μπορεί να συνεργαστεί με άλλα συστήματα. Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να συνεργαστεί με το καλοριφέρ, αφού δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

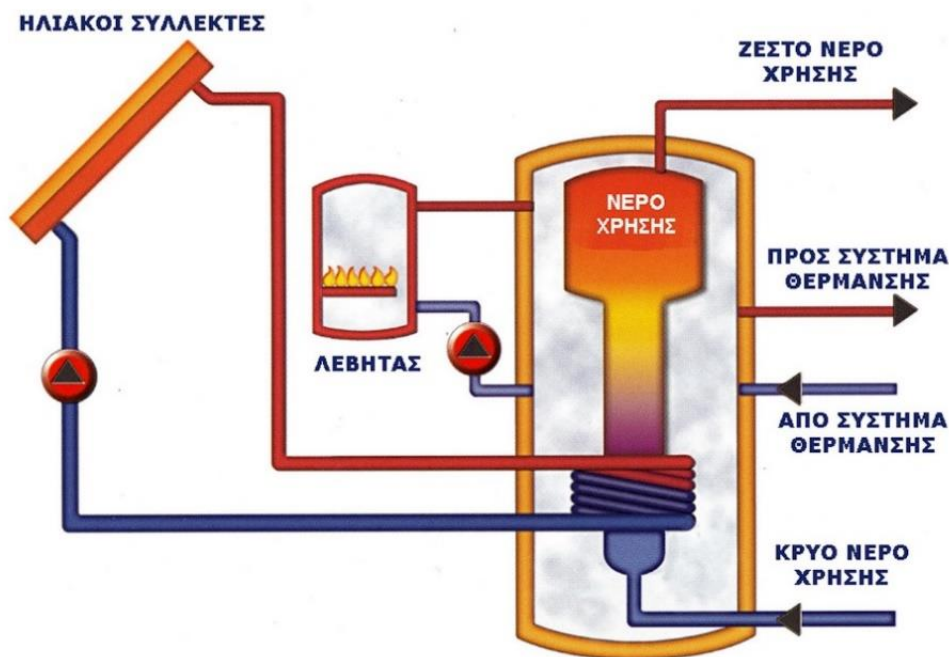
- Τα δυο συστήματα πρέπει να είναι ανεξάρτητα, εφόσον λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το λεβητοστάσιο είναι κοινό.

- Προκειμένου να κατανεμηθούν σωστά οι δαπάνες για πετρέλαιο (και εφόσον κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό), θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με κατάλληλο συντελεστή τα ποσοστά συμμετοχής στις δαπάνες θέρμανσης.

## 1.2 SOLAR COMBI SYSTEM

Ηλιακός συλλέκτης είναι ένας πίνακας ηλιακών στοιχείων που συλλέγει την υπέρυθη ακτινοβολία του ήλιου και τη μετατρέπει την ενέργεια σε θερμότητα. Ο συνήθης συλλέκτης ονομάζεται επίπεδος συλλέκτης και τοποθετείται στην οροφή. Είναι ένα ορθογώνιο κουτί με διαπερατό κάλυμμα που βλέπει τον ήλιο. Μικροί σωλήνες βρίσκονται μέσα στο κουτί και μεταφέρουν το νερό ή κάποιο άλλο ρευστό όπως αντιπηκτικό, για να θερμανθεί.

Οι σωλήνες συναρμολογούνται πάνω σε μια μεταλλική απορροφητική πλάκα, το οποίο βάφεται μαύρο για να απορροφά την ηλιακή θερμότητα. Το πίσω μέρος και τα πλαϊνά του κουτιού μονώνονται ώστε να συγκρατούν τη θερμότητα. Η θερμότητα συσσωρεύεται στον συλλέκτη και όπως περνά το ρευστό μέσα στους σωλήνες το θερμαίνει. Τα περισσότερα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού αποτελούνται από δύο μέρη : τον ηλιακό συλλέκτη και τη δεξαμενή αποθήκευσης. Ο συλλέκτης θερμαίνει το νερό που στη συνέχεια ρέει στη δεξαμενή. Το νερό παραμένει στη δεξαμενή όπου λειτουργεί ως τροποποιημένος θερμοσίφοντας.



Εικόνα 1.4: Περιγραφή λειτουργίας του Combi System για θέρμανση χώρου και Ζ.Ν.Χ..

Ενώ το ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού λειτουργεί ικανοποιητικά, δεν θερμαίνει σωστά όταν ο ήλιος δεν λάμπει. Γι' αυτό το λόγο, τα σπίτια έχουν και ένα συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα. Η ηλιακή ενέργεια και τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση του νερού. Ο καταναμητής αναλαμβάνει τον καταμερισμό εργασίας ανάμεσα στους ηλιακούς συλλέκτες και το λέβητα. Έτσι το υγρό του συλλέκτη που έχει θερμανθεί από την ηλιακή ενέργεια κυκλοφορεί μόνο όταν η θερμοκρασία του νερού χρήσης στο μπόιλερ έχει πέσει αισθητά. Όταν η προσφερόμενη, από ηλιακή ενέργεια, θερμότητα δεν επαρκεί τότε τίθεται αυτομάτως σε λειτουργία ο λέβητας της κεντρικής θέρμανσης.

Τα ηλιακά συστήματα για θέρμανση έχουν σημαντικό δυναμικό εκμετάλλευσης (σε συνδυασμό με επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια). Η στήριξη και προώθηση της τεχνολογίας ηλιακών συστημάτων για θέρμανση αποτελεί εθνικό θέμα υψηλής προτεραιότητας, δεδομένων των δυνατοτήτων της Ελληνικής βιομηχανίας. Η χώρα μας μπορεί να ενισχύσει το ρόλο της στην Ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά. Υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις: Υποστηρικτικά μέτρα, τυποποίηση συστημάτων, ουσιαστική συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

Παρά το γεγονός ότι τα ηλιακά συστήματα αποτελούν ώριμη και οικονομικά συμφέρουσα τεχνολογία, η διείσδυσή τους είναι ανεπαρκείς σε πολλούς τομείς. Οι κύριοι λόγοι είναι :

- Υψηλό κεφάλαιο αρχικής επένδυσης (και μη αποδεκτός χρόνος αποπληρωμής)
- Έλλειψη εμπιστοσύνης όσον αφορά την διάρκεια και την αξιοπιστία των ηλιακών συστημάτων.

Τα ηλιακά συστήματα τα οποία παράλληλα με την παραγωγή νερού χρήσης υποβοηθούν τη θέρμανση χώρων (για τα οποία έχει επικρατήσει ο όρος “solar combi-systems” ή απλά “combi”), παρότι δεν είναι ακόμη ιδιαίτερα γνωστά στη χώρα μας, αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Αυστρία και η Γερμανία. Συγκεκριμένα, το 2001 η συνολική επιφάνεια συλλεκτών που αφορούσε ηλιακά συστήματα combi σε οκτώ Ευρωπαϊκές χώρες<sup>(1)</sup> (Γερμανία, Αυστρία, Γαλλία, Ολλανδία, Ελβετία, Σουηδία, Δανία και Νορβηγία) ήταν ίση με 340,000 m<sup>2</sup>. Αν θεωρήσουμε την μέση επιφάνεια συλλεκτών ανά σύστημα ίση με 15 m<sup>2</sup>, προκύπτει ότι ήδη από το 2001 υπήρχαν περίπου 22,600 εγκατεστημένα συστήματα combi στις χώρες που αναφέρθηκαν.

Σύμφωνα με διάφορες μελέτες οι προσομοιώσεις για τον Ελληνικό χώρο έδειξαν ότι τα συστήματα combi μπορούν να συνδυαστούν με συμβατικά συστήματα θέρμανσης, δίνοντας αξιολογικά ενεργειακά αποτελέσματα και καλύψεις του συνολικού θερμικού φορτίου που φτάνουν το 40 με 50%.

Η εικόνα 1.4 αποτελεί ένα ενδεικτικό σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος combi. Όπως φαίνεται, τα γενικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος combi είναι τα ίδια με αυτά ενός κοινού κεντρικού ηλιακού συστήματος.

Στην συγκεκριμένη διάταξη, χρησιμοποιούνται δύο δοχεία αποθήκευσης· αυτό του ζεστού νερού χρήσης είναι εμβαπτισμένο στο μεγαλύτερο δοχείο (στο οποίο κυκλοφορεί το ίδιο υγρό –νερό- με αυτό του δικτύου θέρμανσης, δηλ. των καλοριφέρ/ενδοδαπέδια).

Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό ορισμένων Ευρωπαϊκών συστημάτων combi είναι ότι χρησιμοποιούν ηλιακές στέγες· σε αυτή την περίπτωση δηλαδή το συλλεκτικό πεδίο αποτελεί και την στέγη του κτιρίου. Τέτοιες εγκαταστάσεις δεν είναι διαδεδομένες στην Ελλάδα, παρόλο που η προοπτική χρήσης είναι μεγάλη δεδομένου της οικονομίας που μπορούν να προσφέρουν κυρίως στις μη αστικές περιοχές που είναι συχνή η χρήση κεραμοσκεπής.

Η εγκατάσταση και παρακολούθηση του συγκεκριμένου υβριδικού συστήματος ηλιακών / βιομάζας για θέρμανση, θέτει μια ενδιαφέρουσα προοπτική για την ανάπτυξη των συστημάτων combi που θα χρησιμοποιούν αντί της συμβατικής πηγής ενέργειας (π.χ. πετρέλαιο) βιομάζα, ήτοι στην ανάπτυξη συστημάτων combi εξολοκλήρου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται από τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες τοποθετημένους σε νότιο προσανατολισμό και υπό κλίση  $60^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω του εμβαπτισμένου εναλλάκτη στο νερό θέρμανσης, που είναι αποθηκευμένο στο θερμοδοχείο. Τις ημέρες που η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή, γίνεται υποβοήθηση του συστήματος από τον καυστήρα βιομάζας. Η τροφοδοσία του νερού θέρμανσης γίνεται μέσω μιας τριόδου βάνας αναμείξεως ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία προσαγωγής σταθερή στους  $40^\circ\text{C}$  (ή επιλεκτικά στους  $50^\circ\text{C}$ ).

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στην διαστασιολόγηση του δοχείου διαστολής της εγκατάστασης, για την αντιμετώπιση του φαινομένου της στασιμότητας κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου δεδομένου της σύμπτωσης μηδενικού φορτίου και μέγιστης ηλιακής απολαβής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η πρωτεύουσα πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Ο έλεγχος του ηλιακού κυκλώματος γίνεται μέσω ενός κοινού διαφορικού θερμοστάτη. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής εισόδου του ζεστού νερού από τα ηλιακά σε όλο ή στο κάτω μέρος του εναλλάκτη.

Τις μέρες με χαμηλή ηλιοφάνεια, όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από το κατώτατο όριο ( $45^\circ\text{C}$ ), ο κυκλοφορητής του κυκλώματος βιομάζας ενεργοποιείται για την υποβοήθηση του συστήματος, μέχρι το νερό στο θερμοδοχείο να φτάσει τους  $68^\circ\text{C}$ . Ένας τοπικός θερμοστάτης στον καυστήρα βιομάζας κρατάει το σύστημα εναλλαγής του καυστήρα στους  $70^\circ\text{C}$ . Ο συνδυασμός των συστημάτων combi με καύση βιομάζας, αποτελεί ενεργειακά μια ενδιαφέρουσα και εφικτή προοπτική. Αποτελεί μια εξ ολοκλήρου ανανεώσιμη λύση για θέρμανση χώρου και παραγωγή ζεστού νερού.

Ο συνδυασμός των συστημάτων combi με καύση βιομάζας, αποτελεί ενεργειακά μια ενδιαφέρουσα και εφικτή προοπτική. Αποτελεί μια εξ ολοκλήρου ανανεώσιμη λύση για θέρμανση χώρου και παραγωγή ζεστού νερού.

### **1.3 ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ**

Ο επίπεδος συλλέκτης δεσμεύει και απορροφά κατά μεγάλο ποσοστό την ηλιακή ακτινοβολία που προσβάλλει την επιφάνεια του και την μετατρέπει σε θερμότητα μέσω θερμοκρασιών. Την θερμότητα αυτήν την χρησιμοποιούμε αμέσως ή την αποθηκεύουμε. Το σημαντικότερο στοιχείο του επίπεδου συλλέκτη είναι ο απορροφητής που αποτελείται από μία μαύρη μεταλλική πλάκα από χαλκό, αλουμίνιο ή χάλυβα. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσβάλλει την πλάκα αυτή, απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα. Έτσι η θερμοκρασία της αυξάνει και η μεταλλική πλάκα θα φτάσει σε μία κατάσταση θερμικής ισορροπίας οπότε και θα αποβάλλει θερμική ενέργεια προς το περιβάλλον με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο τον απορροφά.



*Εικόνα 1.5: Εικόνα ενός διπλού ηλιακού συλλέκτη .*

Έτσι προστατεύσουμε καταλλήλως την μαύρη μεταλλική πλάκα τοποθετώντας την εντός μεταλλικής ή άλλης κατασκευής που το επάνω μέρος της καλύπτεται με γυάλινο φύλλο , έτσι ώστε να μένει ένα στρώμα αέρος 30-40 mm μεταξύ της επικάλυψης και της πλάκας του απορροφητή , είναι δυνατόν η θερμοκρασία της πλάκας να φθάσει σε μια θερμοκρασία ισορροπίας 80-120°C και υψηλότερα .

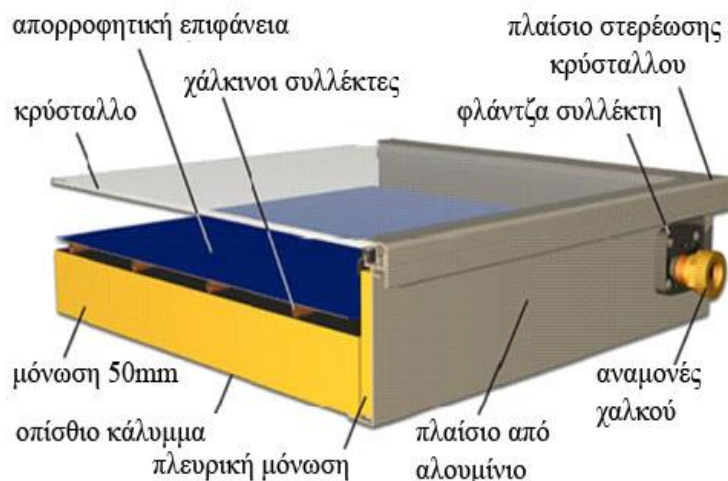
Αυτό συμβαίνει , γιατί με τον τρόπο αυτό περιορίζουμε σημαντικά τις θερμικές απώλειες του απορροφητή , οι οποίες δημιουργούνται κυρίως δια μεταφοράς και ακτινοβολίας . Οι μεν απώλειες δια μεταφοράς περιορίζονται με την προστασία του απορροφητή από τις καιρικές συνθήκες , οι δε απώλειες δια ακτινοβολίας με την γυάλινη επικάλυψη . Η μαύρη πλάκα απορροφήσεως έχει ενσωματωμένους αγωγούς (σωλήνες ή κανάλια ) στους οποίους κυκλοφορεί ρευστό . Το ρευστό , όταν έρχεται σε επαφή με την θερμή από την ηλιακή ακτινοβολία πλάκα , θερμαίνεται και μεταφέρει την θερμότητα έξω από τον συλλέκτη.

Ο επίπεδος συλλέκτης λειτουργεί με βάση την αρχή του θερμοσιφώνου δηλ. αυξάνοντας η θερμοκρασία στο συλλέκτη ζεστές μάζες νερού γίνονται ελαφρύτερες ανεβαίνουν προς τα επάνω λόγω της διαφοράς πυκνότητας ζεστού και κρύου νερού και αντίστοιχα κρύες μάζες νερού οδηγούνται προς την είσοδο του συλλέκτη. Έτσι έχουμε ένα σύστημα φυσικής κυκλοφορίας με τη δεξαμενή αποθήκευσης υψηλότερα από τη συλλεκτική επιφάνεια . Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για οικιακή χρήση και είναι απλά σε κατασκευή . Σε αντίθεση με τα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας στα οποία η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται χαμηλότερα και είναι απαραίτητη η χρήση κυκλοφορητή και διαφορικού διακόπτη και χρησιμοποιούνται σε μεγάλες εγκαταστάσεις εκτός από την παραγωγή ζεστού νερού αλλά και για την θέρμανση χώρων.

#### **1.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσβάλλει τον συλλέκτη , ένα μεγάλο μέρος της περνά την γυάλινη επικάλυψη , ένα μέρος της ανακλάτε επάνω σε αυτήν , ενώ ένα μικρό μέρος απορροφάτε από το γυαλί . Η ηλιακή ακτινοβολία περνά κατόπιν το στρώμα του αέρα που βρίσκετε μεταξύ της γυάλινης επικάλυψης και της πλάκας απορροφήσεως και τέλος προσβάλλει την πλάκα απορροφήσεως , από την οποία απορροφάτε κατά το μεγαλύτερο της ποσοστό και μετατρέπετε σε θερμότητα.

Ένα μικρό ποσοστό της ακτινοβολίας που προσβάλλει την πλάκα απορροφήσεως ανακλάτε πάνω σε αυτήν , αλλά επανακλάται πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της γυάλινης επικάλυψης και επιστρέφει στον απορροφητή . Η θερμότητα διαδίδεται δια αγωγής στους ενσωματωμένους στην πλάκα αγωγούς και θερμαίνει το νερό που κυκλοφορεί μέσα σε αυτούς . Με τον τρόπο αυτό το νερό παραλαμβάνει την ηλιακή ενέργεια από την συλλεκτική πλάκα και την μεταφέρει έξω από τον συλλέκτη προς χρήση ή αποθήκευση με ένα κύκλωμα σωλήνων , το κύκλωμα μεταφοράς .



Εικόνα 1.6: Τομή και περιγραφή στοιχείων του ηλιακού συλλέκτη.

### 1.5 ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

- Γυάλινη επικάλυψη
- Απορροφητική πλάκα
- Μόνωση
- Πλαίσιο

Οι συλλέκτες στεγάζονται πάνω σε ένα σταθερό πλαίσιο – σκελετό από πλαστικό , ξύλο, μέταλλο ή άλλο κατάλληλο υλικό ανθεκτικό στα καιρικά φαινόμενα . Το πίσω τμήμα του σκελετού είναι μονωμένο , έτσι ώστε να ελαττώνονται οι θερμικές απώλειες στην ελάχιστη δυνατή τιμή τους . Οι απώλειες λόγω αγωγής στις σωληνώσεις προς και από το συλλέκτη ελαττώνονται και αυτές με μόνωση από κατάλληλα υλικά .

Η συσσώρευση της σκόνης πάνω στην επιφάνεια του γυάλινου καλύμματος του συλλέκτη ελαττώνει την διαφάνεια αυτού και κατά συνέπεια τη ροή της ηλιακής ακτινοβολίας προς τον απορροφητή. Πειράματα που έγιναν σε διάφορες χώρες και κάτω από διαφορετικές συνθήκες έδωσαν διαφορετικά αποτελέσματα, δηλαδή από -2 έως 8% μείωση της ροής της ακτινοβολίας. Βέβαια ο βαθμός επιδράσεως της σκόνης εξαρτάται και από τις τοπικές και από τις καιρικές συνθήκες.

Η συσσώρευση της σκόνης πάνω στο κάλυμμα εξαρτάται και από τη γωνία κλίσεως αυτού. Όσο η γωνία κλίσεως είναι μικρότερη τόσο περισσότερη σκόνη θα συσσωρευτεί πάνω στο κάλυμμα και σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα. Εάν το διαφανές κάλυμμα του συλλέκτη είναι από πλαστικό τα πράγματα δυσκολεύουν περισσότερο, αφού όπως ξέρουμε το πλαστικό παρουσιάζει στατικό ηλεκτρισμό.

Και η σκιά όμως επιδρά αρνητικά στα αποτελέσματα της απόδοσης του συλλέκτη. Οποτεδήποτε η γωνία πρόσπτωσης δεν είναι κανονική, η δομή του συλλέκτη θα τέμνει την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό επιφέρει μείωση στην απόδοση του συλλέκτη αφού η απορροφούμενη ακτινοβολία (εξ' αιτίας της σκιάς) είναι λιγότερη από 3%.

Είναι σημαντική η αύξηση των απωλειών που επιφέρουν τόσο η σκόνη όσο και η σκιά σε έναν ηλιακό συλλέκτη. Γι' αυτό θα πρέπει το κάλυμμα να καθαρίζεται καλά πριν τις δοκιμές και να καθορίζονται επίσης η κλίση και ο προσανατολισμός του συλλέκτη.

## **1.6 ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΣ**

Ακριβώς επάνω από την μόνωση βρίσκεται ο απορροφητής, ο οποίος έχει σκοπό να συλλέξει όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Στη συνέχεια η ακτινοβολία αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα και μεταφέρεται έξω από τον συλλέκτη. Ο χαλκός είναι ένα από τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιείται για την σωλήνωση. Έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα, επιτρέποντας την ταχεία μεταφορά θερμότητας μέσω της σωλήνωσης στο υγρό. Σε ορισμένους απορροφητές οι σωληνώσεις είναι χυτευμένες απευθείας πάνω στην πλάκα του απορροφητή. Όπως έχει προαναφερθεί ένας "συμβατικός" επίπεδος ηλιακός συλλέκτης αποτελείται βασικά από ένα ή περισσότερα καλύμματα. Από τον απορροφητή και φυσικά από την γύρω μόνωση.

Οι ηλιακοί συλλέκτες ή γενικότερα τα ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως αφού έχουν ποικίλες καθημερινές εφαρμογές. Η ανάγκη για την μείωση των απωλειών, ειδικότερα από το πάνω μέρος του συλλέκτη, οδήγησε τους ερευνητές στην μελέτη και αργότερα στην πρακτική εφαρμογή διαφόρων τύπων κυψελωτών κατασκευών (Honeycombs) σαν διαφανής μόνωση, με ουσιαστικά καλύτερα αποτελέσματα. Οι πρώτες προσπάθειες αυτής της έρευνας ξεκίνησαν στη Γαλλία από το 1961 με γρήγορους ρυθμούς.

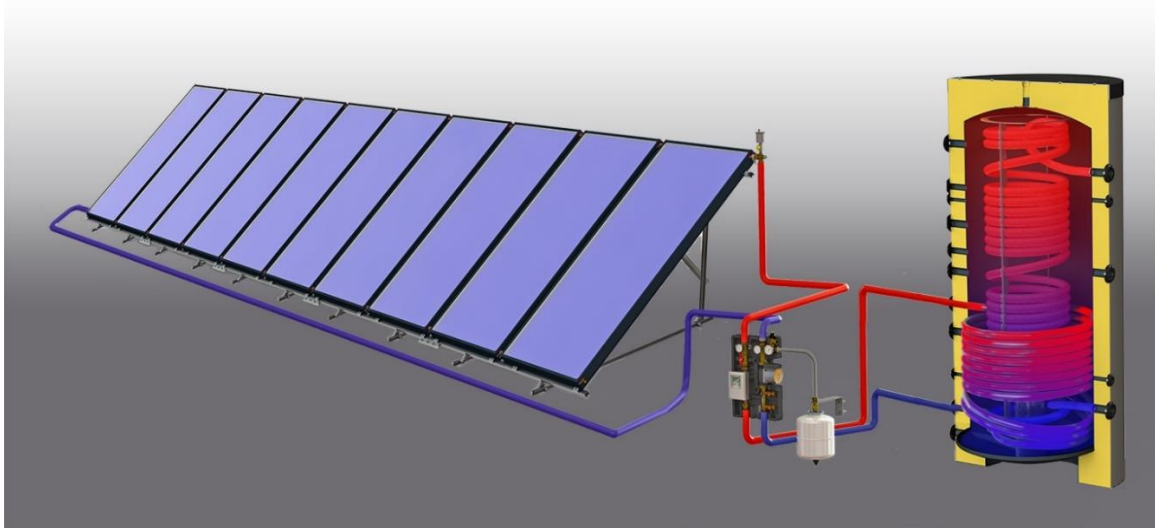
Τα βασικά στοιχεία ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη (απορροφητής και τα γυάλινα καλύμματα), όπως είναι γνωστό μειώνουν τις απώλειες από τον απορροφητή στο περιβάλλον. Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν με σκοπό την βελτίωση της απορροφητικής επιφάνειας. Επιλεκτικές επιφάνειες έχουν αναπτυχθεί με σκοπό να μειώνουν τις απώλειες της υπέρυθρης ακτινοβολίας χωρίς να χάνουν την ικανότητά τους να απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία.

Μια άλλη προσέγγιση επίσης, είναι η ανάπτυξη επιμέρους διαφόρων διαφανών καλυμμάτων, τα οποία συγκρατούν την μεταφορά θερμότητας περισσότερο αποδοτικά από ότι οι συλλέκτες συμβατικού τρόπου κάλυψης (γυάλινα ή πλαστικά καλύμματα).

Η εφαρμογή των παροδικών (διαφανούς μόνωσης) υλικών, προσφέρει καλές προδιαγραφές στη βελτίωση της απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών σε μια ακτίνα θερμοκρασίας πάνω από 80 °C.

Συμπερασματικά τονίζεται τελικά, ότι η χρήση των κυψελωτών κατασκευών φαίνεται να είναι περισσότερο αποδοτική καθώς μειώνεται, υπολογιστικά, η υπέρυθρη ακτινοβολία με και χωρίς επιλεκτικές επιφάνειες απορρόφησης. Αυτές οι κυψελωτές κατασκευές τοποθετούνται γενικά κάτω από το διαφανές κάλυμμα του συλλέκτη και σε κάποια απόσταση πάνω από τον απορροφητή, με σκοπό να περιορίζουν την μεταφορά θερμότητας από την ροή του ρευστού μέσα στο συλλέκτη.





Εικόνα 1.7: Combi System με συστοιχία 10 ηλιακών συλλεκτών σε σειρά , solar kit και θερμοδοχείο με εναλλάκτη θερμότητας σε τομή.

### **1.7 ΧΡΩΜΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ**

Το χρώμα του απορροφητή είναι σημαντικό αφού είναι επιθυμητή η υψηλή απορρόφηση και η ταχεία μεταφορά θερμότητας . Όταν η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει πάνω σε μία σκοτεινή επιφάνεια τότε απορροφάτε και μετατρέπεται σε ενέργεια . Οποιοδήποτε χρώμα υπάρχει στον απορροφητή , ανακλάτε πίσω στην ατμόσφαιρα , χωρίς να απορροφάται .

Επομένως το συνηθέστερο χρώμα είναι το μαύρο το οποίο σημαίνει απουσία χρώματος . Άλλα χρώματα που έχουν δοκιμαστεί είναι το μπλε και το πράσινο αλλά το μαύρο είναι το επικρατέστερο. Με την χρησιμοποίηση του μαύρου αποφεύγεται η ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στην ατμόσφαιρα κατά ένα μεγάλο ποσοστό .

### **1.8 ΤΖΑΜΩΣΗ**

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του επίπεδου συλλέκτη είναι η προστατευτική διαφανείς τζάμωση κατασκευασμένη από διάφορα υλικά . Σκοπός είναι η προστασία από τις ακαθαρσίες και την υγρασία , και κυρίως ο περιορισμός των θερμικών απωλειών από μεταφορά και θερμική ακτινοβολία . Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει επάνω σε έναν συλλέκτη αυτή διέρχεται εύκολα μέσα από την τζάμωση και συλλέγεται από την πλάκα του απορροφητή .

Αν και μία απλή τζάμωση παρέχει την απαιτούμενη προστασία κατά των απωλειών , πολλές φορές συναντώνται ηλιακοί συλλέκτες με διπλή και τριπλή μόνωση . Με την πολλαπλή τζάμωση , η θερμική που έχει συλλεχθεί παραμένει μέσα τον συλλέκτη αφού μειώνονται οι απώλειες προς το περιβάλλον . Οι θερμικές απώλειες εξαρτώνται επίσης από το μέγεθος του διακένου αέρα μεταξύ της τζάμωσης και του απορροφητή. Ένα διάκενο αέρα από 0,375 έως 0,5 ίντς παρέχει υψηλότερο βαθμό απόδοσης από ότι τα μεγαλύτερα διάκενα , αυτό οφείλεται στο ότι τα μεγαλύτερα διάκενα επιτρέπουν μεγαλύτερες απώλειες λόγω μεταφοράς.

Τέλος , οι ηλιακοί συλλέκτες με διπλή ή τριπλή τζάμωση να μην έχουν λιγότερες θερμικές απώλειες αλλά απορροφούν λιγότερα ποσοστά της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω του υψηλού συντελεστή ανάκλασης που διαθέτουν από τις επιφάνειες των παραπάνω τζαμιών.



## **1.9 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ**

Καλύτερος προσανατολισμός για τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών είναι ο νότιος για να εκμεταλλεύεται ο θερμοσίφωνας όσο περισσότερες ώρες ηλιοφάνειας . Απόκλιση μέχρι 15° από τον νότο δεν έχει μεγάλη επίπτωση στην απόδοσή του . Με μεγαλύτερη κλίση παρατηρείτε μείωση της απόδοσης . Η κλίση πρέπει να είναι 20-50° . Η προβλεπόμενες συνδέσεις για την λειτουργία του είναι δύο υδραυλικές (είσοδος κρύου νερού – έξοδος ζεστού νερού ) και μια ηλεκτρική (ηλεκτρική αντίσταση ) .

Στην είσοδο κρύου νερού πρέπει να τοποθετηθεί βάνα για να είναι δυνατή η απομόνωσή του από το δίκτυο σε περίπτωση συντήρησης ή επισκευής . Καλό είναι επίσης η σωλήνωση εξόδου του ζεστού νερού χρήσης να τοποθετηθεί εξωτερικό μονωτικό περίβλημα καλής ποιότητας . Χρειάζεται καθαρισμός των πλακών επιφανειακά , αντικατάσταση της αντιδιαβρωτικής προστασίας όποτε αυτό απαιτείται σύμφωνα με τον κατασκευαστή και συμπλήρωση με αντιψυκτικό το χειμώνα (μόνο στον κλειστού τύπου) .

Ακόμα σε περιπτώσεις ισχυρού ψύχους συνίσταται κάλυψη κρυστάλλων με πανί ή χαρτόνι για να αποφευχθεί η θραύση . Σημειώνεται ότι η κάλυψη των κρυστάλλων δεν προσφέρει καμία προστασία σε περίπτωση θερμοσιφώνων ανοιχτού κυκλώματος . Το μόνο αποτελεσματικό μέτρο σε τέτοιες περιπτώσεις είναι το πλήρες άδειασμα του θερμοσίφωνα από το νερό μέχρι να αυξηθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από το μηδέν .

## **1.10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ**

- Έλεγχος και καθαρισμός δοχείου
- Έλεγχος και αντικατάσταση ανοδικής προστασίας δοχείου
- Έλεγχος και αντικατάσταση αντίστασης
- Έλεγχος και πλήρωση δοχείου με αντιψυκτικό υγρού (κλειστού κυκλώματος)
- Έλεγχος κυψελών συλλέκτη
- Έλεγχος σερμαντίνας δοχείου

Η συντήρηση ενός ηλιακού συστήματος , όπως εξάλλου όλων των συσκευών και μηχανών , είναι απαραίτητη , ώστε να εξασφαλισθεί η καλή λειτουργία και απόδοσή του . Κάνοντας service στην καθορισμένη στιγμή , βοηθάμε το σύστημά μας να αντέξει στην πάροδο του χρόνου . Καλό είναι το πρώτο service του συστήματος να γίνει στο τέλος του τρίτου έτους λειτουργίας του και έπειτα κάθε 3 με 4 χρόνια . Για προστασία από την διάβρωση των μετάλλων τα οποία έρχονται σε επαφή με διαβρωτικά υλικά χρησιμοποιούμε μια ράβδο μαγνησίου , το ανόδιο .

Στην πραγματικότητα αποτελεί την καθοδική προστασία του συστήματος από ηλεκτρόλυση . Η χρησιμοποίηση του ανοδίου μαγνησίου είναι η καλύτερη μέθοδος προστασίας των εγκαταστάσεων ύδρευσης θέρμανσης και ηλιακών τόσο από άποψη τεχνολογίας όσο και άποψη υγιεινής .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010 ΚΑΙ Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010 , ενώ χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα :

a. Recknagel – Sprenger , Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik

b. Κεντρικές Θερμάνσεις , Β Σελλούντος

c. Κατσαπρακάκης, Δ., Μονιάκης, Μ., 2015. Θέρμανση - ψύξη - κλιματισμός. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο:  
<http://hdl.handle.net/11419/6167>

1. Η ανάλυση της μελέτης μας θα γίνει με βήμα χρονοσειρών ανά ώρα, άρα θα υπολογιστούν οι απώλειες του κτηρίου με διαφορετική εξωτερική θερμοκρασία για κάθε ώρα του χρόνου από 1 Οκτωβρίου έως 1 Απριλίου. Οπού υπολογίσαμε για όλες της θερμοκρασίες του χρόνου σε ένα φύλλο Excel και έπειτα ανάλογα την θερμοκρασία της κάθε ώρας κάνει αναζήτηση (VLOOKUP function excel) και έχουμε το συνολικό αποτέλεσμα τον απωλειών για κάθε ώρα.
2. Επίσης έγινε και με το πρόγραμμα του Tisoft για την αιχμή του συστήματος.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τα τυπικά στοιχεία που αφορούν το κτήριο μας και γενικότερα στοιχεία που αφορούν την πόλη της Ηράκλειου .

<i>Πίνακας 2.1: Στοιχεία Κτηρίου</i>	
Πόλη	Ηράκλειο
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	
Καθημερινά, υπνοδωμάτια, κουζίνες	20
Προθάλαμοι, διάδρομοι, WC	15
Κλιμακοστάσια	10
Λουτρά	22
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	20
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	2
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	DIN 4701
Σύστημα Μονάδων (1:Kcal/h 2:Watt)	Watt

### 2.1 ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΟ Tisoft

Με το πρόγραμμα του *Tisoft* έγινε ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών για την αιχμή της κατοικίας. Στο μέρος των υπολογιστικών φύλλων αναφέρονται όλες οι λεπτομέρειες για το πως υπολογίστηκαν και ποια είναι τα χαρακτηριστικά του κτηρίου.

Ακολουθεί ενδεικτικός πίνακας με τα τελικά αποτελέσματα ανά δωμάτιο και για την συνολική κατοικία.

<i>Πίνακας 2.2: Θερμικές απώλειες χώρου και αέρα ανά δωμάτιο</i>								
<i>a/a</i>	<i>Δωμάτιο</i>	<i>Προσανατολισμός</i>	<i>Θερμοκρασία δωματίου</i>	<i>Επιφάνεια</i>	<i>Όγκος</i>	<i>Νωπός Αέρας</i>	<i>Θερμικές Απώλειες Χώρου</i>	<i>Θερμικές Απώλειες Αέρα</i>
			<b>Troom(°C)</b>	<b>A(m<sup>2</sup>)</b>	<b>V(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Voa(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Qroom(Watt)</b>	<b>Qair(Watt)</b>
<b>1</b>	I-01	BA	20,0	28,0	99,4	44,1	2278,0	513,0
<b>2</b>	I-02	NA	20,0	16,8	59,6	8,8	1282,0	103,0
<b>3</b>	I-03	NΔ	20,0	26,3	84,2	8,8	1048,0	103,0
<b>4</b>	I-04	Δ	20,0	6,8	21,9	8,8	139,0	103,0
<b>5</b>	I-05	BΔ	20,0	5,0	16,0	8,8	341,0	103,0
<b>6</b>	I-06	B	20,0	10,1	32,2	8,8	437,0	103,0
<b>7</b>	O-01	BA	20,0	23,4	72,5	17,7	1301,0	205,0
<b>8</b>	O-02	NA	20,0	14,8	45,9	8,8	603,0	103,0
<b>9</b>	O-03	N	20,0	13,7	42,3	8,8	629,0	103,0
<b>10</b>	O-04	Δ	20,0	13,5	41,9	8,8	918,0	103,0
<b>11</b>	O-05	B	20,0	10,1	31,2	8,8	406,0	103,0
<b>Σύνολο</b>				168,5	547,1	141,0	9.383,0	1.640,0

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτηρίου για την αιχμή του συστήματος είναι  $Q_{room}(Watt) + Q_{air}(Watt)$

<b>Σύνολο Θερμικών Απωλειών</b>	<b>9.383,0(Watt)</b>	<b>1.640,0(Watt)</b>	<b>11.023,0(Watt)</b>
---------------------------------	----------------------	----------------------	-----------------------

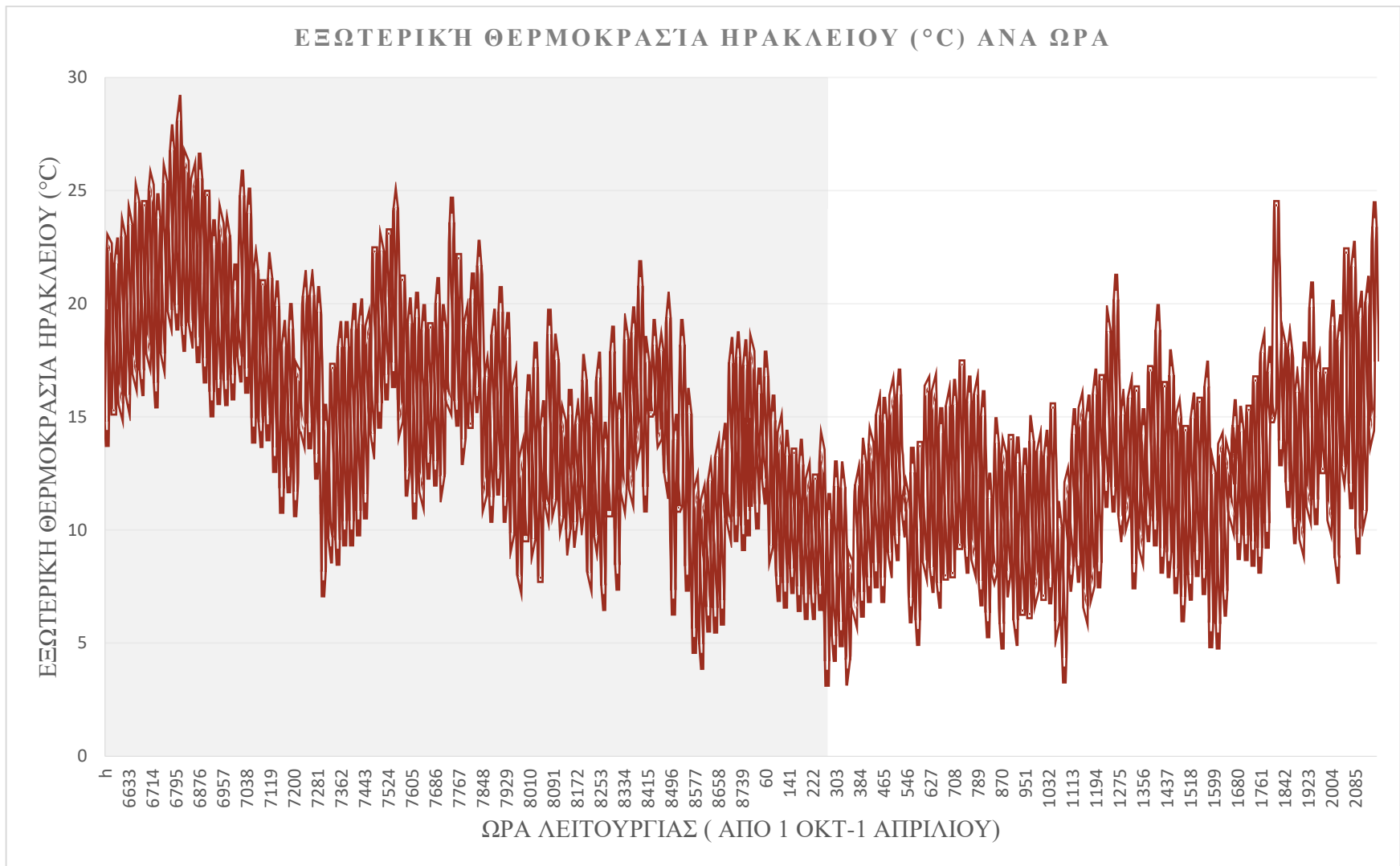
## 2.2 ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΝΑ ΩΡΑ

Η ανάλυση της μελέτης μας έγινε με βήμα χρονοσειρών ανά ώρα, με διαφορετική θερμοκρασία ανά ώρα.

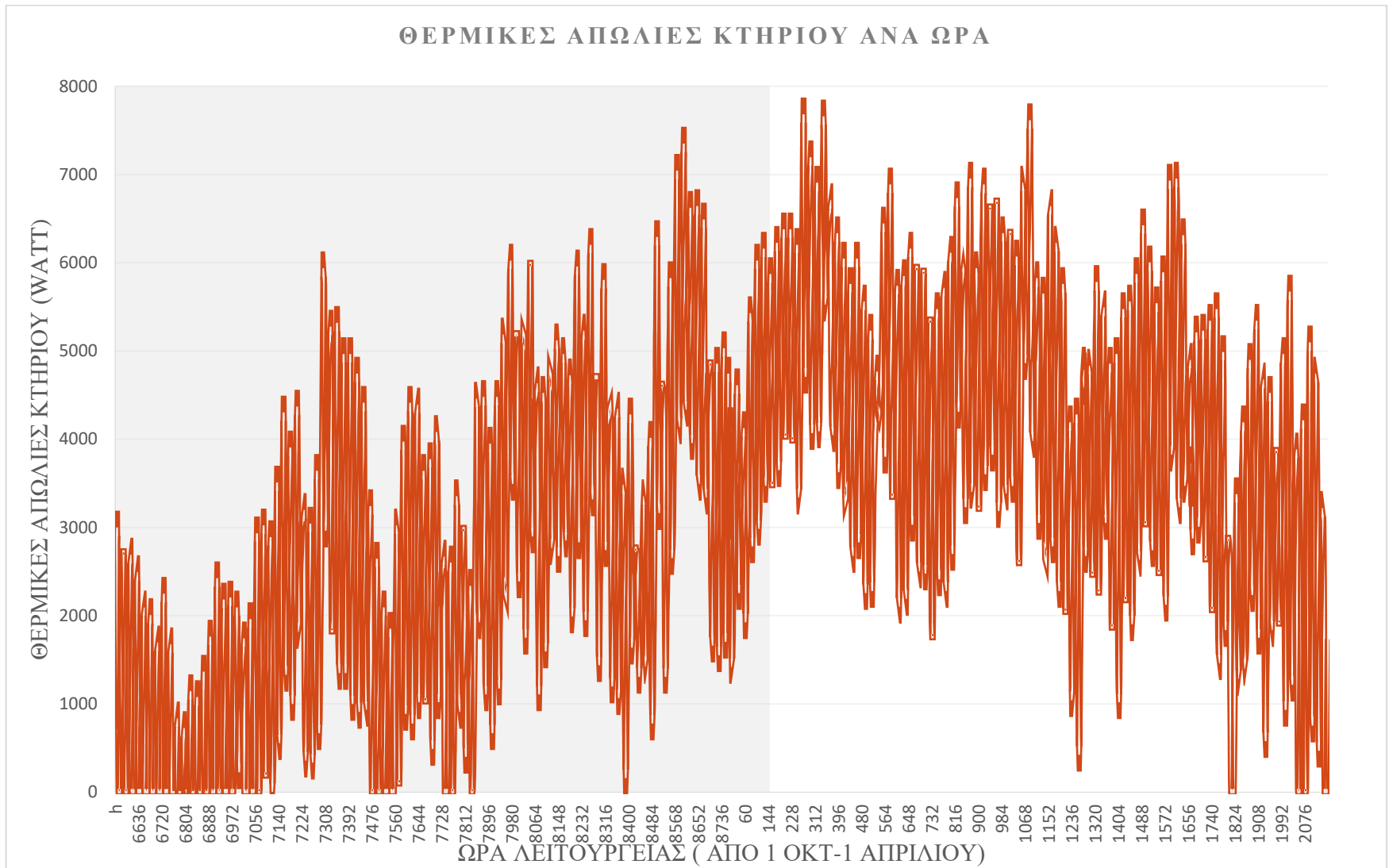
Οι θερμοκρασίες αυτές είναι μετρήσεις από την ΕΜΥ για το Ηράκλειο Κρήτης που μας δόθηκαν από τον επιβλέπων καθηγητή.

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών θα χρησιμοποιήσουμε παραδοχές και παραμέτρους : Απώλειες θερμοπερατότητας  $Q_0$ , απώλειες λόγω προσανυξήσεων και απώλειες αερισμού  $Q_1$ . Τα δομικά στοιχεία του κτιρίου παρουσιάζονται ως εξής :

- Είδος στοιχείου (πχ.  $T$ =τοίχος,  $A$ =Άνοιγμα,  $O$ =οροφή  $\Delta$ =Δάπεδο)
- Προσανατολισμός
- Πάχος
- Μήκος
- Ύψος ή πλάτος
- Επιφάνεια
- Αριθμός όμοιων επιφανειών
- Συνολική Επιφάνεια
- Συντελεστής  $k$
- Διαφορά Θερμοκρασίας  $\Delta t$
- Καθαρές Θερμικές Απώλειες

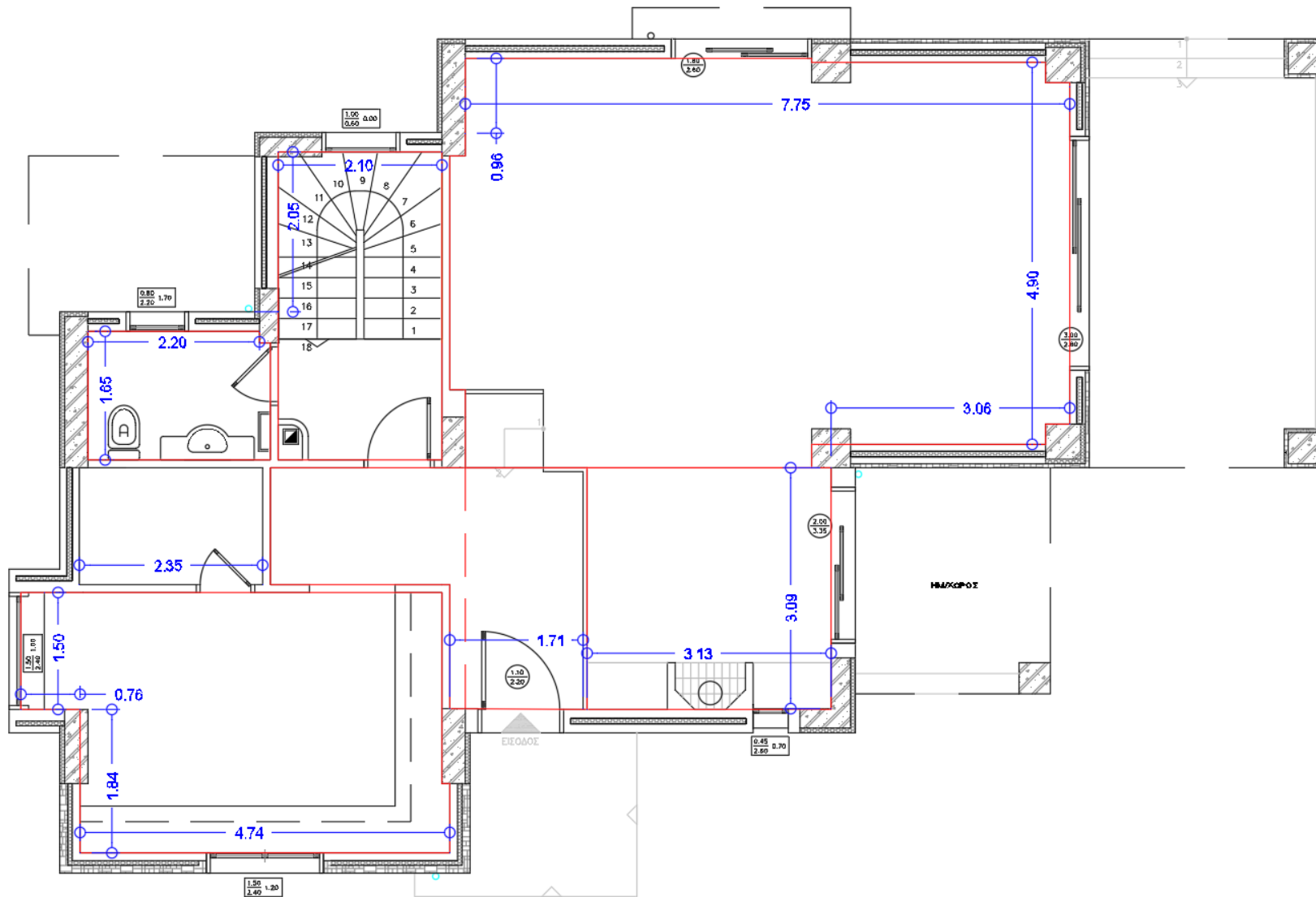


Γράφημα 2.1: Διακύμανση εξωτερικής θερμοκρασίας για το Ηράκλειο Κρήτης ανά ώρα από 1 Οκτ-1 Απρίλιου

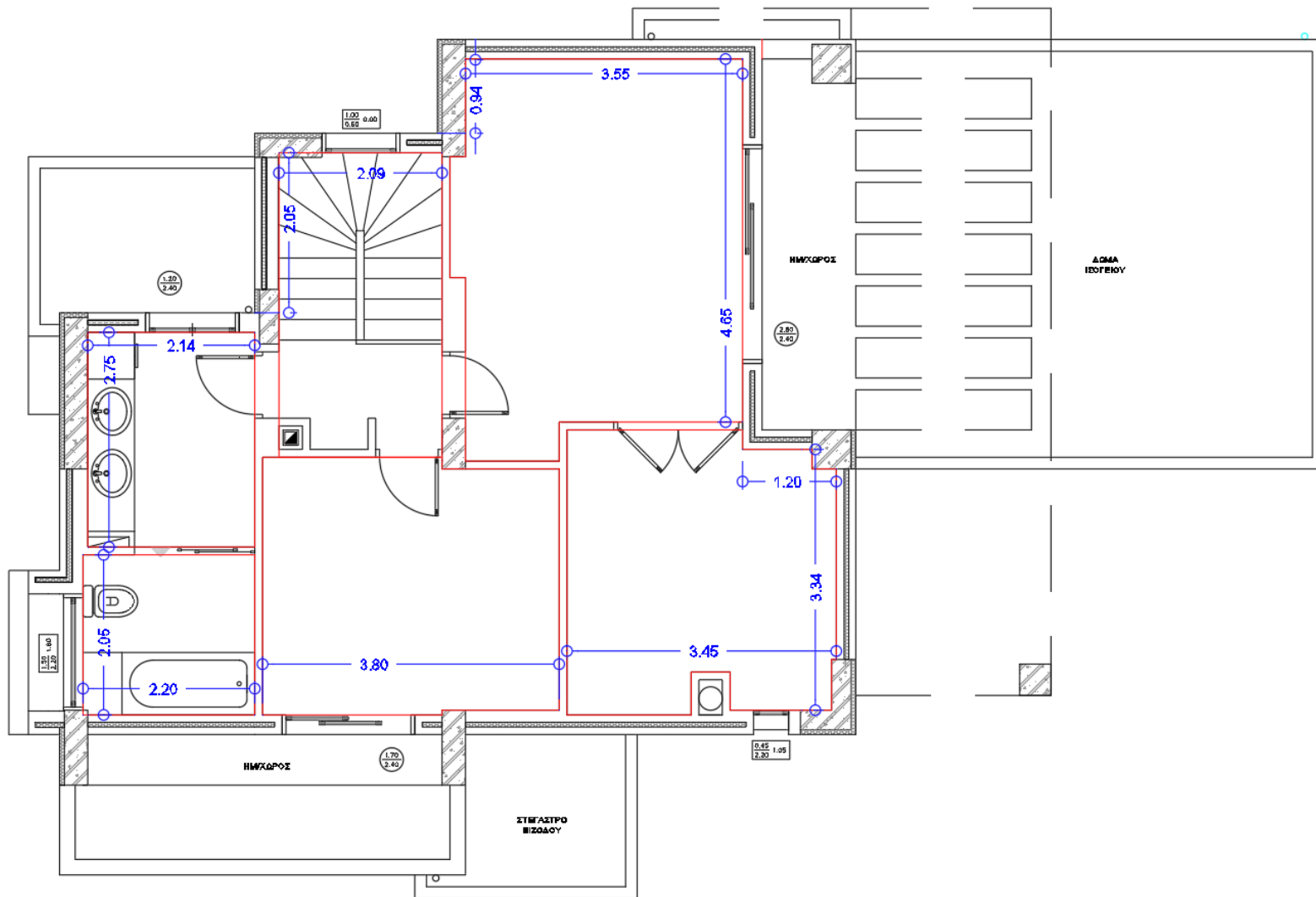


Γράφημα 2.2: Γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων των υπολογισμών των θερμικών απωλειών ανά ώρα

ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

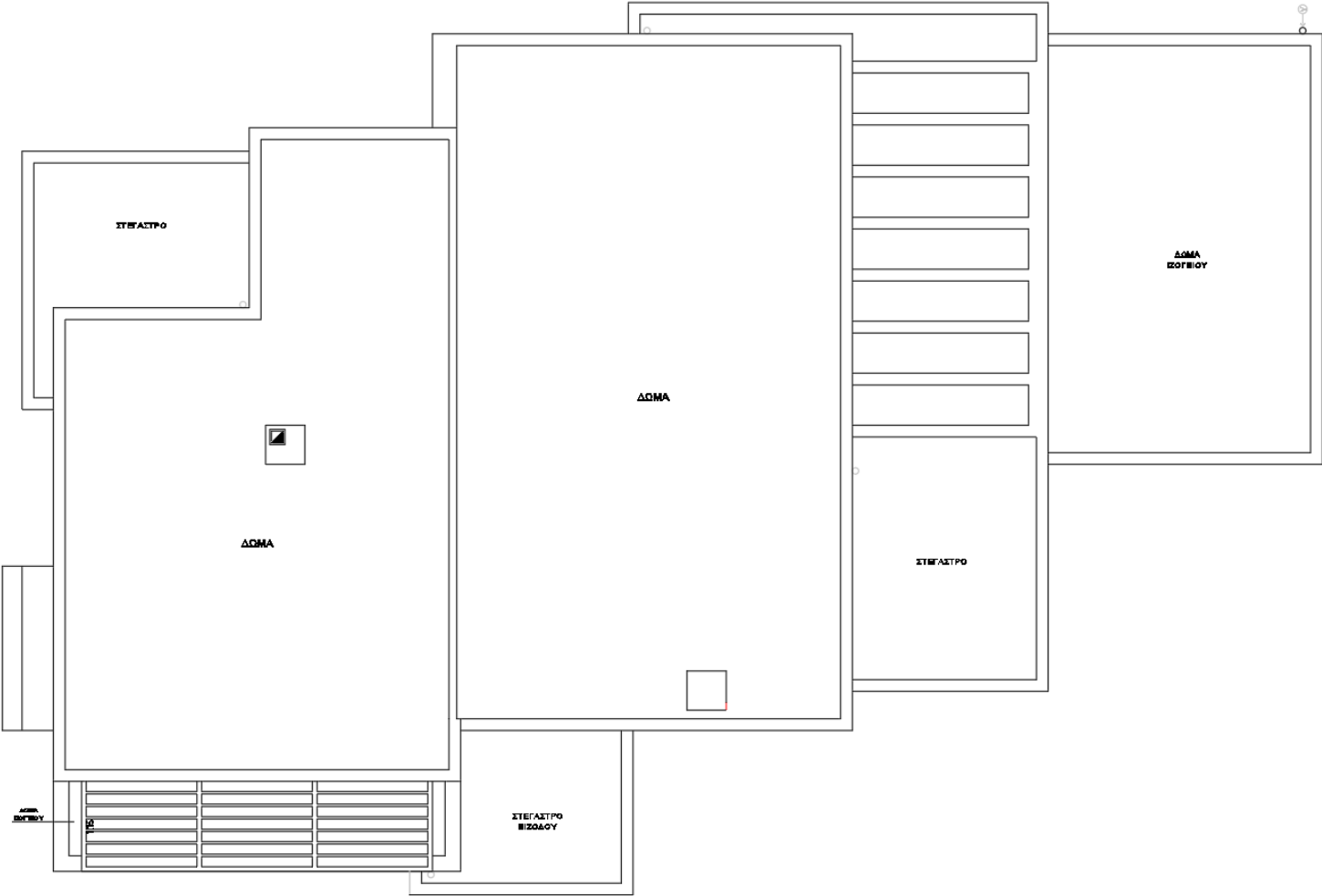


ΚΑΤΟΥΗ Α' ΟΡΟΦΟΥ





ΚΑΤΟΥΨΗ ΟΡΟΦΗΣ



### 2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ

#### Υπολογισμός & σχεδίαση

Ο υπολογισμός και η σχεδίαση έγιναν μέσω του προγράμματος του Tisoft.

<i>Πίνακας 2.4: Δεδομένα Μελέτης ενδοδαπέδιας θέρμανσης</i>		
<b>Θερμοκρασίες Σχεδιασμού</b>		
Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία χειμώνα	$t_a$	0,0 °C
Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία	$t_i$	20,0 °C
Θερμοκρασία μη θερμαινόμενων χώρων	$t_o$	10,0 °C
Θερμοκρασία εδάφους	$t_g$	15,0 °C
<b>Στοιχεία Κτηρίου</b>		
Προσαυξήσεις από διακοπή λειτουργίας		20,00
Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης		0,58
Συντελεστής διεισδυτικότητας		0,70
Τυπικό καθαρό ύψος χώρων (από δάπεδο μέχρι οροφή)		3,00 m
<b>Υδραυλικοί Υπολογισμοί</b>		
Θερμοκρασία νερού προσαγωγής	$\theta_v$	45,0 °C
Πυκνότητα νερού	$d$	1.000,0 kg/m <sup>3</sup>
Κινηματικό ιξώδες νερού	$v$	0,37
Απόλυτη τραχύτητα χαλκοσωλήνων	$e$	0,00150 m
Απόλυτη τραχύτητα σωλήνων πολυαιθυλενίου	$e$	0,00150 m
Απόλυτη τραχύτητα χαλυβδοσωλήνων	$e$	0,04500 m
Μέγιστη ταχύτητα νερού	$V_{max}$	1,00 m/s
Μέγιστη ανηγμένη πτώση πίεσης λόγω τριβών	$R_{max}$	50,00 mmWS/m
Ελάχιστη διάμετρος σωλήνων	$DN_{min}$	15,00 mm
<b>Δομικά στοιχεία</b>		
Επίστρωση δαπέδου	$R_{lb}$	0,050 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Πάχος τσιμεντοκονίας	$S_u$	5,70 cm
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τσιμεντοκονίας	$\lambda_E$	0,890 W/(m·K)
Πάχος μόνωσης	$S_{ins}$	2,50 cm
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μόνωσης	$\lambda_{ins}$	0,040 W/(m·K)

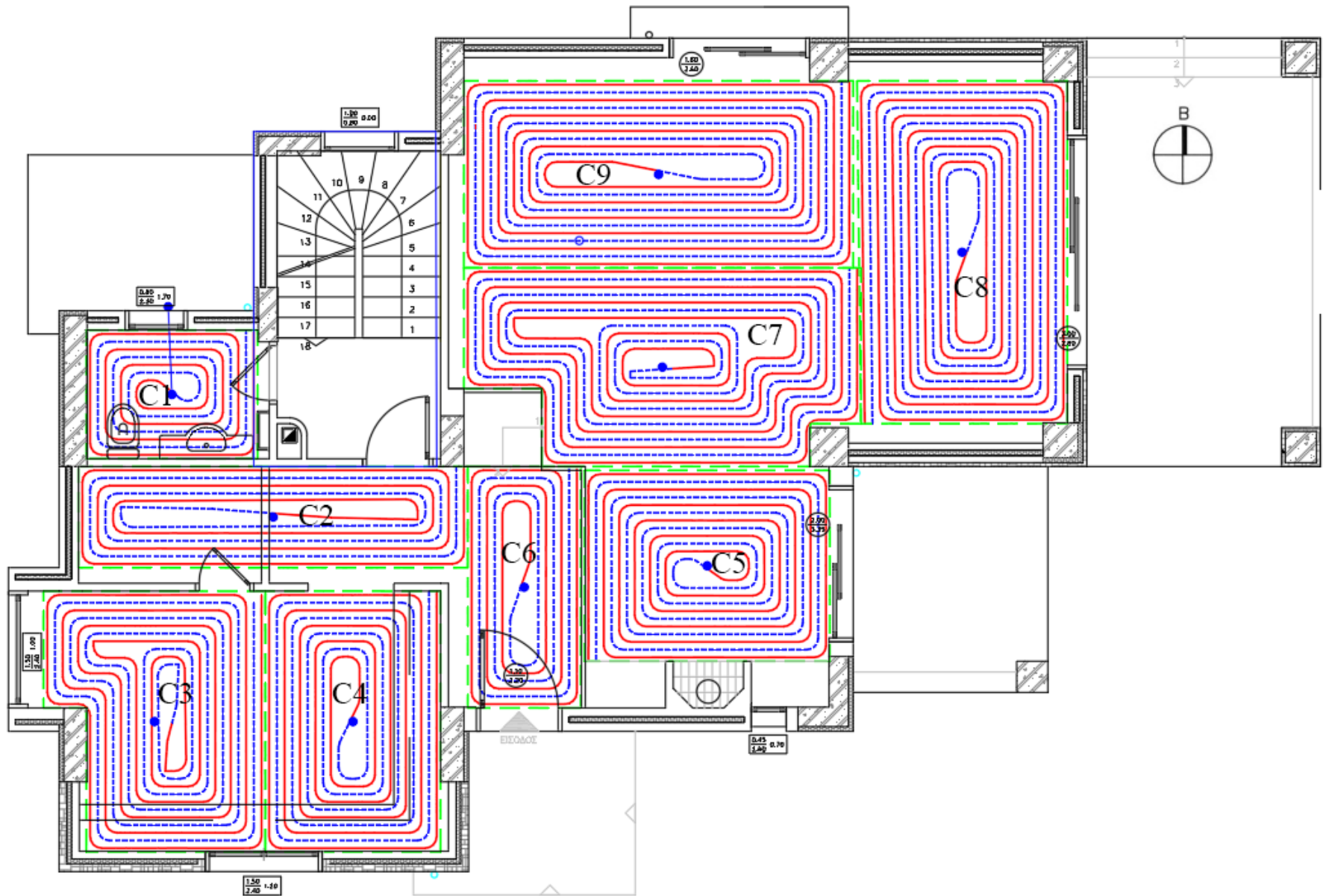
Πίνακας 2.5: Κατάσταση ενδοδαπέδιων κυκλωμάτων ανά Διαμέρισμα

Διαμέρισμα		Δ 1				Επίπεδο:			Επίπεδο 1											
Κύκλωμα	Δωμάτιο	Επίστρωση δαπέδου		Από- σταση σωλήν- ων	DN	Επιφάνεια θερμεν. δαπέδου	Θερμ. εσωτερ.	Max θέρμ. δαπέδου	Μέση θέρμ. δαπέδου	Εύρος θέρμ.	Διαφөр. θέρμ.	Θερμική ροή	Συνολικό Μήκος σωλήνα	Απόδο- ση προς τα πάνω	Ρυθμιστικ ή βαλβίδα	Παροχή νερού	Ταχύτη- τα νερού	Πτώση πίεσης		
			$R_{lb}$	VA		$A_f$	$\theta_{int}$	$\theta_{f,max}$	$\theta_{fm}$	$\sigma$	$\Delta\theta_H$	q	LHK	$Q_{ot}$	$k_v$	N	G	V	$\Delta p_{TA}$	
			( $m^2 \cdot K$ )/W	cm		$m^2$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	W/ $m^2$	m	W			lit/h	m/s	mWS	
C9	ΣΑΛΟΝΙ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	12,00	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	112,29	1.122	0	0,00	221,9	0,46	2,710	
C8	ΣΑΛΟΝΙ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	11,77	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	114,58	1.100	0,00	0,00	226,2	0,47	2,902	
C7	ΣΑΛΟΝΙ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	11,65	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	106,42	1.089	0,00	0,00	215,3	0,45	2,502	
C5	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	7,72	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	72,80	721	0,00	0,00	142,7	0,30	0,837	
C6	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	4,50	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	38,71	420	0,00	0,00	83,1	0,17	0,178	
C3	ΚΟΥΖΙΝΑ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	8,53	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	83,47	797	0,00	0,00	162,9	0,34	1,206	
C4	ΚΟΥΖΙΝΑ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	7,54	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	69,74	705	0,00	0,00	139,4	0,29	0,765	
C2	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	6,50	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	62,14	608	0,00	0,00	123,6	0,26	0,543	
C1	ΛΟΥΤΡΟ	Σύστημα Δαπέδου	0,050	10,0	VPE 17x2	3,63	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	34,04	339	0,00	0,00	68,8	0,14	0,118	
<b>Σύνολο</b>					<b>73.83</b>									<b>694.20</b>	<b>6.9</b>			<b>1.38</b>		

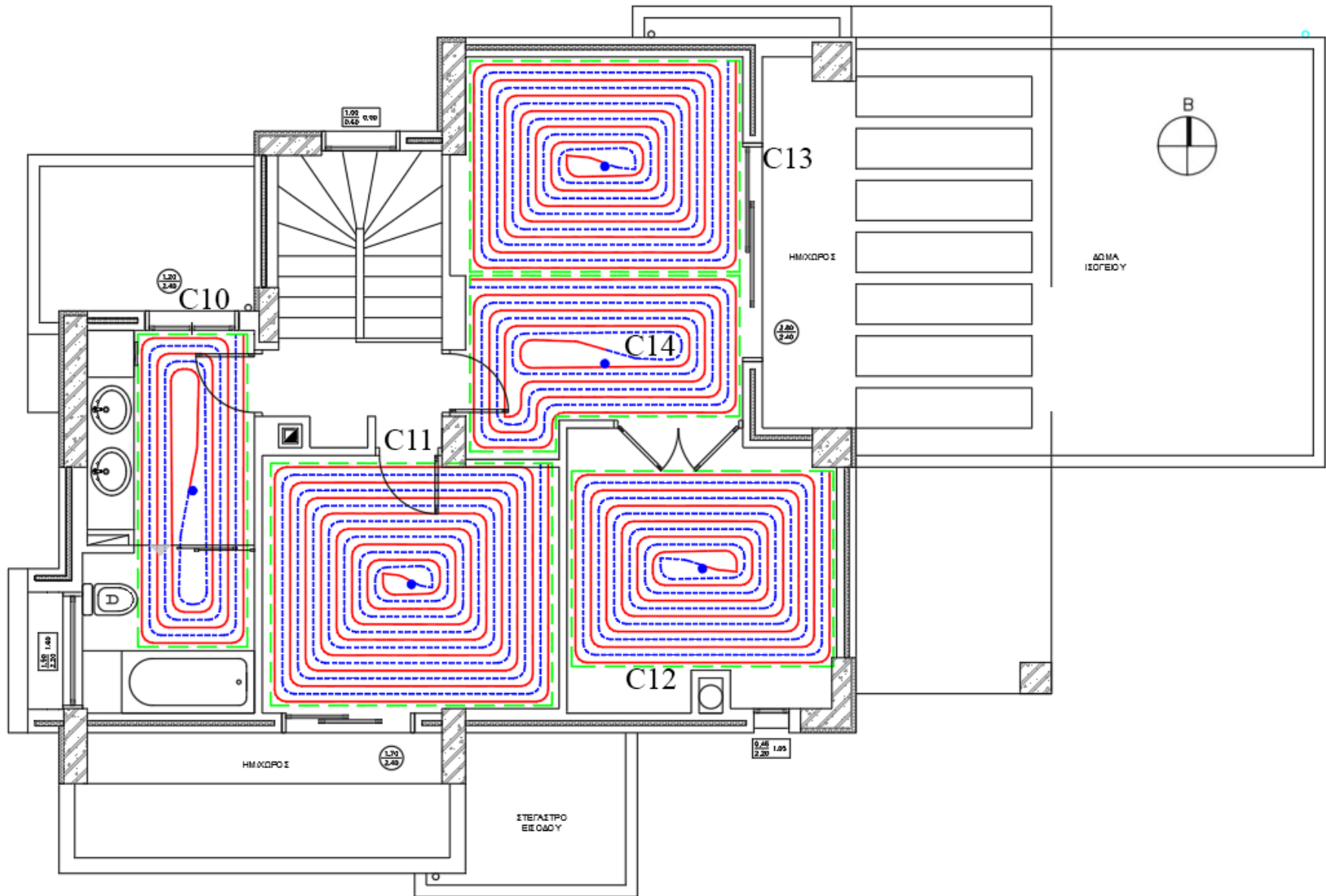
Πίνακας 2.5: Κατάσταση ενδοδαπέδιων κυκλωμάτων ανά Διαμέρισμα																					
Διαμέρισμα		Δ 1					Επίπεδο:		Επίπεδο 2												
Κύκλωμα	Δωμάτιο	Επίστρωση δαπέδου		Απόσταση σωλήνων	DN	Επιφάνεια θερμεν. δαπέδου	Θερμ. εσωτερ.	Max θερμ. δαπέδου	Μέση θερμ. δαπέδου	Εύρος θερμ.	Διαφ. Θέρμ	Θερμική ροή	Συνολικό Μήκος σωλήνα	Απόδοση προς τα πάνω	Ρυθμιστική βαλβίδα		Παροχή νερού	Ταχύτητα νερού	Πτώση πίεσης		
			Rlb	VA		Af	θint	θf,max	θfm	σ	ΔΘH	q	LHK	Qot	kv	N	G	V	ΔρTA		
			(m <sup>2</sup> ·K)/W	cm		m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	W/m <sup>2</sup>	M	W			lit/h	m/s	mWS		
C13	ΚΟΙΤΩΝΑΣ	Σύστημα Δαπέδου No 1	0,050	10,0	VPE 17x2	9,32	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	90,01	871	0,00	0,00	172,2	0,36	1,371		
C14	ΚΟΙΤΩΝΑΣ	Σύστημα Δαπέδου No 1	0,050	10,0	VPE 17x2	6,71	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	60,55	627	0,00	0,00	124,0	0,26	0,531		
C12	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	Σύστημα Δαπέδου No 1	0,050	10,0	VPE 17x2	8,38	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	80,66	783	0,00	0,00	154,8	0,32	1,052		
C11	ΚΟΙΤΩΝΑΣ	Σύστημα Δαπέδου No 1	0,050	10,0	VPE 17x2	11,16	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	108,43	1.043	0,00	0,00	206,3	0,43	2,357		
C10	ΛΟΥΤΡΟ	Σύστημα Δαπέδου No 1	0,050	10,0	VPE 17x2	5,60	20,0	29,0	28,4	5,0	22,4	93,5	49,03	524	0,00	0,00	103,5	0,22	0,334		
<b>Σύνολο</b>						<b>41,15</b>							<b>388,67</b>	<b>3.847,4</b>			<b>760,9</b>				

Έχοντας υπολογίσει τα κυκλώματα ανά όροφο και διαμέρισμα για το κτήριο μας ακολουθούν οι κατόψεις των ενδοδαπέδιων κυκλωμάτων όπως μας τα υπολόγισε το πρόγραμμα του Tisoft όπου έχουμε τοποθετήσει το όνομα του κυκλώματος σε κάθε κύκλωμα αντίστοιχα ώστε να μπορεί να γίνει η αντιστοιχίσει με τον Πίνακας 2.5: Κατάσταση ενδοδαπέδιων κυκλωμάτων ανά Διαμέρισμα .

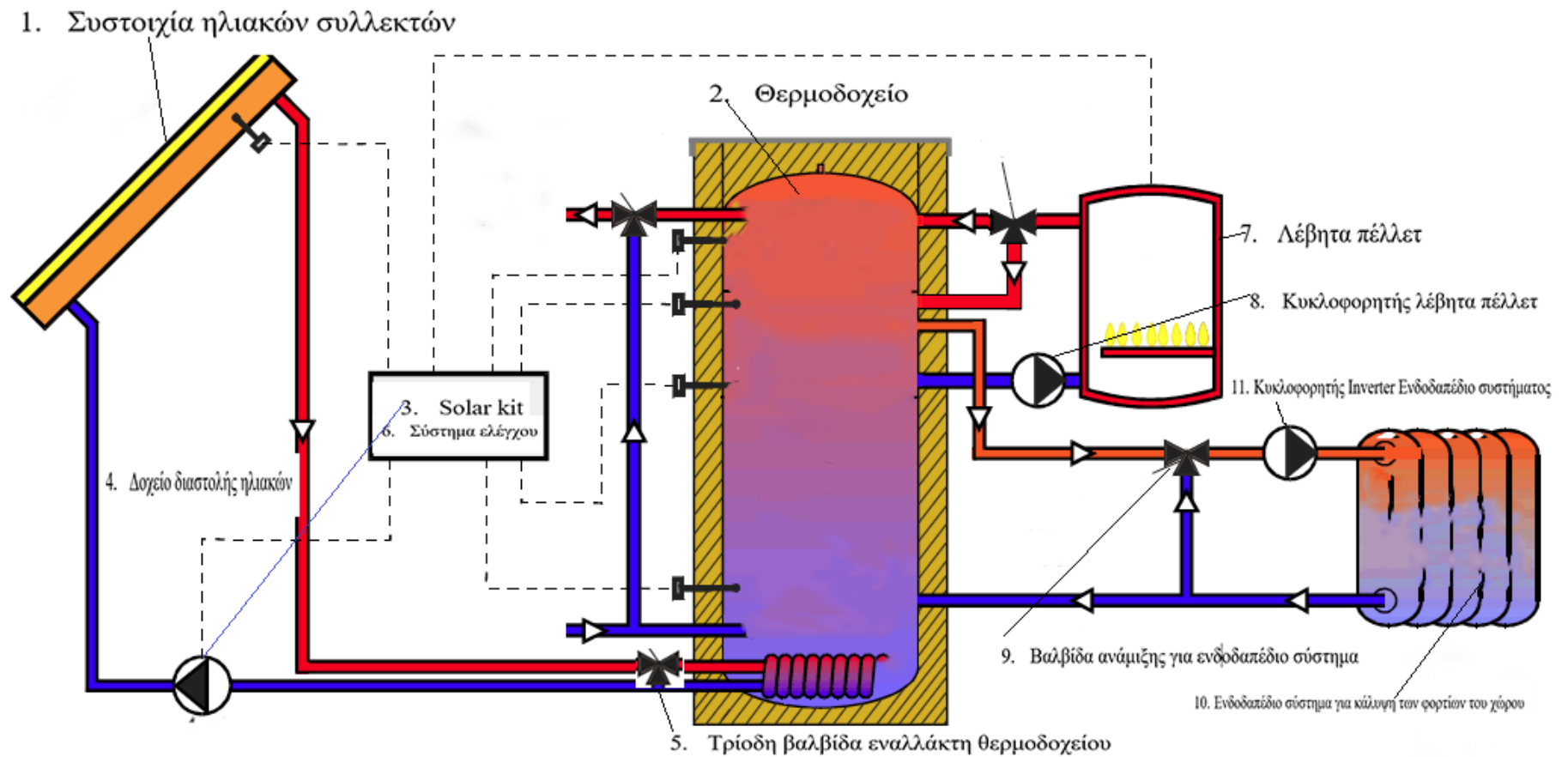
ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



ΚΑΤΟΥΨΗ Α' ΟΡΟΦΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



## 2.4 ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα και περιγραφή λειτουργίας συστήματος Combi System.

## 2.5 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αναφορά στοιχείων λειτουργίας του Combi System:

1. Συστοιχία ηλιακών συλλεκτών
2. Θερμοδοχείο 1000lit με εναλλάκτη θερμότητάς για ενεργειακή απολαβή από ηλιακούς συλλέκτες
3. Solar kit (Ηλιακός σταθμός κυκλοφορίας ηλιακού ρευστού για τον αυτοματισμό και έλεγχο του ζεστού νερού μεταξύ ηλιακών συλλεκτών και boiler αποθήκευσης νερού χρήσης σε κεντρικά ηλιακά συστήματα. Αποτελείται από κυκλοφορητή, σφαιρικές βάνες προσαγωγής & επιστροφής με ενσωματωμένα θερμομέτρα max. 140°C, βαλβίδα ασφαλείας, **με απαερωτή**, μανόμετρο, υποδοχή για το δοχείο διαστολής, παροχόμετρο με ρύθμιση ροής ρευστού 2-12 lit/min, μονωτικό κέλυφος.
4. Δοχείο διαστολής ηλιακών
5. Τρίοδη βαλβίδα εναλλάκτη θερμοδοχείου
6. Σύστημα ελέγχου
7. Λέβητα πέλλετ
8. Κυκλοφορητής λέβητα πέλλετ
9. Βαλβίδα ανάμιξης για ενδοδαπέδιο σύστημα
10. Ενδοδαπέδιο σύστημα για κάλυψη των φορτίων του χώρου
11. Κυκλοφορητής Inverter Ενδοδαπέδιο συστήματος

Ουσιαστικά το σύστημα θα δουλεύει ως εξής: η συστοιχία ηλιακών συλλεκτών(1) παραλαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει το ρευστό που διατρέχει το κύκλωμα. Έτσι όταν το σύστημα ελέγχου(6) έχει ένδειξη ότι το ρευστό είναι θερμότερο από την θερμοκρασία του θερμοδοχείου(2) τότε ανοίγει την τρίοδη βαλβίδα του θερμοδοχείου(5). Ωστε να επιτευχθεί η αποθήκευση θερμικής ενέργειας. Αν η θερμοκρασία των συλλεκτών είναι μικρότερη του θερμοδοχείου(2) το σύστημα ελέγχου θα δίνει σήμα στην τρίοδη βαλβίδα(5) να επιστρέψει το ρευστό στους συλλέκτες(1). Αυτό γίνεται με σκοπό την αποφυγή της ψύξης του θερμοδοχείου(2) από τους ηλιακούς συλλέκτες μας.

Έπειτα το θερμοδοχείο(2) είναι συνδεδεμένο παράλληλα με ένα λέβητα πέλλετ(7) που είναι συνδεδεμένος με το σύστημα ελέγχου(6). Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του θερμοδοχείου(2) είναι μικρότερη της επιθυμητής θερμοκρασίας για την λειτουργία του ενδοδαπέδιου συστήματος(10), τότε ανοίγει ο κυκλοφορητής του λέβητα πέλλετ(8) και μας θερμαίνει το θερμοδοχείο(2) έως ότου να φτάσει η θερμοκρασία του θερμοδοχείου την επιθυμητή θερμοκρασία λειτουργίας. Διαφορετικά αν το θερμοδοχείο(2) έχει την επιθυμητή θερμοκρασία ο κυκλοφορητής και λέβητα πέλλετ(8) θα παραμένουν κλειστοί.

Τέλος, η προσαγωγή και επιστροφή του ενδοδαπέδιου συστήματος(10) είναι συνδεδεμένες στο θερμοδοχείο(2) όπου με βάση των συνδυασμό των άλλων δυο κυκλωμάτων στο θερμοδοχείο υπάρχει πάντα η επιθυμητή θερμοκρασία για την λειτουργία της ενδοδαπέδιας(10). Επίσης στην προσαγωγή



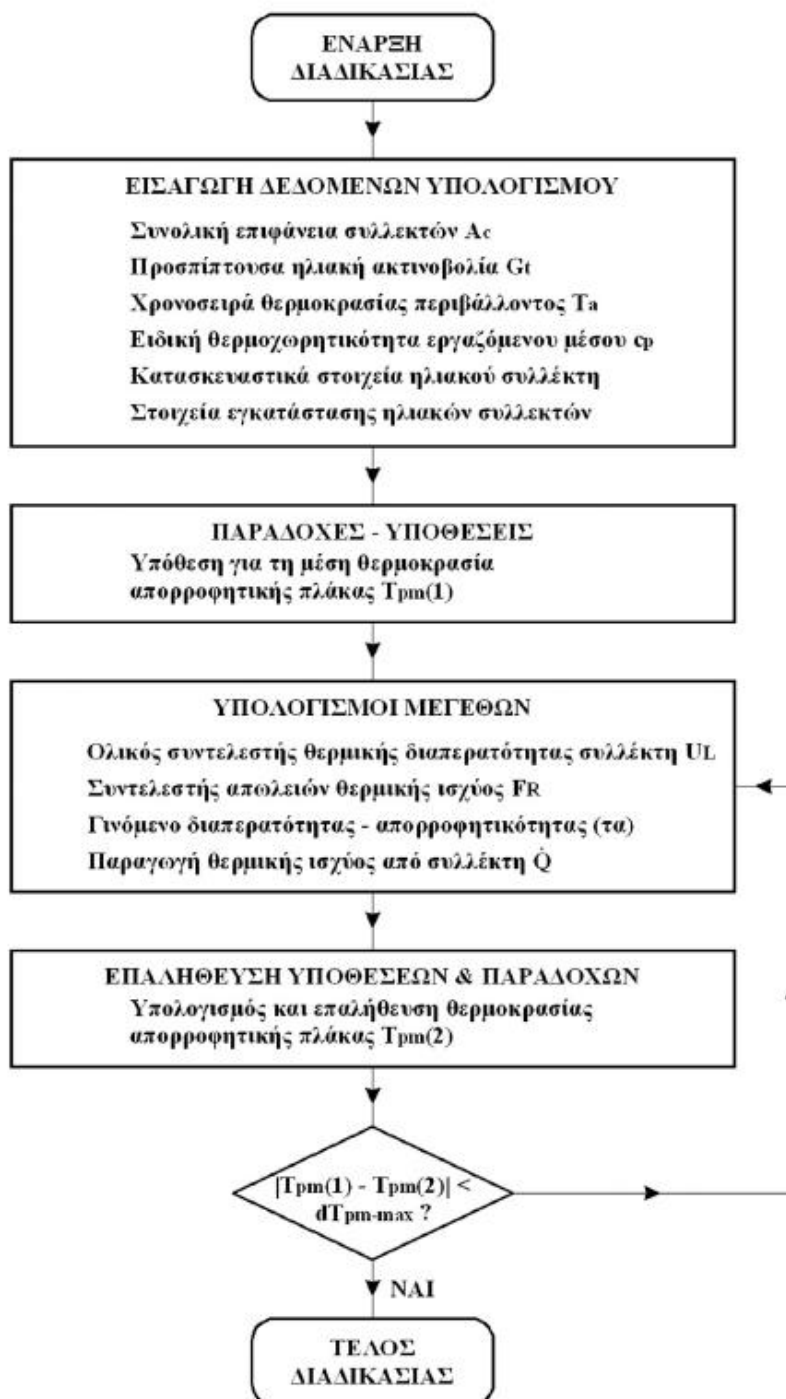
του ρευστού προς το ενδοδαπέδιο σύστημα υπάρχει βαλβίδα ανάμιξης(9) ώστε αν η θερμοκρασία επιστροφής είναι μεγαλύτερη ή ίση με την θερμοκρασία λειτουργίας να εισέρχεται και πάλι στο σύστημα(10) κάλυψης των φορτίων.

Για να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για την επένδυση μας πρέπει να υπολογίσουμε την παραγωγή και κατανάλωση καυσίμου πέλλετ και για τα δυο συστήματα. Αυτό θα γίνει μέσω υπολογισμού της θερμικής παραγωγής πέλλετ ανά ώρα για τα δυο συστήματα. Για των υπολογισμό του συστήματος combi θα γίνουν οι υπολογισμοί για διάφορες συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών, για να υπολογιστεί η θερμική απολαβή τους στο θερμοδοχείο. Επίσης αφού γνωρίζουμε τη θερμική τους απολαβή θα υπολογίσουμε την απαιτούμενη θερμική ισχύ για την κάλυψη του ενδοδαπέδιου συστήματος.

Ακολουθεί η διαδικασία αναλυτικού υπολογισμού για το Solar Combi System.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

#### 3.1 Αναλυτικός υπολογισμός Συστήματος ηλιακών συλλεκτών

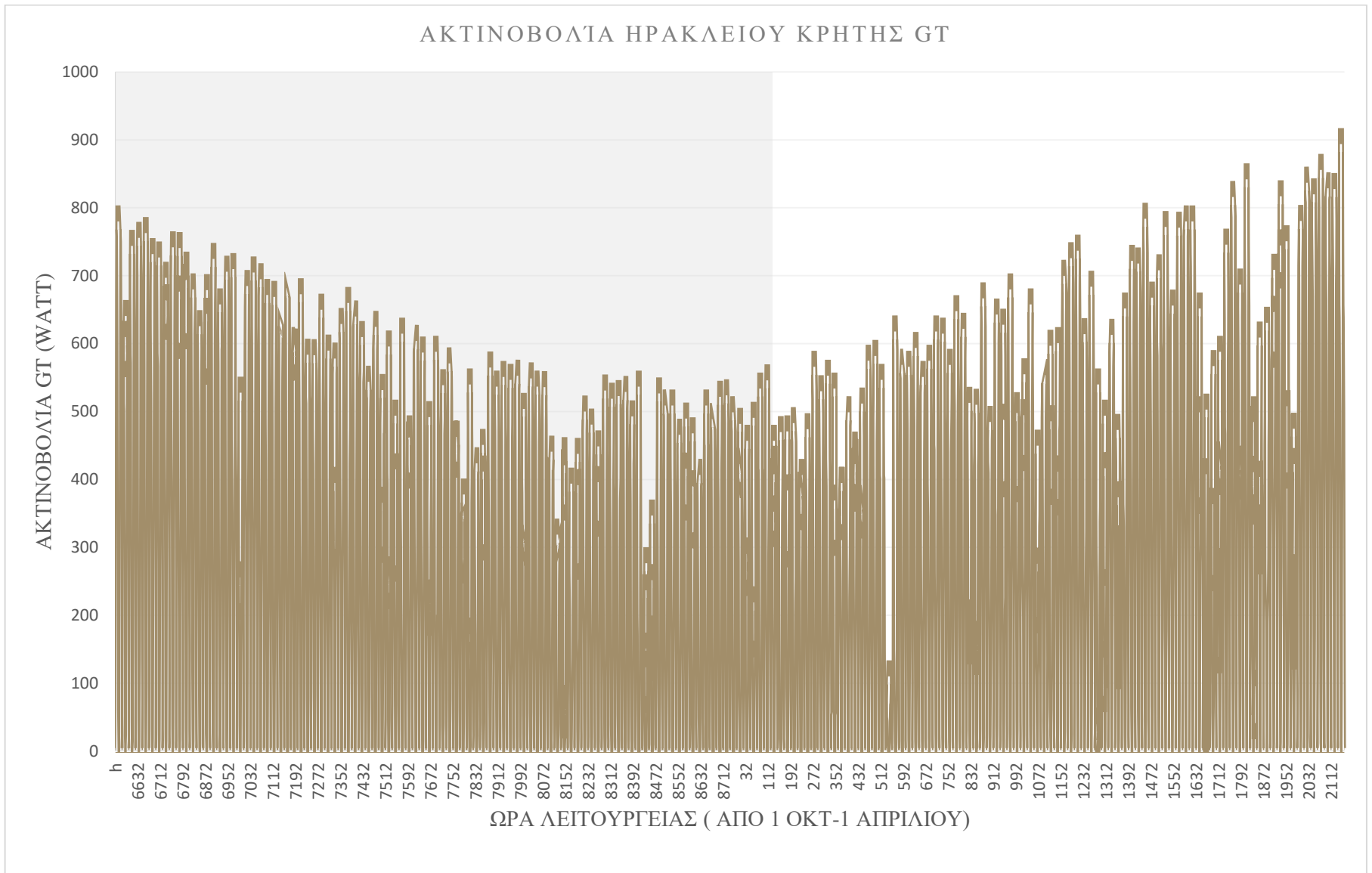


Εικόνα 3.1: Διάγραμμα διαδικασίας υπολογισμού θερμικών απολαβών από τους ηλιακούς συλλέκτες..

Στον αναλυτικό υπολογισμό των συλλεκτών επιλέξαμε ηλιακό συλλέκτη με τα εξής χαρακτηριστικά:

- συνολική εγκατεστημένη ενεργός επιφάνεια  $A_c$ :  $2 \text{ m}^2$
- ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  : ανά ώρα από πίνακα
- θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_a$  : ανά ώρα από πίνακα
- εργαζόμενο μέσο : νερό
- εισαγωγή μέσου : δίκτυο ύδρευσης
- αριθμός  $N$  των προστατευτικών διαφανών καλυμμάτων του συλλέκτη : 1
- πάχος μόνωσης του συλλέκτη  $t_e$  και  $t_b$  στις πλευρικές επιφάνειές του και στη βάση του αντίστοιχα:  $0,007\text{m}$
- συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης του συλλέκτη  $k_e$  και  $k_b$  στις πλευρικές επιφάνειές του και στη βάση του αντίστοιχα :  $0,0245\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- απόσταση  $W$  μεταξύ δύο διαδοχικών σωληνώσεων του ηλιακού συλλέκτη :  $0,115\text{m}$
- εξωτερική διάμετρος  $D$  των σωληνώσεων του ηλιακού συλλέκτη :  $0,011\text{m}$
- εσωτερική διάμετρος  $D_i$  των σωληνώσεων του ηλιακού συλλέκτη :  $0,010\text{m}$
- συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας  $\epsilon_r$  της απορροφητικής πλάκας του ηλιακού συλλέκτη :  $0,95$
- συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας  $\epsilon_g$  του διαφανούς καλύμματος του ηλιακού συλλέκτη :  $0,88$
- συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $k$  της απορροφητικής πλάκας :  $350\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- πάχος  $\delta$  της απορροφητικής πλάκας :  $0,0005\text{m}$
- συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $k_b$  του υλικού της σύνδεσης των σωληνώσεων του συλλέκτη με την απορροφητική πλάκα :  $1.000\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- πλάτος  $b$  της σύνδεσης των σωληνώσεων του συλλέκτη με την απορροφητική πλάκα  $0,120\text{m}$
- πάχος  $\gamma$  της σύνδεσης των σωληνώσεων του συλλέκτη με την απορροφητική πλάκα  $0,060\text{m}$
- κλίση  $\beta$  εγκατάστασης του συλλέκτη :  $65^\circ$  για την χειμερινή περίοδο
- συντελεστής συναγωγής μεταφοράς θερμότητας  $h_{fi}$  από το εργαζόμενο μέσο προς τις σωληνώσεις του ηλιακού συλλέκτη :  $3.000\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- συντελεστές θερμικής μετάβασης  $h_i$ ,  $h_e$  και  $h_b$  για τη μεταφορά θερμότητας από την κορυφή του, τις πλευρικές επιφάνειές του και τη βάση του αντίστοιχα :  $10\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- παροχή μάζας του εργαζόμενου μέσου στο υδραυλικό κύκλωμα :  $0,02\text{kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$
- δείκτης διάθλασης καλύμματος συλλέκτη :  $1,526$
- διαπερατότητα καλύμματος σε κάθετη πρόσπτωση ακτινοβολίας :  $0,941$
- απορροφητικότητα πλάκας για κάθετη πρόσπτωση ακτινοβολίας :  $0,890$
- γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας :  $20$

Επίσης μετά από συνεννόηση με τον καθηγητή πήραμε πίνακα με ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  ανά ώρα.



Γράφημα 3.1: Γραφική παράσταση ακτινοβολιών για το Ηράκλειο Κρήτης ανά ώρα από 1 Οκτώβριου -1 Απρίλιου.

1. Αρχική υπόθεση για θερμοκρασία απορροφητικής πλάκας:

$$T_{pm} = T_{fi} + 10^\circ C \Leftrightarrow T_{pm} = 16 + 10^\circ C \Leftrightarrow T_{pm} = 26^\circ C = 299K$$

2. Υπολογισμός συντελεστή θερμικής διαπερατότητας  $U_L$ .

$$U_L = U_t + U_b + U_e.$$

3. Υπολογισμός συντελεστή θερμικής διαπερατότητας  $U_b$  &  $U_e$ .

$$U_{e,b} = \frac{1}{\frac{t_{e,b}}{k_{e,b}} + \frac{1}{h_{e,b}}}$$

4. Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας  $U_t$  από την κορυφή (top) του συλλέκτη

$$C = 520(1 - 0,00005 \beta^2) \Leftrightarrow C = 520(1 - 0,00005 135^2) \Leftrightarrow C = 487,51$$

$$f = (1 + 0,089 \cdot h_t - 0,1166 \cdot h_t \cdot \varepsilon_p) \cdot (1 + 0,07866 \cdot N) \Leftrightarrow$$

$$f = (1 + 0,089 \cdot 10 - 0,1166 \cdot 10 \cdot 0,95) \cdot (1 + 0,07866 \cdot 1) \Leftrightarrow f = 0,844$$

$$e = 0,430 \cdot \left(1 - \frac{100}{T_{pm}}\right) \Leftrightarrow e = 0,430 \cdot \left(1 - \frac{100}{299}\right) \Leftrightarrow e = 0,286$$

$$U_t = \frac{1}{\frac{C}{T_{pm}} \cdot \left(\frac{T_{pm} - T_a}{N + f}\right)^e + \frac{1}{h_t}} + \frac{\sigma \cdot (T_{pm} + T_a) \cdot (T_{pm}^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p + 0,00591 \cdot N \cdot h_t} + \frac{2 \cdot N + f - 1 + 0,133 \cdot \varepsilon_p \cdot N}{\varepsilon_g}}$$

5. Υπολογισμός συντελεστή απωλειών θερμικής ισχύος  $F_R$ .

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}}, \quad C_b = \frac{k_b \cdot b}{\gamma}$$

$$F = \frac{\tanh\left[\frac{m \cdot (W - D)}{2}\right]}{\frac{m \cdot (W - D)}{2}}$$

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \cdot \left[ \frac{1}{U_L \cdot [D + (W - D) \cdot F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi \cdot D_i \cdot h_{fi}} \right]}$$

$$F_R = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{A_c \cdot U_L} \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{A_c \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}\right) \right] \Leftrightarrow$$

6. Υπολογισμός γινομένου διαπερατότητας - απορροφητικότητας (τα).

Με βάση τα δεδομένα της άσκησης, για κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας η διαπερατότητα του καλύμματος δίνεται 0,941 και η απορροφητικότητα της πλάκας δίνεται 0,890. Συνεπώς το γινόμενο διαπερατότητας – απορροφητικότητας προκύπτει για κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας ίσο με:  $(\tau\alpha)_n = 0,941 \cdot 0,890 = 0,837$ .

Με δεδομένο το συντελεστή διάθλασης του καλύμματος (1,526), από το σχήμα 5.15 για γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας 20ο και ένα κάλυμμα υπολογίζεται ο λόγος  $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n = 0,99$ . Άρα το γινόμενο (τα) για γωνία πρόσπτωσης 20ο υπολογίζεται:  $(\tau\alpha) = (\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n \cdot (\tau\alpha)_n = 0,99 \cdot 0,837 = 0,829$ .

Τέλος, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επίδραση της απορρόφησης ακτινοβολίας από το κάλυμμα του ηλιακού συλλέκτη, υπολογίζεται τελικά το ενεργό γινόμενο διαπερατότητας – απορροφητικότητας για απλό τζάμι από τη σχέση:

$$(\tau\alpha)_e = 1,02 \cdot (\tau\alpha) \Leftrightarrow (\tau\alpha)_e = 1,02 \cdot 0,829 \Leftrightarrow (\tau\alpha)_e = 0,846$$

7. Υπολογισμός παραγωγής θερμικής ισχύος από τον ηλιακό συλλέκτη.

$$\dot{Q} = A_c \cdot F_R \cdot [G_t \cdot (\tau \cdot \alpha) - U_L \cdot (T_{fi} - T_a)]$$

8. Επαλήθευση μέσης θερμοκρασίας απορροφητικής πλάκας.

$$T_{pm} = T_{fi} + \frac{\dot{Q}/A_c}{F_R \cdot U_L} \cdot (1 - F_R)$$

9. Επανάληψη διαδικασίας

10. Απόδοση συλλέκτη.

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{G_t \cdot A_c}$$

11. Διασύνδεση ηλιακών συλλεκτών

Έπειτα, στην μελέτη μας θα υπολογίσουμε για διάφορες διασυνδέσεις ηλιακών συλλεκτών την ισοδύναμη θερμική απολαβή και τελικές θερμοκρασίες. Οπού θα είναι 2,3,4 συλλέκτες σε σειρά οπού ισχύει ότι το  $T_{pm}$  του πρώτου συλλέκτη θα είναι η θερμοκρασία εισαγωγής στον δεύτερο συλλέκτη και ομοίως  $T_{pm}$  του δεύτερου συλλέκτη θα είναι η θερμοκρασία εισαγωγής στον τρίτο συλλέκτη και ου το κάθε εξής. Το  $T_{pm}$  του τελευταίου συλλέκτη είναι και η θερμοκρασία οπού θα κατευθύνεται στον εναλλάκτη του θερμοδοχείου και θα γίνεται ο έλεγχος, οπού θα πρέπει να ισχύει  $T_{pm} > T_{buf} + 8$  ώστε όταν θα εισέρχεται νερό στον εναλλάκτη να μεγαλύτερης θερμοκρασίας από ότι το θερμοδοχείο ώστε να αποφεύγουμε τυχών απώλεια θερμότητας του θερμοδοχείου.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 &= A_{c1} \cdot F_{R1} \cdot [G_t \cdot (\tau \cdot \alpha)_1 - U_{L1} \cdot (T_{fi1} - T_a)] \\ &+ A_{c2} \cdot F_{R2} \cdot [G_t \cdot (\tau \cdot \alpha)_2 - U_{L2} \cdot (T_{fo1} - T_a)] \end{aligned}$$

$$K = \frac{A_{c2} \cdot F_{R2} \cdot U_{L2}}{\dot{m} \cdot c_p}$$

$$A_c = A_{c1} + A_{c2}$$

$$F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) = \frac{A_{c1} \cdot F_{R1} \cdot (\tau \cdot \alpha)_1 \cdot (1 - K) + A_{c2} \cdot F_{R2} \cdot (\tau \cdot \alpha)_2}{A_c}$$

$$F_R \cdot U_L = \frac{A_{c1} \cdot F_{R1} \cdot U_{L1} \cdot (1 - K) + A_{c2} \cdot F_{R2} \cdot U_{L2}}{A_c}$$

Ομοίως για τον υπολογισμό για το  $Q_{1,2} + Q_3$  και  $Q_{1,2,3} + Q_4$

Γνωρίζοντας την ισοδύναμη ισχύει τον ηλιακών και το  $T_{pm3}$  μπορούμε να υπολογίσουμε ποτέ θα μπαίνει το νερό των ηλιακών συλλεκτών στον εναλλάκτη θερμότητας του θερμοδοχείου.

Έτσι όταν το  $T_{pm} > T_i + 8$  θα υπάρχει είσοδος του νερού στον εναλλάκτη αρά και θερμική απολαύει από τους συλλέκτες μας στο θερμοδοχείο.

Σε περίπτωση που  $T_{pm} < T_i + 8$  τότε το  $T_{pm}$  δεν θα εισέλθει στον εναλλάκτη και θα είναι η θερμοκρασία εισαγωγής των ηλιακών μας για την επόμενη ώρα  $T_{fi}$ .

## 12. Συντελεστής εναλλάκτη θερμότητας

$$\dot{Q}_{he} = \varepsilon \cdot (\dot{m} \cdot C_p)_{\min} \cdot (T_{c,o} - T_i)$$

- $(\dot{m} \cdot C_p)_{\min}$  : η ελάχιστη από τις παροχές θερμοχωρητικότητας (fluid capacitance rates) του μέσου των ηλιακών συλλεκτών  $(\dot{m} \cdot C_p)_c$  και του θερμοδοχείου  $(\dot{m} \cdot C_p)_t$  στον εναλλάκτη θερμότητας
- $T_{c,o}$  : η θερμοκρασία εισόδου του μέσου των ηλιακών συλλεκτών στον εναλλάκτη θερμότητας
- $T_i$  : η θερμοκρασία εισόδου του μέσου από το θερμοδοχείο (νερό) στον εναλλάκτη θερμότητας
- $\varepsilon$  : ο βαθμός απόδοσης του εναλλάκτη θερμότητας.

Η αδιάστατη παροχή θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται:

$$C^* = \frac{(\dot{m} \cdot C_p)_{\min}}{(\dot{m} \cdot C_p)_{\max}}$$

Το μέγεθος NTU υπολογίζεται από τη σχέση:

$$NTU = \frac{U \cdot A}{(\dot{m} \cdot C_p)_{\min}}$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόδοση του εναλλάκτη, για  $C^* \neq 1$  από τη σχέση:

$$\varepsilon = \begin{cases} \frac{1 - e^{-NTU(1-C^*)}}{1 - C^* \cdot e^{-NTU(1-C^*)}}, & \text{αν } C^* \neq 1 \\ \frac{NTU}{1 + NTU}, & \text{αν } C^* = 1 \end{cases}$$

Η θερμοκρασία εξόδου μίγματος ηλιακών συλλεκτών από τον εναλλάκτη δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{he} = \dot{m}_c \cdot C_{p,c} \cdot (T_{ci} - T_{co}) \Leftrightarrow T_{co} = T_{ci} - \frac{\dot{Q}_{he}}{\dot{m}_c \cdot C_{p,c}}$$

Οπού αν  $T_{c,o} < T_i$  τότε το νερό δεν θα εισέλθει στον εναλλάκτη και θα επιστρέψει στους ηλιακούς συλλέκτες. Αρά καταλήγουμε στο ότι η θερμοκρασία εισαγωγής στους συλλέκτες  $T_{fi}$  θα είναι ίση με  $T_{pm3}$ .

Αν  $T_{c,o} > T_i$  τότε η  $T_{co} = T_{fi}$

Αντίστοιχα, η θερμοκρασία εξόδου νερού από τον εναλλάκτη δίνεται από τη σχέση:



$$\dot{Q}_{he} = \dot{m}_t \cdot C_{p,t} \cdot (T_{to} - T_{ti}) \Leftrightarrow T_{to} = T_{ti} + \frac{\dot{Q}_{he}}{\dot{m}_t \cdot C_{p,t}}$$

Η μεταφερόμενη θερμική ισχύς από τον εναλλάκτη θερμότητας υπολογίζεται πλέον από τη σχέση:

$$\dot{Q}_u = A_c \cdot F'_R \cdot [S - U_L \cdot (T_i - T_a)]$$

Στην περίπτωση εισαγωγής εναλλάκτη θερμότητας για την αποθήκευση θερμότητας από ηλιακούς συλλέκτες σε θερμοδοχείο, η χρησιμοποιείται η σχέση όπου όμως στη θέση του συντελεστή  $F_R$  έχει τώρα εισαχθεί ένας νέος συντελεστής  $F'_R$ :"

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left[ 1 + \frac{A_c \cdot F_R \cdot U_L}{(\dot{m} \cdot C_p)_c} \cdot \left( \frac{(\dot{m} \cdot C_p)_c}{\varepsilon \cdot (\dot{m} \cdot C_p)_{min}} - 1 \right) \right]^{-1}$$

Η παρουσία του εναλλάκτη θερμότητας ουσιαστικά επιβάλλει στον ηλιακό συλλέκτη να αποδίδει στο εργαζόμενο μέσο υψηλότερες θερμοκρασίες, από ό,τι αν δεν υπήρχε ο εναλλάκτης θερμότητας. Τούτο, όπως είναι γνωστό, συνεπάγεται τη μείωση της απόδοσης του συλλέκτη που οδηγεί σε μείωση της απόδοσης λειτουργίας του συνολικού υβριδικού σταθμού. Αυτή η μειωμένη απόδοση του σταθμού θερμικής ισχύος εκφράζεται μέσω του λόγου  $F'_R/F_R$ .

### 3.2 Αναλυτικός υπολογισμός Θερμοδοχείου και χρήση Καστηρά

Η ζήτηση θερμικής ισχύος  $Q_d$  θα πρέπει να έχει υπολογιστεί ως χρονοσειρά ανά χρονικό βήμα ίσο με το βήμα υπολογισμού. Αντίστοιχα, θα πρέπει να έχει υπολογιστεί και η παραγωγή θερμικής ισχύος από τους ηλιακούς συλλέκτες  $Q_u$ . Ο υπολογισμός της θερμοκρασίας του μέσου αποθήκευσης θερμότητας στο θερμοδοχείο σε κάθε χρονικό βήμα είναι βασικό βήμα για την προσομοίωση της λειτουργίας του συνολικού υβριδικού σταθμού θερμικής ισχύος και τον υπολογισμό των σχετικών ενεργειακών μεγεθών.

Αρχικά υποθέτουμε ότι το θερμοδοχείο έχει δυο στρωματά θερμοκρασίας.

- Από 40 βαθμούς κελσίου και πάνω ( $T_s$ )(με ισχύ από ηλιακά)
- Για 40 βαθμούς κελσίου και κάτω ( $T_i$ ) (χωρίς ισχύ από ηλιακά)

Έπειτα υπολογίζουμε την θερμοκρασία του θερμοδοχείου με χρονικό βήμα ανά ώρα χωρίς την εισαγωγή θερμικής ισχύος από τα ηλιακά. Αυτές είναι οι θερμοκρασίες εισαγωγείς του θερμοδοχείου στον εναλλάκτη. ( $T_{ti}$ )

$$\dot{m} = \frac{m}{\Delta t}$$

όπου  $m = V \cdot \rho = 1.000\text{kg}$  και  $\Delta t = 1\text{h} = 3.600\text{s}$ .

$$T_{ti} = \frac{-\dot{Q}_d - U_s \cdot A_s \cdot (T_s(i-1) - T_a)}{\dot{m} \cdot C_p} + T_s(i-1)$$

$T_{(s-1)} = 40^\circ\text{C}$  σε κάθε ώρα γιατί και στην περίπτωση που είναι λιγότερο θα μας προσφέρει ο καυστήρας την περισσευούμενη θερμότητα. Επίσης για να την περίπτωση που είναι περισσότερή θα το συμπεριλάβουμε στο  $Q_i$ .

Στην συνέχεια αφού γνωρίζουμε  $Q_u$  (ενεργειακή απολαβή ηλιακών συλλεκτών) και  $Q_d$  (ζήτηση για κάλυψη φορτίων χώρων) υπολογίζουμε και το  $Q_i$ :

- Αν  $Q_{(s-1)} > 0$  τότε  $Q_i = U_s \cdot A_s \cdot (T_s - T_a) - Q_{(s-1)}$
- Αν  $Q_{(s-1)} < 0$  τότε  $Q_i = U_s \cdot A_s \cdot (T_s - T_a)$

Και επίσης η θερμοκρασία του μέσου στο θερμοδοχείο:

$$T_s(i) = \frac{\dot{Q}_u - \dot{Q}_d - U_s \cdot A_s \cdot (T_s(i-1) - T_a)}{\dot{m} \cdot C_p} + T_s(i-1)$$

Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ που αποθηκεύετε σε κάθε ώρα από τα ηλιακά  $Q_s$ :

$$\dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T_s = \dot{Q}_s = \dot{Q}_u - \dot{Q}_d - U_s \cdot A_s \cdot (T_s - T_a)$$

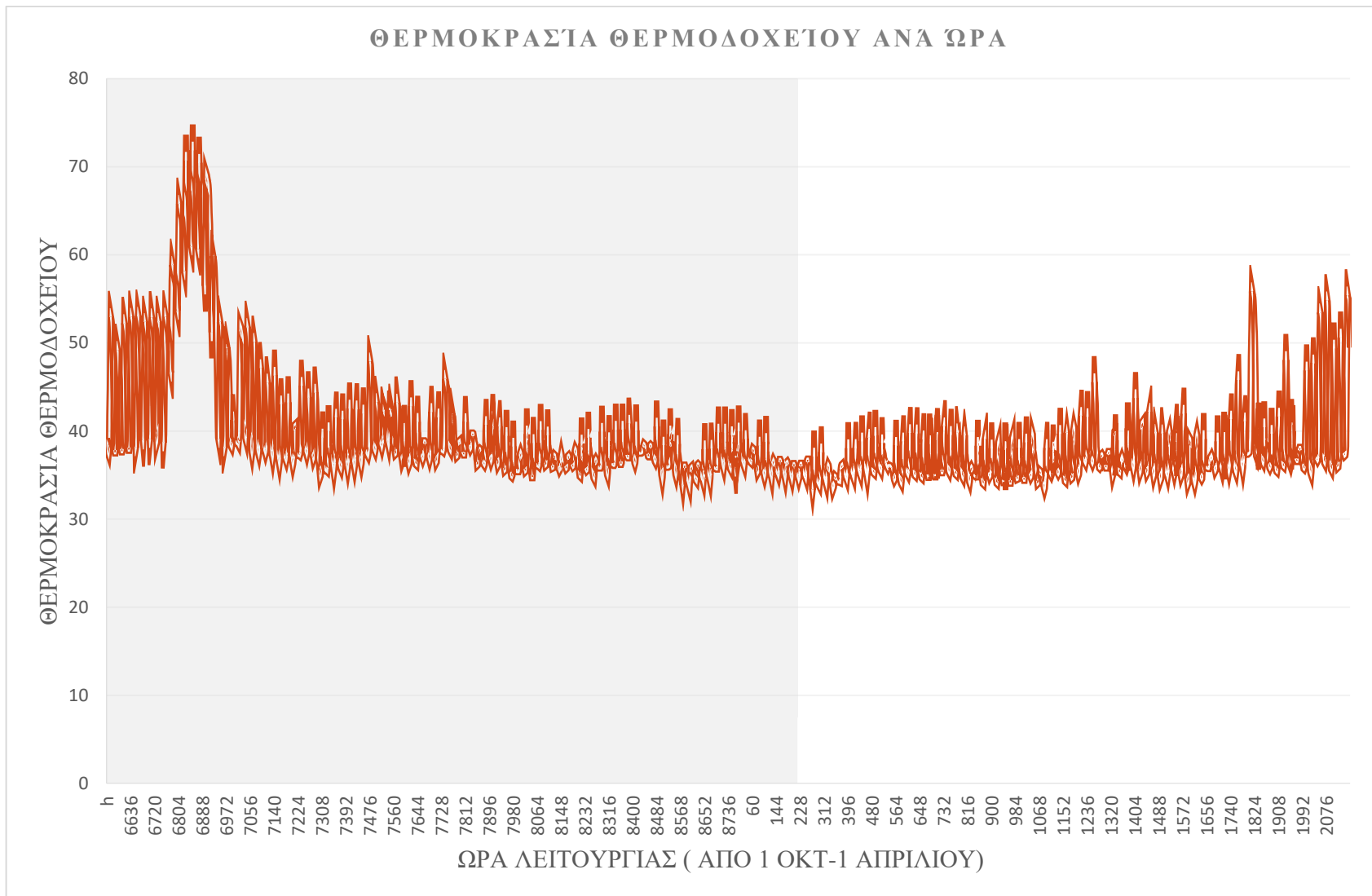
όπου:

$U_s$  : ο συνολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, που χαρακτηρίζει τη μεταφορά θερμότητας από το θερμοδοχείο προς το περιβάλλον

$A_s$  : η συνολική επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας από το θερμοδοχείο προς το περιβάλλον

$T_s$  : η ομοιόμορφη θερμοκρασία του μέσου αποθήκευσης θερμότητας εντός του θερμοδοχείου

$T_a$  : η θερμοκρασία περιβάλλοντος προς το οποίο χάνεται θερμότητα από το θερμοδοχείο.



Γράφημα 3.2: Γραφική παράσταση των θερμοκρασιών του θερμοδοχείου ανά ώρα από 1 Οκτωβριου -1 Απριλιου έπειτα από των υπολογισμό τους.

Επόμενος αν  $Q_d > 0$  και  $T_{s(i)} < T_{d,min}$

$$Q_h = m_h \cdot C_p \cdot (T_{d,min} - T_{s(i)})$$

Όπου  $m_h$  είναι η παροχή νερού του ενδοδαπέδιου συστήματος.  
Που την υπολογίσαμε για κάθε ώρα:

$$Q_d + Q_l \text{ ( kcal/h)}$$

$$m_h = (Q_d + Q_l) / (T_v - T_r) \text{ (lt/h)}$$

Όπου θέτουμε θερμοκρασιακή διαφορά προσαγωγής/επιστροφής:

$$T_v - T_r = 7^\circ\text{C}$$

Γνωρίζοντας την παροχή και την θερμοκρασία του θερμοδοχείου για κάθε ώρα και για  $T_{d,min} = 40^\circ\text{C}$  μπορούμε να υπολογίζουμε  $Q_h$  για κάθε ώρα όπου υπάρχει ανάγκη λειτουργίας του καυστηρά βιομάζας.

Επίσης μπορούμε να επαναλάβουμε την διαδικασία υπολογισμού της παροχής για το σύστημα μας και χωρίς το θερμοδοχείο έτσι ώστε να υπολογίσουμε την κατανάλωση του Α συστήματος και έπειτα να μπορούμε να τα συγκρίνουμε.

Για την σύγκριση και επιλογή της βέλτιστης διάταξης των ηλιακών μας συλλεκτών υπολογιστήκαν τα καθαρά κέρδη της επένδυσης όλων των διατάξεων για 15 χρονιά ζωής ,που είναι συνήθως η εγγύηση των κατασκευαστών. Σε αυτόν τον υπολογισμό χρησιμοποιήσαμε μόνο το κόστος συλλεκτών(200€ ανά συλλέκτη) σαν αρχικό κόστος επένδυσης. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα γίνει η αναλυτική οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης.

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα υπολογισμών(Ετήσιας κατανάλωσης , κόστη και κέρδοι) για κάθε συστοιχία ηλιακών συλλεκτών

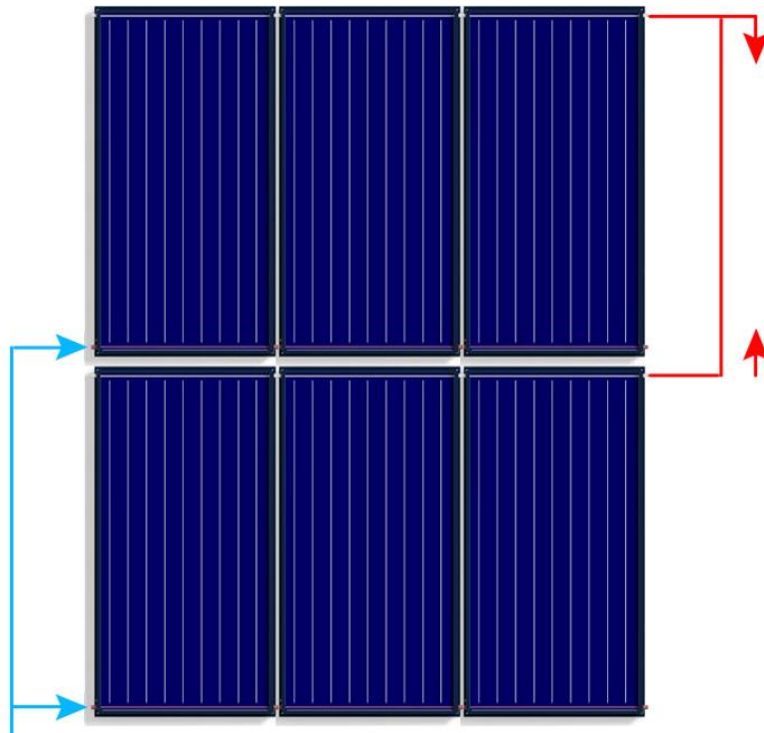
Διάταξη	Ετήσια κατανάλωση Combi system MWh	Οικονομία	Σύνολο συλλεκτών	Κόστος συλλεκτών €	Ετήσιο κόστος πέλλετ χωρίς ηλιακά €	Ετήσιο κόστος πέλλετ με ηλιακά €	Ετήσιο κέρδος €	Κέρδος για 15 χρόνια ζωής €	Καθαρό Κέρδος για 15 χρόνια ζωής €
<b>2X4</b>	11,09	73%	8	1.600,00	1.093,00	797,26	295,74	4.436,15	2.836,15
<b>2X5</b>	11,02	72%	10	2.000,00	1.093,00	792,17	300,83	4.512,49	2.512,49
<b>2X6</b>	10,96	72%	12	2.400,00	1.093,00	787,28	305,72	4.585,74	2.185,74
<b>2X7</b>	10,89	72%	14	2.800,00	1.093,00	782,38	310,62	4.659,37	1.859,37
<b>2X8</b>	10,83	71%	16	3.200,00	1.093,00	778,24	314,76	4.721,37	1.521,37
<b>2X9</b>	10,78	71%	18	3.600,00	1.093,00	774,72	318,28	4.774,18	1.174,18
<b>2X10</b>	10,73	71%	20	4.000,00	1.093,00	771,24	321,76	4.826,45	826,45
<b>3X2</b>	<b>10,96</b>	<b>72%</b>	<b>6</b>	<b>1.200,00</b>	<b>1.093,00</b>	<b>787,61</b>	<b>305,39</b>	<b>4.580,81</b>	<b>3.380,81</b>
<b>3X3</b>	10,75	71%	9	1.800,00	1.093,00	772,57	320,43	4.806,46	3.006,46
<b>3X4</b>	10,56	69%	12	2.400,00	1.093,00	758,65	334,35	5.015,19	2.615,19
<b>3X5</b>	10,40	68%	15	3.000,00	1.093,00	747,39	345,61	5.184,08	2.184,08
<b>3X6</b>	10,26	67%	18	3.600,00	1.093,00	737,52	355,48	5.332,23	1.732,23

*Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα υπολογισμών(Ετήσιας κατανάλωσης , κόστη και κέρδοι) για κάθε συστοιχία ηλιακών συλλεκτών*

Διάταξη	Ετήσια κατανάλωση Combi system	Οικονομία	Σύνολο συλλεκτών	Κόστος συλλεκτών	Ετήσιο κόστος πέλλετ χωρίς ηλιακά	Ετήσιο κόστος πέλλετ με ηλιακά	Ετήσιο κέρδος	Κέρδος για 15 χρόνια ζωής	Καθαρό Κέρδος για 15 χρόνια ζωής
	MWh			€	€	€	€	€	€
3X7	10,11	66%	21	4.200,00	1.093,00	726,77	366,23	5.493,51	1.293,51
3X8	9,99	66%	24	4.800,00	1.093,00	717,74	375,26	5.628,94	828,94
3X9	9,91	65%	27	5.400,00	1.093,00	712,55	380,45	5.706,77	306,77
3X10	9,83	65%	30	6.000,00	1.093,00	706,36	386,64	5.799,67	-200,33
4X2	10,81	71%	8	1.600,00	1.093,00	776,83	316,17	4.742,58	3.142,58
4X3	10,54	69%	12	2.400,00	1.093,00	757,35	335,65	5.034,81	2.634,81
4X4	10,30	68%	16	3.200,00	1.093,00	740,13	352,87	5.293,12	2.093,12
4X5	10,09	66%	20	4.000,00	1.093,00	725,02	367,98	5.519,66	1.519,66
4X6	9,92	65%	24	4.800,00	1.093,00	713,05	379,95	5.699,26	899,26
4X7	9,76	64%	28	5.600,00	1.093,00	701,21	391,79	5.876,87	276,87

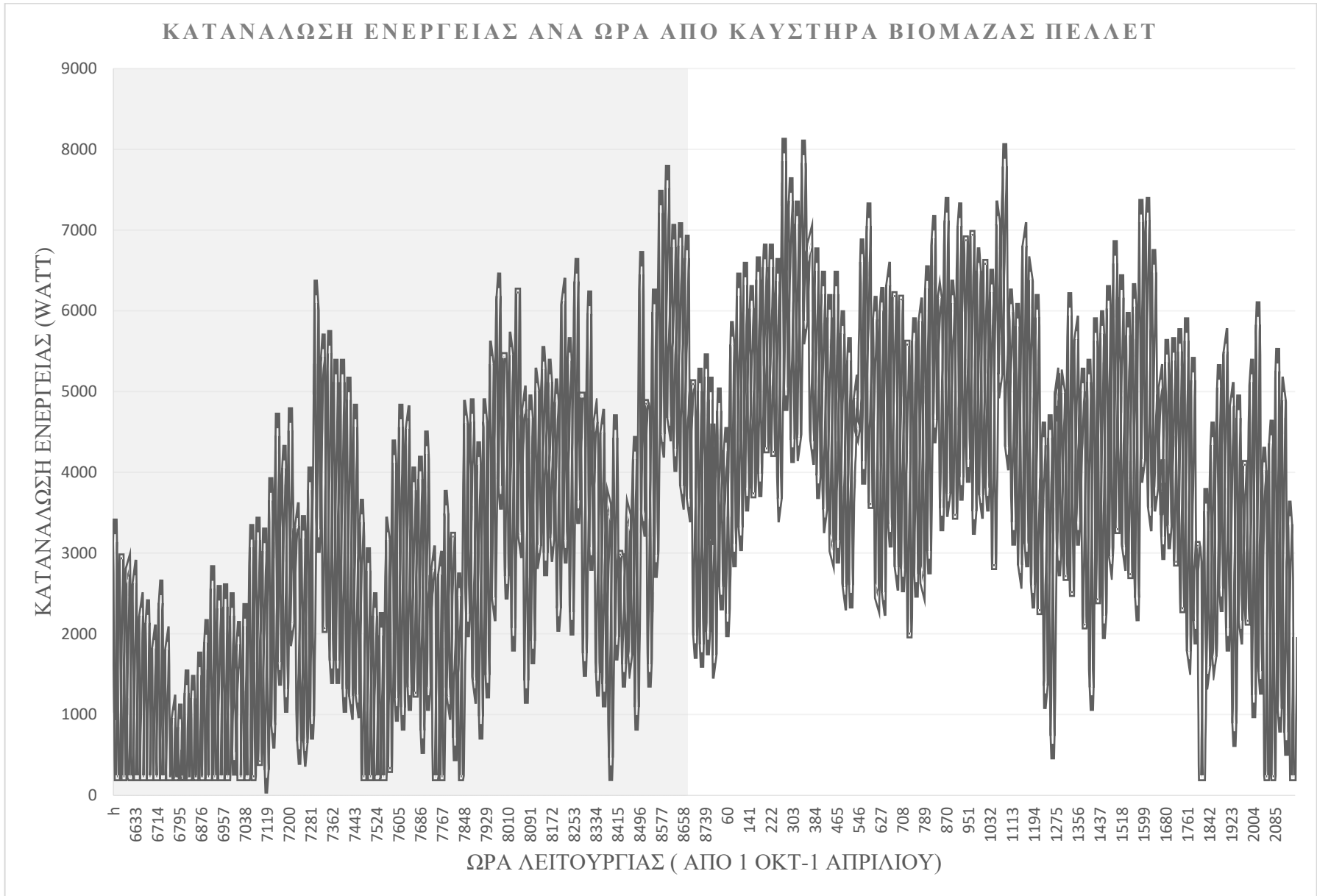
Από τον από πάνω πίνακα επιλέγουμε την βέλτιστη περίπτωση για την επένδυση μας.

Άρα καταλήγουμε σε διασύνδεση 3 σε σειρά με 2 παράλληλα.



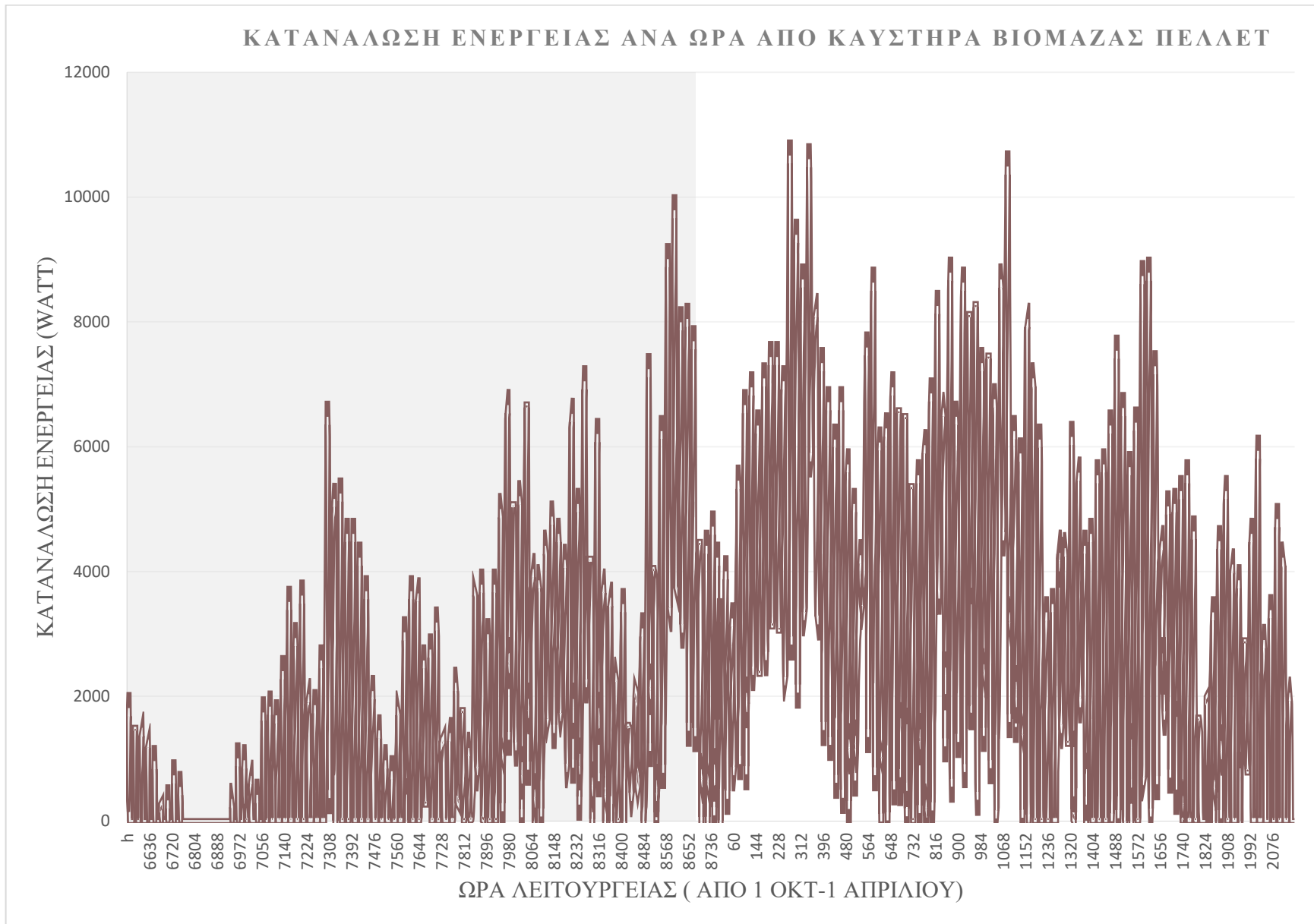
Εικόνα 3.2: Τελική διασύνδεση της συστοιχίας των ηλιακών συλλεκτών

Οπού έχουμε τις εξής γραφικές παραστάσεις για την χρήση του καυστηρά βιομάζας.



Γράφημα 3.2: Γραφική παράσταση της κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος χωρίς το combi system ανά ώρα 1Οκτωβριου -1Απριλιου έπειτα από των υπολογισμό τους.





Γράφημα 3.2: Γραφική παράσταση της κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος με το combi system ανά ώρα 1 Οκτωβριου -1 Απριλιου έπειτα από των υπολογισμό τους.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ**

### **4.1 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ**

Επιλέγουμε για την οικονομική μας αξιολόγηση της επένδυσης μόνο τα στοιχεία όπου είναι διαφορετικά για τις δυο εγκαταστάσεις ώστε να υπολογίσουμε την αρχική μας επένδυση για το combi system.

#### **Κοινά στοιχεία των δυο συστημάτων:**

- Καυστήρας/λέβητα βιομάζας Thermostahl Enersave EN-PEL-15(15 kW)
- Κυκλοφορητής λέβητα πέλλετ
- Βαλβίδα ανάμιξης για ενδοδαπέδιο σύστημα
- Ενδοδαπέδιο σύστημα για κάλυψη των φορτίων του χώρου
- Κυκλοφορητής Inverter ενδοδαπέδιου συστήματος

#### **Διαφορετικά στοιχεία των δυο συστημάτων:**

- Συστοιχία ηλιακών συλλεκτών
- Θερμοδοχείο 1000lt με εναλλάκτη θερμότητάς για ενεργειακή απολαβή από ηλιακούς συλλέκτες
- Solar kit (Ηλιακός σταθμός κυκλοφορίας ηλιακού ρευστού για τον αυτοματισμό και έλεγχο του ζεστού νερού μεταξύ ηλιακών συλλεκτών και boiler αποθήκευσης νερού χρήσης σε κεντρικά ηλιακά συστήματα. Αποτελείται από κυκλοφορητή, σφαιρικές βάνες προσαγωγής & επιστροφής με ενσωματωμένα θερμόμετρα max. 140°C, βαλβίδα ασφαλείας, **με απαιρωτή**, μανόμετρο, υποδοχή για το δοχείο διαστολής, παροχόμετρο με ρύθμιση ροής ρευστού 2-12 lit/min, μονωτικό κέλυφος.
- Δοχείο διαστολής ηλιακών
- Τρίοδη βαλβίδα εναλλάκτη θερμοδοχείου
- Σύστημα ελέγχου

<i>Πίνακας 4.1: Υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης πελλετ για τα δυο συστήματα</i>	
<b><u>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ PELLEΤ</u></b>	
<b>ΣΥΣΤΗΜΑ Α</b>	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ (Wh)	15.216.441,2
ΑΠΩΛΕΙΕΣ (Kwh)	15.216,4412
Βαθμός Απόδοσης $\eta$	0,85
Θερμογόνος Δύναμη $\Theta_k$ (Kwh/Kg)	5,2
Κατανάλωση καυσίμου πελλετ (Kg)	3.442,6
Τιμή καυσίμου πελλετ (euro/kg)	0,2976
Συνολικά ετήσια έξοδα (euro)	<b>1.024,53</b>
<b><u>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ PELLEΤ</u></b>	
<b>ΣΥΣΤΗΜΑ Β</b>	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ (Wh)	10.964.920,8
ΑΠΩΛΕΙΕΣ (Kwh)	10.964,9208
Βαθμός Απόδοσης $\eta$	0,85
Θερμογόνος Δύναμη $\Theta_k$ (Kwh/Kg)	5,2
Κατανάλωση καυσίμου πελλετ (Kg)	2.480,7
Τιμή καυσίμου πελλετ (euro/kg)	0,2976
Συνολικά ετήσια έξοδα (euro)	<b>738,28</b>

<i>Πίνακας 4.2: Συνολικό κόστος αρχικής επένδυσης</i>			
<b><u>Συνολικό κόστος αρχικής επένδυσης</u></b>			
<b>a/a</b>	<b>Ποσότητα</b>	<b>Τιμή Μονάδας</b>	<b>Σύνολο</b>
		€	€
Ηλιακός συλλέκτης	6	180,00	1.080,00
Θερμοδοχείο	1	920,00	920,00
Σωληνώσεις και εξαρτήματα Cu	16	14,00	224,00
Δοχείο διαστολής	1	130,00	130,00
Solar kit	1	300,00	380,00
Τρίοδη βάνα	1	150,00	150,00
Τιμή εγκατάστασης	1	750,00	750,00
Συνολικό κόστος αρχικής επένδυσης			<b>3.634,00</b>

<i>Πίνακας 4.3: Τελική Οικονομική Αξιολόγηση της Επένδυσης</i>		
<b>Τελική Οικονομική Αξιολόγηση της Επένδυσης</b>		
<b>Τρόπος διασύνδεσης</b>		<b>3X2</b>
<b>ΣΥΣΤΗΜΑ Α</b>	<b>kWh</b>	15.216,44
<b>ΣΥΣΤΗΜΑ Β</b>	<b>kWh</b>	10.964,92
<b>Κόστος αρχικής επένδυσης</b>	<b>€</b>	3.634,00
<b>Ετήσιο κόστος πέλλετ ΣΥΣΤΗΜΑ Α</b>	<b>€</b>	1.024,53
<b>Ετήσιο κόστος πέλλετ ΣΥΣΤΗΜΑ Β</b>	<b>€</b>	738,28
<b>Ετήσιο κόστος συντήρησης ΣΥΣΤΗΜΑ Β</b>	<b>€</b>	40,00
<b>Ετήσια κέρδος</b>	<b>€</b>	246,26
<b>Κέρδος για 15 χρόνια ζωής</b>	<b>€</b>	3693,80
<b>Καθαρό Κέρδος για 15 χρόνια ζωής</b>	<b>€</b>	<b>59,85</b>
<b>Περίοδος αποπληρωμής</b>	<b>Ετοι</b>	<b>15</b>

#### **4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Αρχικά , συμπεραίνουμε από την παραπάνω οικονομική αξιολόγηση ότι η επένδυση μας θα αποφέρει σε βάθος δεκαπενταετίας ένα καθαρό κέρδος της τάξεως των **59.85 €** . Όπου η απόσβεση επιτυγχάνεται σε 15 χρόνια που είναι και η ελάχιστη περίοδο ζωής των ηλιακών συλλεκτών βάση των κατασκευαστών. Έτσι τα επόμενα χρόνια θα είναι καθαρό κέρδος από πράσινη ενέργεια που είναι στόχος της Ευρωπαϊκής ένωσης για μελλοντικές κατοικίες.

Επίσης λόγο του ότι το συγκεκριμένο Solar Combi System είναι ένα αυτόνομο σύστημα με κατανάλωση πράσινης ενέργειας (ηλιακή και βιομάζας), όχι μόνο βοηθάει στην προστασία του περιβάλλοντος ,που είναι ένα μείζων θέμα για την παγκόσμια κοινότητα, αλλά και στην αύξηση της ενεργειακής κλάσης της κατοικίας με αποτέλεσμα την ακριβότερη κοστολόγηση της κατοικίας σε περίπτωση μεταπώλησης αλλά και την χορήγηση άδεια κτίσεως για καινούριες κατοικίες.

Έπειτα , τα παραπάνω μπορούν να δαλεάσουν ένα μεγάλο μέρος ιδιοκλήτων ισχυόντων κατοικιών που έχουν συμβατές με την επένδυση μας κεντρικές εγκαταστάσεις θέρμανσης αλλά και ιδιόκτητες νέων κατοικιών στην επένδυση του συγκεκριμένου Solar Combi System. Με τελικό σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και την μείωση των ετήσιων εξόδων που όπως είπαμε στην αρχή της εργασίας είναι ένα θέμα που προβληματίζει, εν ετοι 2017 τόσο κόσμο στην χώρα μας.

### **4.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- RECKANAGEL – SPRENGER , TASCHENBUCH FUER HEIZNUG UND KLIMATECHNIK ERLAETERUNGEN ZUR DIN 4701/83 , MITBEISPIELEN , WERMER – VERLAG
- T.O.TEE 20701-1/2010 ΚΑΙ T.O.TEE 20701-2/2010
- ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΕΙΣ , Β.ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΣ ( ΕΚΔΟΣΕΙΣ 1995)
- Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition, John A. Duffie, William A. Beckman  
<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470873663.html>
- Κατσαπρακάκης, Δ., 2015. Σύνθεση ενεργειακών συστημάτων. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/3553>
- Κατσαπρακάκης, Δ., Μονιάκης, Μ., 2015. Θέρμανση - ψύξη - κλιματισμός. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6167>
- ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Θέμα :ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΔΙΩΡΟΦΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ  
<http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/720/panou.pdf?sequence=1>
- <http://kitchenknack.gr/el/texnika-themata/texnika-themata-oikodomis/13-endodapedia-thermansita-sin-kai-ta-plin.html>