

759
NIX

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

Τεχνοοικονομική μελέτη συστήματος κεντρικής θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) με βιομάζα και υποβοήθηση ηλιακής ενέργειας σε κτίριο κατοικίας στην νήσο Κρήτη

ΣΤΑΜΑΤΑΚΗΣ ΖΑΧ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Νάζος Αντώνιος

Πειραιάς, Ιούλιος 2013



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζεται η κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας σε θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης από ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Στην εγκατάσταση χρησιμοποιούνται επίπεδοι συλλέκτες για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας. Η συλλεγόμενη ενέργεια χρησιμεύει στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και στην υποβοήθηση του συστήματος θέρμανσης προκειμένου να καλυφθεί ένα ποσοστό του συνολικού φορτίου της κατοικίας. Η μελέτη γίνεται για να ελεγχθεί η αποδοτικότητα της ηλιοθερμικής εγκατάστασης και το ποσοστό εξοικονόμησης που μπορεί να επιτευχθεί. Στη συνέχεια πραγματοποιείται σύγκριση και ανάλυση της αποδοτικότητας του έργου σε σύγκριση με συμβατικές μορφές ενέργειας. Προκειμένου να καταστεί ολοκληρωμένη η εικόνα της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και της θέρμανσης, παρουσιάζονται αναλυτικά:

- Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μία ανάλυση για την ηλιακή ενέργεια και υπολογίζονται οι διάφορες παράμετροι της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η δομή και ο τρόπος λειτουργίας των ηλιοθερμικών συστημάτων.
- Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στους ηλιακούς συλλέκτες και τα είδη τους.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στη θέρμανση και τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στις υφιστάμενες ή στις νέες κατοικίες.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιομάζα και συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στα συσσωματώματα ξύλου.
- Στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται υπολογισμός και προσομοίωση ενός ηλιοθερμικού συστήματος για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και υποβοήθηση της θέρμανσης (Συστήματα Combi) σε κατοικία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοθερμικά συστήματα, ηλιακοί συλλέκτες, θέρμανση, βιομάζα

ABSTRACT

In this paper meeting the needs in heating and domestic hot water of a residence using renewable energy sources is being examined. Solar panels are being used in order to collect solar radiation. Harvested energy is used to produce hot water, as well as to assist residence's heating system by covering a percentage of the total energy needed. Through the study, efficiency of solar equipment is being analyzed, along with the financial and energy savings that can be achieved. Finally, is being given a detailed comparison of profitability and efficiency between the renewable energy sources project and the use of conventional forms of energy.

Structure of the present paper consists of the following chapters:

- First chapter presents an analysis on solar energy and estimates various parameters of solar radiation.
- Second chapter describes in detail the structure and operation of solar – thermal systems.
- Third chapter deals with solar panels and their types.
- Fourth chapter gives a description of heating systems commonly used in existing or newly built residences.
- Fifth chapter presents biomass in general, with a specific reference to wood pellets.
- Sixth chapter gives a detailed calculation and simulation of solar – thermal system for domestic hot water and heating assist system (Combi) for a typical residence.

KEYWORDS: Solar radiation, solar systems, solar panels, heating, biomass

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Α. Νάζο για την συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη και τη βοήθεια που μου παρείχε.

Περιεχόμενα	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	12
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.2 ΑΜΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	13
1.3 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	15
1.4 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	18
1.5 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	21
1.6 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	22
1.7 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	23
1.8 ΤΙΜΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	26
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	26
2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	27
2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	28
2.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	28
2.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΒΙΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	30
2.4 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	32
2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ COMBI.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	37
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	37
3.2 ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	38
3.3 ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΚΕΝΟΥ.....	40
3.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	42
3.5 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	43
3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	47
4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	47
4.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	47
4.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	48
4.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	49
4.4.1 ΛΕΒΗΤΑΣ	50
4.4.2 ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ	52
4.4.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ	56
4.4.4 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ.....	58

4.4.5 ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ	63
4.4.6 ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	64
4.4.7 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΟΜΑΖΑ	75
5.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑ	75
5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	77
5.3 ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ (PELLET)	78
5.4 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ PELLET	79
5.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	84
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	84
6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	85
6.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	85
6.2.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	85
6.2.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	87
6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	101
6.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	101
6.3.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	101
6.3.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	103
6.3.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	109
6.3.5 ΑΝΑΓΚΑΙΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	109
6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	110
6.3.1 ΜΗΝΙΑΙΟ ΦΟΡΤΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ	110
6.3.2 ΜΗΝΙΑΙΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ	111
6.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	112
6.4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	113
6.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	116
6.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ	116
6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ	117
6.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΤΗ	118
6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	119
6.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	120
6.5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ	120
6.5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ NPV (ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ)	123

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ127
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....132

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθώς οι προβληματισμοί για τις επιπτώσεις της επίτασης του φαινομένου του θερμοκηπίου και τις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές εντείνονται, αυξάνονται και οι προσπάθειες για το περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προέρχεται από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων δηλαδή άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ανεξαρτήτως των προσπαθειών της πολιτείας και των επιχειρήσεων, υπάρχει η δυνατότητα κάθε πολίτη να ελαχιστοποιήσει η να μηδενίσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στο σπίτι του. Η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από μια κατοικία μπορεί να προέλθει καταρχάς με τη σωστή θερμική μόνωση του και με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, και κατά δεύτερο λόγο με την υποκατάσταση του πετρελαίου που χρησιμοποιείται για θέρμανση αλλά και της ηλεκτρικής ενέργειας που ως επί το πλείστον παράγεται στη χώρα μας από λιγνίτη και πετρέλαιο, με ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους και συγκεκριμένα με ηλιακή ενέργεια και βιομάζα. Πρακτικά για να συμβεί αυτό θα πρέπει:

- 1) Τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν να είναι αξιόπιστα και λειτουργικά.
- 2) Να είναι οικονομικά έτσι που ο χρήστης τους να μην υφίσταται υπερβολική επιβάρυνση.
- 3) Το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο να επιτρέπει τη χρήση τους.

Έτσι σε μια κατοικία η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμού νερού χρήσης και η βιομάζα για θέρμανση χώρου.

Με τη χρήση λοιπόν ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων που αφθονούν στην χώρα μας μπορούν να καλυφθούν όλες οι ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας δηλαδή οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό, σε ζεστό νερό χρήσης και για θέρμανση χώρου, χωρίς να χρησιμοποιηθούν τα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα ασχοληθούμε με την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης σε κατοικία.

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (μπάνιο, πλύσιμο, κλπ) σε ένα κτίριο εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου (κατοικίες, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, αθλητικά κέντρα, κλπ) αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι, κάθε κτίριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνήθειες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση ζεστού νερού. Η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αντιπροσωπεύει ένα σοβαρό ποσοστό

(περίπου 10-15%) επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται κυρίως:

- Ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο)
- Ηλεκτρισμός (ηλεκτρικός θερμοσίφωνας)
- Ηλιακή ενέργεια (ηλιακοί θερμοσίφωνες ή κεντρικά ηλιακά συστήματα).

Η παραγωγή θερμού νερού χρήσης με ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια αξιόπιστη τεχνολογία, και μπορεί να παράγει ζεστό νερό χρήσης, τις περισσότερες ημέρες του έτους. Για τις υπόλοιπες ημέρες το ζεστό νερό μπορεί να παραχθεί με τη χρήση βιομάζας.

Σαν προορισμός της θέρμανσης χαρακτηρίζεται η θέρμανση των χώρων παραμονής του ανθρώπου τον χειμώνα. Ακριβέστερα όμως, ο προορισμός της θέρμανσης είναι να ρυθμίζει έτσι την απαγωγή της θερμότητας από τον άνθρωπο τις ψυχρές εποχές, θερμαίνοντας το περιβάλλον του, ώστε να δημιουργείται ισορροπία μεταξύ παραγωγής και απαγωγής θερμότητας και να αισθάνεται ο άνθρωπος θερμοφυσιολογικά ευχάριστα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ευεξία είναι εκτός από την ενδυμασία, κυρίως η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία των τοίχων, η υγρασία του αέρα, η ταχύτητά του και η καθαρότητα του. Η θέρμανση επηρεάζει δυο μόνο από τους πέντε αυτούς παράγοντες, τη θερμοκρασία δηλαδή του αέρα και τη μέση θερμοκρασία των τοιχωμάτων που περιβάλλουν τον χώρο. Οι δύο αυτές θερμοκρασίες μαζί, χαρακτηρίζονται με τον όρο αισθητή θερμοκρασία. Οι άλλοι παράγοντες επηρεάζονται μόνο από τις κλιματιστικές εγκαταστάσεις.

Από τα πρώτα χρόνια ύπαρξης του ανθρώπου, γινόταν προσπάθεια να προστατευθεί από ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές, που ήταν αναπόσπαστα συνδεδεμένες με την προσπάθειά του για επιβίωση. Γι' αυτό ο άνθρωπος, από τα πανάρχαια χρόνια προσπαθούσε να εξασφαλίσει μία ευχάριστη ή έστω ανεκτή κατάσταση περιβάλλοντος, στους χώρους παραμονής, διαμονής και απασχολήσεως του. Η πιο παλιά μορφή της τοπικής θέρμανσης όλων των λαών ήταν η ανοικτή εστία με ξύλα που χρησίμευε ταυτόχρονα και για την παρασκευή φαγητού. Το κύριο μειονέκτημά της ήταν η παραγωγή μεγάλης ποσότητας καπνού. Για την καταπολέμησή του, επινόησαν οι Ρωμαίοι τον ξυλάνθρακα, ο οποίος καίγεται σε επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες και δεν παράγει καπνό. Η μορφή αυτή της θέρμανσης είναι και η πιο διαδεδομένη κατά την αρχαιότητα.

Στην Γερμανία, από τον δέκατο αιώνα εμφανίζεται το ανοικτό τζάκι, σαν εξέλιξη της ανοικτής εστίας. Η θερμάστρα, κλειστή εστία φωτιάς, με απαγωγή των καυσαερίων από την καπνοδόχο, δημιουργείται και αυτή με βάση παλιά πρότυπα και βρίσκεται από τον 14^ο αιώνα, σαν πήλινη θερμάστρα, μεγάλη εφαρμογή. Με τον καιρό δεν έχει βελτιωθεί πολύ.

Η καταγωγή της σιδερένιας θερμάστρας (15^{ος} αιώνας) ανάγεται στη θερμάστρα με χυτές πλάκες και εξελίσσεται μέχρι τη στρογγυλή θερμάστρα (17^{ος} αιώνας) και τις σημερινές μορφές της.

Νέα πεδία εφαρμογής ανοίγονται με τις θερμάστρες πετρελαίου και αερίου. Κυρίως οι θερμάστρες πετρελαίου έχουν βρει τα τελευταία χρόνια διάδοση. Οι θερμάστρες αποταμίευσης νυκτερινού ρεύματος είναι δημιουργία των τελευταίων χρόνων, εξαιρετικά κατάλληλες για παλιές κατοικίες.

Η πρώτη κεντρική θέρμανση είναι η λεγόμενη υποκαυστική θέρμανση των Ρωμαίων. Η εστία είναι κάτω από το κτίριο, σαν καύσιμο χρησιμοποιείται ξύλο ή ξυλάνθρακας και τα καυσαέρια διοχετεύονται στον κενό χώρο κάτω από το σπίτι και ζεσταίνουν το πάτωμα. Τα καυσαέρια απάγονται από σωλήνες ή κανάλια στους τοίχους. Τα ανοίγματα εξόδου είναι πλευρικά και δεν υπάρχουν καμινάδες.

Στη Γερμανία υπάρχει ένας παρόμοιος τύπος από τον 12^ο αιώνα. Η θέρμανση με θερμάστρες, στις οποίες τα ξύλα ζέσταιναν στρώματα από πέτρες που μετά το σβήσιμο της φωτιάς αποδίδανε την αποθηκευμένη θερμότητα με τη μορφή θέρμανσης ανοδικού ρεύματος αέρα. Κατά τον 18^ο αιώνα εμφανίζονται οι θερμάνσεις με θερμάστρες αέρα στο υπόγειο και κτισμένα τοιχώματα, όπου και για πρώτη φορά υπάρχουν ξεχωριστές διαδρομές του αέρα και των καυσαερίων.

Η θέρμανση με ατμό εμφανίζεται στην Αγγλία γύρω στο 1750. Η υπερπίεση του ατμού είναι 1 ως 2 bar. Τα θερμαντικά σώματα είναι απλοί σωλήνες, περυγιοφόροι σωλήνες ή «σερπαντίνες». Κατά το 1870 κατασκευάζονται χυτοσιδερένιοι λέβητες, στην αρχή στις ΗΠΑ, όπου και πρωτοεμφανίζονται το 1880 και τα σπονδυλωτά θερμαντικά σώματα από χυτοσίδηρο. Ο μηχανικός Strebel παρουσιάζει το 1895 τον πρώτο λυόμενο λέβητα. Στη συνέχεια η θέρμανση βελτιώνεται με τη ρύθμιση της εστίας, με ρυθμιστικές βαλβίδες. Το 1900 κατασκευάζεται η πρώτη κεντρική θέρμανση πόλης στη Δρέσδη (μέγιστη απόσταση 1040 m, 11 κτίρια).

Κατά τις αρχές και μέχρι τα μέσα του 18^{ου} αιώνα κατασκευάζονται οι πρώτες θερμάνσεις με θερμό νερό στην Αγγλία και στη Γαλλία, και βρίσκουν τη μεγαλύτερη

διάδοσή τους από το 1850 στη Γερμανία οπότε ιδρύονται και οι πρώτες βιομηχανίες κεντρικής θέρμανσης. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται με τη βαρύτητα. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα αρχίζει η χρήση των κυκλοφορητών (αντλίες) και εκτοπίζεται σιγά σιγά η θέρμανση με ατμό. Η θέρμανση με θερμό νερό και κυκλοφορητή είναι πια ο συνηθισμένος τρόπος θέρμανσης των κατοικιών και των γραφείων, ενώ η θέρμανση με ατμό χρησιμοποιείται σε εργοστάσια.

Οι νεώτερες εξελίξεις χαρακτηρίζονται από την προσπάθεια να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της θέρμανσης. Χαρακτηριστικά δείγματα αυτής της εξέλιξης είναι:

- νέα θερμαντικά σώματα (κονβεκτέρ, άβακες, θερμαντικά σώματα περιμετρικά, πλάκες ακτινοβολίας),
- βελτιώνονται οι λέβητες και κυρίως οι χαλύβδινοι (γρήγορη θέρμανση, μεγάλος βαθμός απόδοσης, πιο εύκολος χειρισμός, λέβητες υπερπίεσης) και συνδυάζονται με τη θέρμανση νερού για κατανάλωση,
- γενικεύεται η χρήση οργάνων ρύθμισης και μέτρησης,
- όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται υπεραυτόματοι καυστήρες πετρελαίου, αερίων και στερεών καυσίμων,
- διαδίδεται συνέχεια και πιο πολύ η ηλεκτρική θέρμανση με φτηνό νυκτερινό ρεύμα.

Οι νεώτερες εξελίξεις επηρεάζονται κυρίως από την αύξηση του κόστους των καυσίμων και συνεπάγονται:

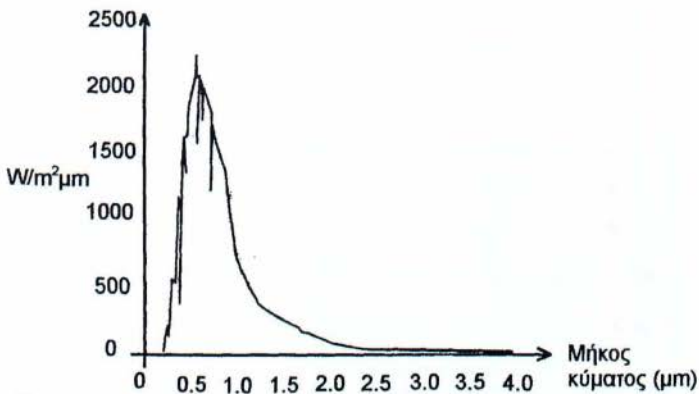
- την πιο καλή θερμομόνωση των κτιρίων
- τη μεγαλύτερη χρήση της αυτόματης ρύθμισης
- την κατασκευή δημοτικών κεντρικών θερμάνσεων
- την πειραματική ακόμη εφαρμογή της θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια και βιομάζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ήλιος είναι ένα τυπικό αστέρι, με μάζα 2×10^{30} kg, ακτίνα 700.000 km, ηλικία 5×10^9 χρόνια και υπολογίζεται ότι έχει μπροστά του άλλα 5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια ζωής. Η επιφανειακή θερμοκρασία του είναι ~ 5800 K, ενώ η εσωτερική, περίπου 15000000 K. Σ' αυτές τις θερμοκρασίες, οι ταχύτατα κινούμενοι πυρήνες υδρογόνου (H) συσσωματώνονται, υπερνικώντας τις μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και δημιουργούν πυρήνες του στοιχείου ηλίου (He). Η πυρηνική αυτή αντίδραση (σύντηξη πυρήνων) είναι εξώθερμη και χαρακτηρίζεται από τη γνωστή μας έκλυση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας ή θερμότητας ή όπως συνηθίζεται να λέγεται, ηλιακής ενέργειας, που ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Η ηλιακή ενέργεια διαδίδεται στο διάστημα, κυρίως με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά και με σωματιδιακή μορφή.

Υπολογίζεται ότι εκλύεται ενέργεια (ανά μονάδα χρόνου) υπό μορφή ακτινοβολίας ισχύος 3.72×10^{23} kW. Η ποσότητα εκπεμπόμενης ενέργειας, ανά μονάδα χρόνου, που φτάνει σε μια μοναδιαία επιφάνεια κάθετη στη διεύθυνση της ακτινοβολίας, στη μέση ετήσια απόσταση γης-ήλιου, ονομάζεται ηλιακή σταθερά "G_{sc}". Στην περίπτωση του ηλιακού μας συστήματος, ηλιακή σταθερά για τη γη, ορίζεται σε απόσταση μίας αστρονομικής μονάδας 1 AU (149.6×10^6 Km) από τον ήλιο. Η ετήσια μεταβολή της απόστασης ήλιου-γης, λόγω της ελλειπτικής μορφής της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο είναι $\pm 1.7\%$ και επαναλαμβάνεται με μικρές μεταβολές από χρόνο σε χρόνο. Η αντίστοιχη διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη μας εκτιμάται στα επίπεδα του $\pm 3.4\%$. Το 1970 προτάθηκε ως πρότυπη τιμή της ηλιακής σταθεράς, η 1353 ± 21 W/m². Μεταγενέστερες, περισσότερο ακριβείς, μετρήσεις από δορυφόρους έδωσαν, τιμές για την ηλιακή σταθερά, στην περιοχή 1363-1375 W/m². Η μέση τιμή τους που χρησιμοποιείται πλέον διεθνώς, ως πρότυπη τιμή της ηλιακής σταθεράς για τη γη είναι, G_{sc}=1367 W/m².



Σχήμα 1.1: Φασματική κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας [3]

Η ηλιακή ακτινοβολία κατανέμεται σε ένα ευρύ φάσμα μήκους κύματος, δηλαδή από 2500 έως 40000 Angstrom (ενώ ισχύει $1 \text{ Angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$). Η φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.1.

Σύμφωνα με τις πλέον σύγχρονες αναλύσεις, το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται στα μικρά μήκη κύματος, δηλαδή έως τα 3 με 4 μm . Συνεπώς, ακτινοβολία μεγαλύτερη των 4 μm ονομάζεται ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Από τα διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει ότι το 99% της ηλιακής ενέργειας περιλαμβάνεται σε μήκη κύματος από 0.25 έως 4 μm . Στο ορατό τμήμα της ακτινοβολίας (0.39x0.77 μm) περιέχεται το 46.41% της ενέργειας, ενώ στο υπεριώδες (μήκος κύματος <0.4 μm) περιέχεται το 8.03%. Τέλος η φασματική περιοχή του ηλιακού φωτός με μήκος κύματος >0.77 μm περιέχει το υπόλοιπο 45.56% της ενέργειας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

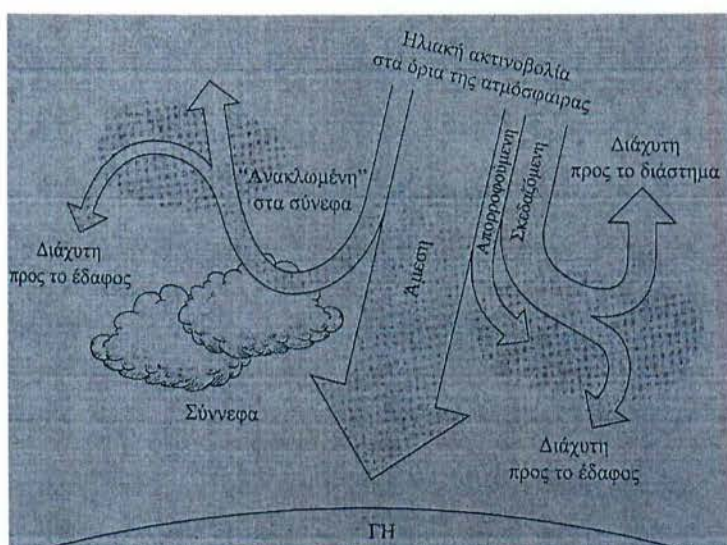
1.2 ΑΜΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Κατά τη διέλευση των ηλιακών ακτινών, από τη γήινη ατμόσφαιρα, η ένταση τους ελαττώνεται, καθώς τα φωτόνια σκεδάζονται αφενός στα μόρια της ατμόσφαιρα και στα πολύ μικρής διαμέτρου d , σωματίδια. Αφετέρου, στα μεγαλύτερης διαμέτρου αιωρήματα της, δηλαδή, τους υδρατμούς, τη σκόνη και τον καπνό. Ένα άλλο μέρος της ακτινοβολίας, απορροφάται από ορισμένα συστατικά της ατμόσφαιρας.

Παραδείγματος χάριν, η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από τα μόρια του οξυγόνου, στα ανώτερα στρώματα της κύριας μάζας της ατμόσφαιρας, έτσι ώστε η

ένταση των ακτινών αυτών, στην επιφάνεια της γης, να είναι εξαιρετικά μειωμένη και η καρκινογόνος δράση της αρκετά περιορισμένη. Τέλος, μέρος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Συνεπώς, σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης, φτάνουν δύο συνιστώσες του ηλιακού φωτός, η απευθείας ή άμεση και η σκεδαζόμενη στα μόρια του αέρα, η οποία ονομάζεται διάχυτη, ενώ το άθροισμα αυτών είναι η ολική ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία συμβολίζεται με "G" σε W/m^2 όταν έχουμε στιγμιαία ένταση. Αντίστοιχα με "I" σε J/m^2 περιγράφεται η ωριαία ποσότητα ηλιακής ενέργειας, ενώ με "H" σε J/m^2 συμβολίζεται η ημερήσια ή μηνιαία ηλιακή ενέργεια.



Σχήμα 1.2: Η ηλιακή ακτινοβολία [3]

Άμεση ακτινοβολία καλείται η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει κατ' ευθείαν στην επιφάνεια της γης χωρίς σκέδαση κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα και συμβολίζεται με το δείκτη "b", (π.χ. "Gb" ή "Ib," κ.λπ.). Από τις υφιστάμενες αναλύσεις η αριθμητική τιμή της άμεσης ακτινοβολίας εξαρτάται από την απόσταση ήλιου-γης, την ηλιακή απόκλιση "δ", το ηλιακό ύψος "α", το γεωγραφικό πλάτος του τόπου "φ", το υψόμετρο του τόπου "Z", την κλίση του εδάφους καθώς και την απορρόφηση και διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα.

Διάχυτη ακτινοβολία καλείται η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης αφού έχει αλλάξει τη διεύθυνση της λόγω ανάκλασης ή σκέδασης

μέσα στην ατμόσφαιρα. Το τμήμα αυτό της διάχυτης ακτινοβολίας συμβολίζεται με δείκτη "s", π.χ. "I_s" σε (J/m²). Το υπόλοιπο της διάχυτης ακτινοβολίας προέρχεται από ανάκλαση στην επιφάνεια της γης και συμβολίζεται με δείκτη "r", π.χ. "I_r" σε (J/m²) κ.λπ. Η συνολική διάχυτη ακτινοβολία, είναι το άθροισμα των επιμέρους "I_s" και "I_r" και περιγράφεται με το δείκτη "d" (π.χ. "(G_d ή "I_d" κ.λπ.). Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος, το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους, το ποσό και το είδος των νεφών, καθώς και από την παρουσία των σωματιδίων και αερίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

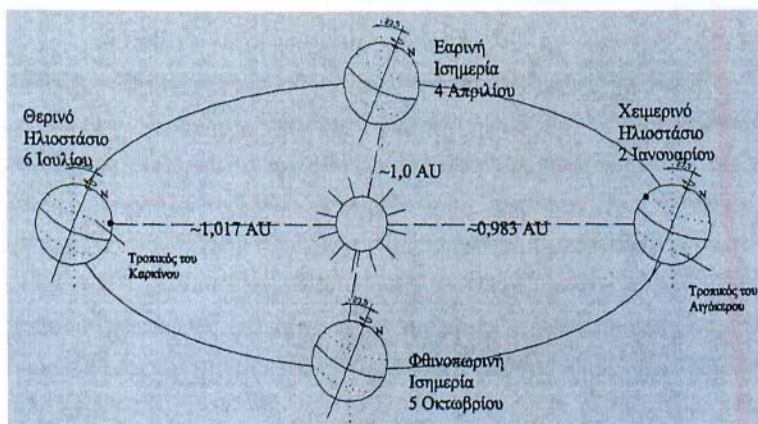
Τέλος, η ολική ακτινοβολία είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας και συμβολίζεται με "G" ή "I" ή "H". Για παράδειγμα σε μια οριζόντια επιφάνεια η ωριαία ηλιακή ακτινοβολία θα δίνεται από τη σχέση:

$$I = I_b + I_d \tag{1.1}$$

Αντίστοιχες εξισώσεις ισχύουν για στιγμιαίες ή ημερήσιες τιμές.

1.3 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η τροχιά περιστροφής της γης γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική με μικρή εκκεντρότητα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3. Το αποτέλεσμα της μεταβολής της απόστασης ήλιου-γης είναι όπως προαναφέρθηκε η διακύμανση της ποσότητας της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει ετησίως στην επιφάνεια της γης κατά ±3.4%.



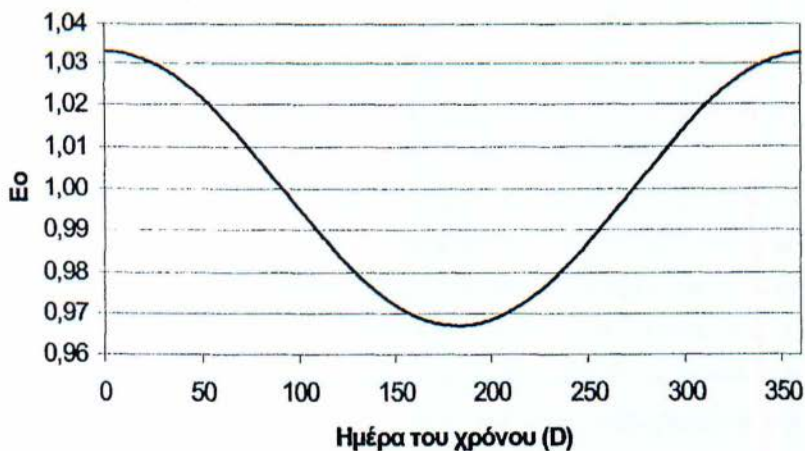
Σχήμα 1.3: Ελλειπτική τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο. (Οι ημερομηνίες αλλάζουν από χρονιά σε χρονιά) [3]

Λόγω εκκεντρότητας της γης ορίζεται ο διορθωτικός συντελεστής " E_0 " ο οποίος υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_0 = 1 + 0.033 \cdot \sin(360 \cdot D / 365) \quad (1.2)$$

όπου " D " είναι η Ιουλιανή μέρα του χρόνου.

Στο σχήμα 1.4 παρουσιάζεται η μεταβολή του διορθωτικού συντελεστή " E_0 " λόγω της εκκεντρότητας της γης σε συνάρτηση με την ημέρα του χρόνου D , μετά από την εφαρμογή της εξίσωσης (1.2).

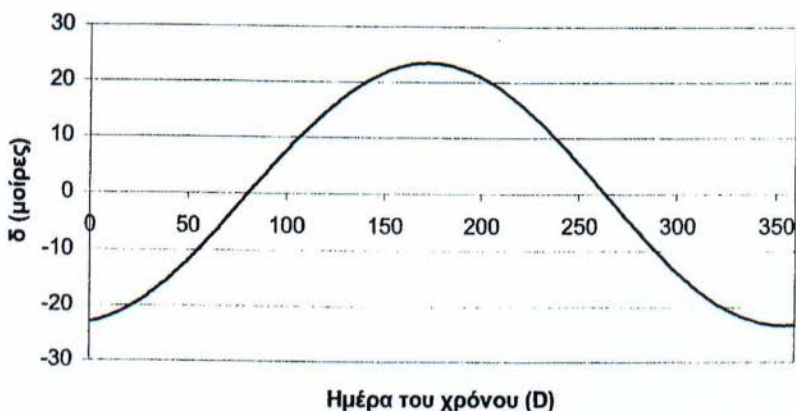


Σχήμα 1.4: Διορθωτικός συντελεστής λόγω εκκεντρότητας της γης [3]

Οι εποχιακές αλλαγές της ηλιακής ακτινοβολίας οφείλονται στη γωνία που σχηματίζει ο άξονας της γης με τον κάθετο στην ελλειπτική τροχιά της άξονα. Αν και η γωνία είναι σταθερή, η περιστροφή της γης γύρω από τον ήλιο δημιουργεί μεταβολή στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που ενώνει τα κέντρα της γης-ήλιου με το ελλειπτικό επίπεδο, μεταβάλλοντας τη γωνιακή θέση του ήλιου σε σχέση με το επίπεδο του ισημερινού κατά το ηλιακό μεσημέρι. Η γωνία αυτή καλείται ηλιακή απόκλιση, συμβολίζεται με " δ " και μεταβάλλεται από 23.5° (θερινό ηλιοστάσιο) μέχρι -23.5° (χειμερινό ηλιοστάσιο). Στην παρούσα πτυχιακή εργασία ο υπολογισμός της ηλιακής απόκλισης βασίζεται στην ανάλυση του "Cooper", δηλαδή:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin[360 \cdot (D + 284) / 365] \quad (1.3)$$

Στο σχήμα 1.5 παρουσιάζεται η μεταβολή της ηλιακής απόκλισης σε συνάρτηση με την ημέρα του χρόνου " D ", όπως προκύπτει από την εξίσωση (1.3).



Σχήμα 1.5 Μεταβολή ηλιακής απόκλισης συναρτήσει ημέρας χρόνου [3]

Λόγω της περιστροφής της γης κατά 15° την ώρα γύρω από τον άξονα της, προκαλούνται ημερήσιες μεταβολές στα επίπεδα τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας. Για τους απαραίτητους υπολογισμούς των γεωμετρικών παραμέτρων που σχετίζονται με την ηλιακή ακτινοβολία, χρησιμοποιείται ο πραγματικός ηλιακός χρόνος. Ο τοπικός χρόνος κάθε περιοχής βασίζεται σε σταθερό μεσημβρινό. Για το λόγο αυτό, ο ηλιακός χρόνος δε συμπίπτει πάντοτε με τον τοπικό χρόνο, υπολογίζεται δε από τη σχέση:

$$HX = TX \pm 4 \cdot (L_{\sigma\tau} - L_{\tau}) + E_t \quad (1.4\alpha)$$

όπου το (+) αναφέρεται στο δυτικό ημισφαίριο και (-) στο ανατολικό ημισφαίριο, " $L_{\sigma\tau}$ " είναι ο μεσημβρινός στον οποίο αναφέρεται η τοπική ώρα και " L_{τ} " είναι ο τοπικός μεσημβρινός.

Αν έχουμε θερινή ώρα η σχέση (1.4α) γίνεται:

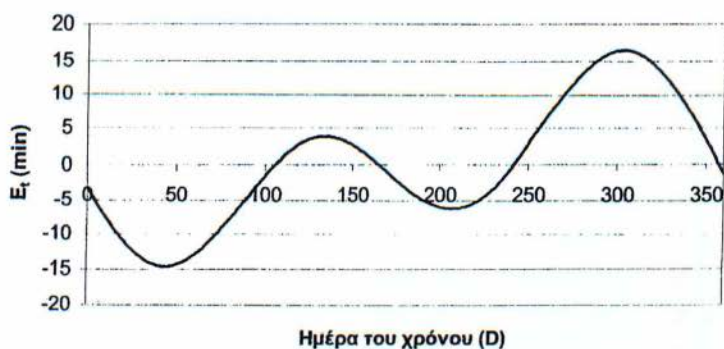
$$HX = TX \pm 4 \cdot (L_{\sigma\tau} - L_{\tau}) + E_t - 60 \quad (1.4\beta)$$

Επειδή η πλήρης περιστροφή της γης δεν πραγματοποιείται ακριβώς σε 24 ώρες εξαρτώμενη από την εποχή του έτους, η απαραίτητη διορθωτική εξίσωση του χρόνου E_t υπολογίζεται (σε min) από τη σχέση του "Watt":

$$E_t = 9.87 \cdot \eta\mu(2B) - 7.53 \cdot \sigma\upsilon\nu(B) - 1.5 \cdot \eta\mu(B) \quad (1.5)$$

όπου:

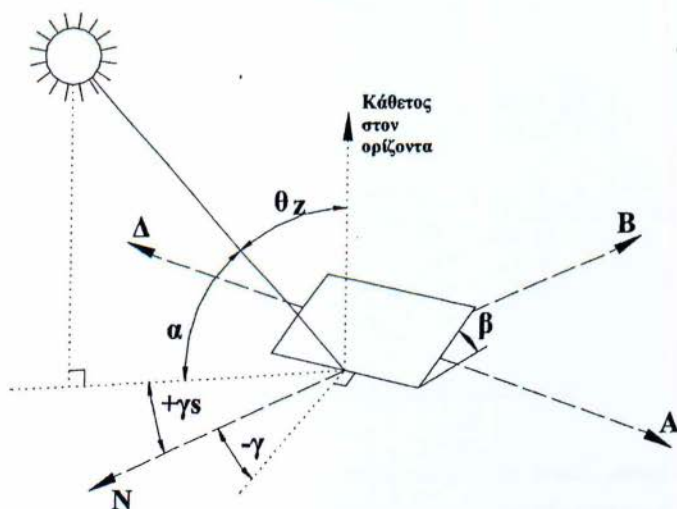
$$B = [360 \cdot (D - 81) / 364] \quad (1.6)$$



Σχήμα 1.6 Εξίσωση χρόνου συναρτήσει της ημέρας του έτους [3]

1.4 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Οι γεωμετρικές σχέσεις μεταξύ μιας επιφάνειας με τυχαίο προσανατολισμό και κλίση σε σχέση με τη γη σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, και της θέσης του ήλιου σε σχέση με αυτήν την επιφάνεια, μπορούν να περιγραφούν σε συνάρτηση με τις εξής γωνίες:



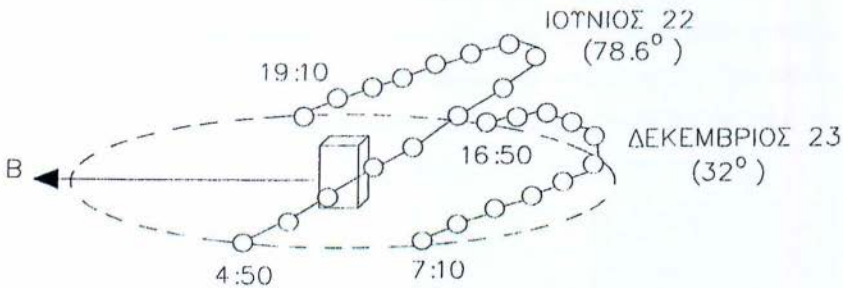
Σχήμα 1.7 Γεωμετρικές παράμετροι θέσης ήλιου και κεκλιμένης επιφάνειας [3]

Ο νοητός άξονας που τέμνει κάθετα τον ορίζοντα μιας περιοχής και που εκτείνεται μέχρι τον ουράνιο θόλο, ονομάζεται τοπικό ζενίθ. Η γωνία μεταξύ του

τοπικού ζενίθ και της ευθείας που ενώνει τη θέση του παρατηρητή ή μιας επιφάνειας με τον ήλιο καλείται ζενιθιακή γωνία " θ_z ", σχήμα 1.7. Η γωνία αυτή παίρνει τιμές μεταξύ 0° και 90° .

Το ηλιακό ύψος " α ", είναι η γωνία που σχηματίζει ο ορίζοντας με την ευθεία που ενώνει τον ήλιο με τον παρατηρητή ή μια επιφάνεια. Η γωνία " α " είναι συμπληρωματική της ζενιθιακής γωνίας και ως εκ τούτου παίρνει τιμές μεταξύ 0° και 90° . Όπως είναι φυσικό οι τιμές του ηλιακού ύψους μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του έτους. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος εμφανίζεται να έχει μεγαλύτερο ύψος σε σχέση με τον ορίζοντα, οπότε και η τιμή της παραμέτρου " α " είναι σχετικά υψηλή ($\approx 70^\circ$), σχήμα 1.8. Αντίστοιχα, κατά το χειμώνα η ημερήσια πορεία του ήλιου σε σχέση με τον ορίζοντα είναι χαμηλή, οπότε και οι τιμές του ηλιακού ύψους είναι σχετικά μικρές ($\approx 35^\circ$). Η εξήγηση των διαφορετικών αυτών τιμών αποδίδεται στη μετατόπιση του άξονα περιστροφής της γης σε σχέση με το επίπεδο πάνω στο οποίο αυτή περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο, δηλαδή την ηλιακή απόκλιση (βλέπε και σχήμα 1.3).

Στο σχήμα 1.8 παρουσιάζεται η "ημερήσια πορεία" του ήλιου σε σχέση με τη γη για δύο τυπικές ημέρες του χειμώνα και του καλοκαιριού στο βόρειο ημισφαίριο και σε γεωγραφικό πλάτος ανάλογο αυτού της χώρας μας ($\approx 37^\circ$).



Σχήμα 1.8 Τυπική ημερήσια πορεία του ήλιου [3]

Η αζιμούθια γωνία " γ ", είναι η γωνία μεταξύ του τοπικού μεσημβρινού (νότος) και της προβολής της καθέτου ευθείας μιας επιφάνειας πάνω στον ορίζοντα. Η αζιμούθια γωνία μιας επιφάνειας καθορίζει τον προσανατολισμό της.

Αντίστοιχα η ηλιακή αζιμούθια γωνία " γ_s ", είναι η γωνία μεταξύ του επιπέδου του μεσημβρινού (νότος) του παρατηρητή και του επιπέδου, που ορίζεται από τον

κύκλο που περνάει από το τοπικό ζενίθ και τον ήλιο. Οι τιμές των αζιμούθιων γωνιών είναι από 0° έως 180° , με αρνητικές τιμές στα ανατολικά, θετικές τιμές στα δυτικά και σημείο αναφοράς των μετρήσεων το νότο.

Η ωριαία γωνία απόκλισης του ήλιου " ω ", μετριέται στους πόλους του θόλου μεταξύ του τοπικού μεσημβρινού (νότος) του παρατηρητή και του ηλιακού μεσημβρινού. Η γωνιαία απόκλιση του ήλιου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού, εξ' αιτίας της περιστροφής της γης εκφράζεται με την ωριαία γωνία " ω ". Η γωνία αυτή μεταβάλλεται κατά 15° ανά ώρα, με αρνητικές τιμές το πρωί, θετικές το απόγευμα και μηδέν κατά τη μεσημβρία.

Στη συνέχεια συγκεντρώνονται οι μαθηματικές σχέσεις που συνδέουν όλες τις γεωμετρικές παραμέτρους για μια δοσμένη οριζόντια επιφάνεια. Αξίζει να διευκρινισθεί ότι " ϕ " είναι το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε περιοχής, με θετικές τιμές για τις περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου.

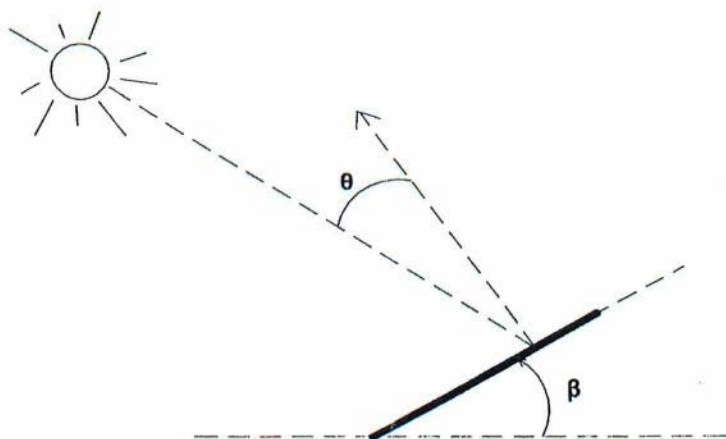
$$\omega = 15^\circ \cdot (\text{HX} - 12:00) \quad (1.7)$$

$$\text{συν}\theta_z = (\eta\mu\delta \cdot \eta\mu\phi) + (\text{συν}\delta \cdot \text{συν}\phi \cdot \text{συν}\omega) = \eta\mu\alpha \quad (1.8)$$

$$\text{συν}\gamma = (\eta\mu\alpha \cdot \eta\mu\phi - \eta\mu\delta) / (\text{συν}\alpha \cdot \text{συν}\phi) \quad (1.9)$$

$$\eta\mu\gamma = (\text{συν}\delta \cdot \eta\mu\omega) / \text{συν}\alpha \quad (1.10)$$

Η γωνία κλίσης " β " μιας επιφάνειας σε σχέση με τον ορίζοντα, είναι μια ακόμα σημαντική παράμετρος για τους υπολογισμούς της ηλιακής ακτινοβολίας, σχήμα 1.7. Η γωνία πρόσπτωσης " θ ", είναι η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία που ενώνει ένα σημείο μιας κεκλιμένης επιφάνειας με τον ήλιο και από την κάθετη ευθεία στην κεκλιμένη επιφάνεια, σχήμα 1.9. Η αντίστοιχη γωνία πρόσπτωσης για μια οριζόντια επιφάνεια είναι η ζενιθιακή γωνία.



Σχήμα 1.9 Προσδιορισμός γωνιών κλίσης-πρόπτωσης [3]

Για κεκλιμένες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, ($\gamma=0$) και με κλίση επιφάνειας " β ", η γωνία πρόσπτωσης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\cos\theta = (\sin\delta \cdot \sin\omega \cdot \sin(\varphi - \beta)) + (\eta\mu\delta \cdot \eta\mu(\varphi - \beta)) \quad (1.11)$$

Στη γενικότερη περίπτωση, για κεκλιμένες επιφάνειες με τυχαίο προσανατολισμό ($\gamma \neq 0$) και με κλίση επιφάνειας " β ", ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$\begin{aligned} \cos\theta = & \eta\mu\delta \cdot \eta\mu\varphi \cdot \sin\beta - \eta\mu\delta \cdot \sin\varphi \cdot \eta\mu\beta \cdot \sin\gamma + \sin\delta \cdot \sin\varphi \cdot \sin\beta \cdot \sin\omega + \\ & + \sin\delta \cdot \eta\mu\varphi \cdot \eta\mu\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega + \sin\delta \cdot \eta\mu\beta \cdot \eta\mu\gamma \cdot \eta\mu\omega \end{aligned} \quad (1.12)$$

1.5 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Τα ποσοστά της ηλιακής ακτινοβολίας " G_{on} " (W/m^2) που φτάνουν σε μια επιφάνεια κάθετη στις ηλιακές ακτίνες στο όριο της ατμόσφαιρας, υπολογίζεται σε συνάρτηση με την ημέρα του χρόνου (D):

$$G_{on} = G_{sc} \cdot E_0 \quad (1.13)$$

Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (μεταξύ ανατολής και δύσης), η ηλιακής ακτινοβολίας " G_o " (W/m^2) σε ένα οριζόντιο επίπεδο στα όρια της ατμόσφαιρας, δίνεται από την εξίσωση:

$$G_o = G_{sc} \cdot E_0 \cdot \sin\theta_z = G_{sc} \cdot E_0 \cdot ((\eta\mu\varphi \cdot \eta\mu\delta) + (\sin\varphi \cdot \sin\delta \cdot \sin\omega)) \quad (1.14)$$

Ολοκληρώνοντας τις στιγμιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας (G_o) για μια ορισμένη χρονική περίοδο (π.χ. από την ανατολή έως τη δύση του ηλίου),

υπολογίζεται η ημερήσια τιμή της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στο όριο της ατμόσφαιρας (H_0) (J/m^2) χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$H_0 = (24 \cdot 3600 \cdot G_{sc} / \pi) \cdot E_0 \cdot (\text{συνφ} \cdot \text{συνδ} \cdot \eta\mu\omega_{ss} + (2 \cdot \pi \cdot \omega_{ss} \cdot \eta\mu\phi \cdot \eta\mu\delta / 360)) \quad (1.15)$$

όπου:

ω_{ss} είναι η ωριαία γωνία δύσης, δηλαδή η τιμή της ωριαίας γωνίας όταν ο ήλιος δύει και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\omega_{ss} = \text{συν}^{-1}(-\epsilon\phi\phi \cdot \epsilon\phi\delta) \quad (1.16)$$

1.6 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο " I_b " συνδέεται με την αντίστοιχη ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο " $I_{b,\beta}$ ", μέσω του γεωμετρικού παράγοντα " r_b ", που δίνεται από την εξίσωση:

$$r_b = I_{b,\beta} / I_b = I_{bn} \cdot \text{συν}\theta / I_{bn} \cdot \text{συν}\theta_z = \text{συν}\theta / \text{συν}\theta_z \quad (1.17)$$

Για κεκλιμένη επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό το " r_b " δίνεται από την εξίσωση (1.18)

$$r_b = [(\text{συν}(\phi-\beta) \cdot \text{συν}\delta \cdot \text{συν}\omega) + (\eta\mu(\phi-\beta) \cdot \eta\mu\delta)] / [(\text{συν}\phi \cdot \text{συν}\delta \cdot \text{συν}\omega) + (\eta\mu\phi \cdot \eta\mu\delta)] \quad (1.18)$$

Ακολούθως για τον προσδιορισμό της διάχυτης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο βάσει των τιμών της διάχυτης και ολικής στο οριζόντιο επίπεδο, χρησιμοποιείται το ιστροπικό μοντέλο.

Πιο συγκεκριμένα, η ανακλώμενη από το έδαφος ακτινοβολία υπολογίζεται βάσει του ιστροπικού μοντέλου υποθέτοντας ότι η διάχυτη ακτινοβολία είναι ιστροπική. Η ανακλώμενη διάχυτη ακτινοβολία " I_r " υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$I_r = 0.5 \cdot I_d \cdot (1 - \text{συν}\beta) \quad (1.19)$$

όπου:

" ρ " είναι η αντανακλαστικότητα του εδάφους (π.χ. $\rho=0.2$ για έδαφος και $\rho=0.7$ για χιόνι).

Για τη διάχυτη συνιστώσα της ακτινοβολίας " I_s ", που προέρχεται από τον ουράνιο θόλο, το ιστροπικό μοντέλο θεωρεί ότι προέρχεται ομοιόμορφα από τον ουράνιο θόλο και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$I_s = 0.5 \cdot I_d \cdot (1 + \text{συν}\beta) \quad (1.20)$$

Συνεπώς η συνολική διάχυτη ακτινοβολία σε μια κεκλιμένη επιφάνεια, " $I_{d,\beta}$ " είναι το άθροισμα των επιμέρους συνιστωσών και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$I_{d,\beta} = I_s + I_r \quad (1.21)$$

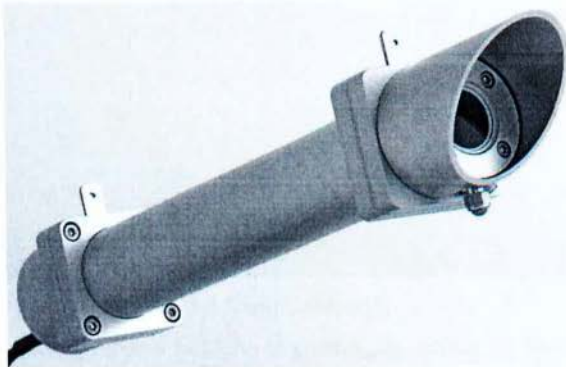
Συμπερασματικά, η ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο υπολογίζεται κατά προσέγγιση από την εξίσωση:

$$I_{\beta} = I_{b,\beta} + I_{s,\beta} + I_{r,\beta} = I_b \cdot r_b + 0.5 \cdot I_d \cdot (1 + \sigma_{\text{συν}\beta}) + 0.5 \cdot I \cdot \rho \cdot (1 - \sigma_{\text{συν}\beta}) \quad (1.22)$$

1.7 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ο πιο άμεσος τρόπος για τη συλλογή δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας είναι η μέτρησή της μέσω ηλιακών οργάνων. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα όργανα μετρήσεων είναι το:

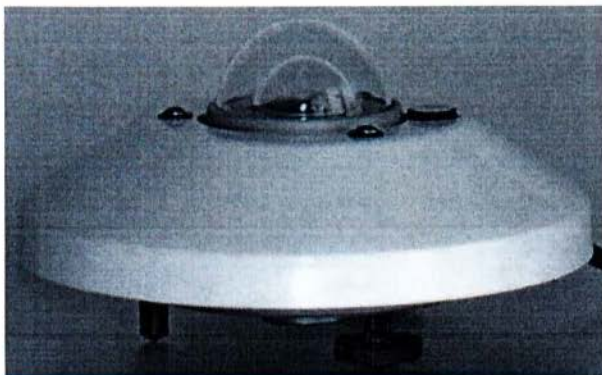
- πυρηλιόμετρο και το
- πυρανόμετρο.



Εικόνα 1.1 Πυρηλιόμετρο [6]

Το πυρηλιόμετρο (Εικόνα 1.1) μετράει την ένταση της άμεσης ακτινοβολίας σε επίπεδο κάθετο στη διεύθυνση γης-ήλιου, δηλαδή μετράει το G_{DN} . Το κύριο χαρακτηριστικό του οργάνου είναι ένας σωλήνας με ένα άνοιγμα στη μία πλευρά του, επιτρέποντας μόνο στην άμεση ακτινοβολία να φθάσει στον αισθητήρα, ο οποίος βρίσκεται στη βάση, στο άλλο άκρο του σωλήνα. Το άνοιγμα του σωλήνα σφραγίζεται με ένα προστατευτικό διαφανές κάλυμμα. Το όργανο τοποθετείται σε μια βάση η οποία περιλαμβάνει ένα μηχανισμό που κινεί το όργανο έτσι ώστε συνεχώς να στοχεύει προς τον ήλιο. Ο σωλήνας είναι εσωτερικά βαμμένος μαύρος έτσι ώστε να απορροφάται η τυχόν διάχυτη ακτινοβολία που μπορεί να εισέλθει από το άνοιγμα, πριν φτάσει στο αισθητήριο του οργάνου στη βάση του σωλήνα. Ο αισθητήρας είναι μια θερμοστήλη που αποτελείται από πολλές πολλαπλές επαφές (συνδέσεις) από κράματα χαλκού, νικελίου και μαγγανίνη. Όταν οι επαφές είναι σε διαφορετικές

θερμοκρασίες, δηλαδή θερμές επαφές εξ' αιτίας της απορρόφησης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας από τις μεταλλικές επιφάνειες του αισθητήρα και ψυχρές επαφές που βρίσκονται απομονωμένες, αναπτύσσεται μια ηλεκτρομαγνητική δύναμη που είναι ανάλογη της θερμοκρασιακής διαφοράς και εξαρτάται από το είδος του μετάλλου. Η έξοδος του οργάνου είναι διαφορά δυναμικού της τάξης των mV, έτσι ώστε αφού το όργανο έχει κατάλληλα βαθμονομηθεί, το ηλεκτρικό σήμα του οργάνου μπορεί να μετατραπεί σε ένταση της μετρούμενης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 1.2 Πυρανόμετρο [7]

Το πυρανόμετρο (Εικόνα 1.2) είναι το όργανο που μετράει την ολική και την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια. Ανάλογα με την τοποθέτηση του οργάνου (κλίση και προσανατολισμό) γίνεται και η αντίστοιχη μέτρηση της ολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο συγκεκριμένο επίπεδο. Ένα πυρανόμετρο με σύστημα σκίασης (στεφάνη ή δίσκο) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας από τον ουρανό, αφού με τη σκίαση του αισθητήρα αποκόπτεται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ανάλογα με την τοποθέτηση του πυρανομέτρου (κλίση και προσανατολισμό) γίνεται και η αντίστοιχη μέτρηση της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο συγκεκριμένο επίπεδο. Η στεφάνη πρέπει περιοδικά να ρυθμίζεται αφού αλλάζει το ηλιακό ύψος. Ο αισθητήρας του πυρανομέτρου έχει οπτικό πεδίο 180°. η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων είναι παρόμοια με αυτή του πυρηλιομέτρου, μόνο που στην περίπτωση του πυρανομέτρου το όργανο καταγράφει την ένταση της ολικής ή διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον αισθητήρα του οργάνου. Η επιφάνεια του αισθητήρα καλύπτεται με δυο ομόκεντρους διαφανείς θόλους για να προστατεύεται από τις εξωτερικές συνθήκες και να μην επηρεάζεται η θερμική του

απόκριση. Μεταξύ των δύο θόλων υπάρχει κενό έτσι ώστε να μειώνονται ακόμη περισσότερο οι θερμικές απώλειες του αισθητήρα.

1.8 ΤΙΜΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Τοπικές μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να δώσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των δυνατοτήτων που υπάρχουν για εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας στη συγκεκριμένη περιοχή. Τέτοιες πληροφορίες είναι απαραίτητες για διάφορες εφαρμογές, όπως ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμό κτιρίων, τους περιβαλλοντολόγους σχεδιασμούς και τη γεωργία. Ο Ευρωπαϊκός Άτλας για τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ευρώπη είναι μια πολύ καλή πηγή για τέτοιου είδους στοιχεία. Αντιπροσωπευτικά στοιχεία για τα επίπεδα της μέσης ετήσιας και μηνιαίας ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα 3.11, 3.12.



Σχήμα 3.11 Μέση ετήσια διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια σε οριζόντιο επίπεδο στην Ελλάδα (kWh/m^2) [5]

ΧΑΝΙΑ: Μέση Ακτινοβολία (kWh/m ²)											
		Για κλίση επιφάνειας 90°					Για κλίση επιφάνειας 45°				
Μήνες	Οριζόντιο επίπεδο	B	BA/BA	A/Δ	NA/NA	N	B	BA/BA	A/Δ	NA/NA	N
ΙΑΝ	62	20	22	40	66	83	25	32	56	82	94
ΦΕΒ	80	25	28	48	69	82	31	45	69	93	104
ΜΑΡ	124	39	50	74	90	95	58	80	108	130	139
ΑΠΡ	167	51	70	93	98	91	103	117	142	156	160
ΜΙΑ	212	73	100	120	110	88	157	165	182	186	182
ΙΟΥΝ	220	80	105	122	106	81	173	176	188	186	179
ΙΟΥΛ	225	79	107	126	112	87	172	178	193	193	187
ΑΥΓ	205	64	93	120	117	98	137	152	178	189	188
ΣΕΠΤ	161	45	64	94	110	110	80	105	139	164	172
ΟΚΤ	111	32	41	71	97	110	39	64	99	129	142
ΝΟΕ	78	22	26	51	84	105	27	38	71	104	120
ΔΕΚ	59	18	20	40	70	89	23	28	54	83	97

Σχήμα 3.12 Μέση μηνιαία διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στα Χανιά (Κρήτη)
(kWh/m²)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στη παρούσα εργασία θα πραγματοποιηθεί ανάλυση μόνο των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων. Στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα επιτυγχάνεται μέσω των ηλιακών συστημάτων τα οποία χρησιμοποιούν συλλέκτες και δεξαμενές αποθήκευσης ως χωριστά υποσυστήματα, ενώ η μεταφορά της ενέργειας μέσω ενός θερμαινόμενου ρευστού (π.χ. νερό, αέρας) πραγματοποιείται είτε με φυσική ροή είτε μέσω εξαναγκασμένης ροής (κυκλοφορητή).

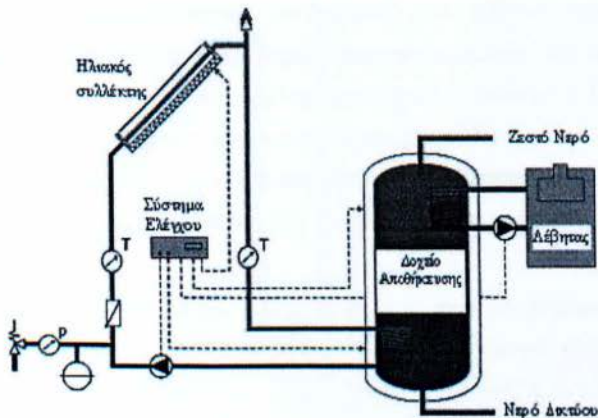
Το τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία αυξημένη ζήτηση στα πιο υψηλής τεχνολογίας φωτοβολταϊκά συστήματα παρόλο που σαν σύστημα μετατροπής ηλιακής ενέργειας τα θερμικά ηλιακά συστήματα έχουν μεγαλύτερη απόδοση που φτάνει μέχρι και τρεις φορές πάνω από τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Η σύγκριση, φυσικά, μεταξύ των δύο συστημάτων είναι λανθασμένη διότι οι τεχνολογίες στις οποίες στηρίζονται είναι διαφορετικές όπως και οι τρόποι απόσβεσης αν θεωρήσουμε πως γίνεται αναφορά σε δύο επενδύσεις.

Η επένδυση σε ένα θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι οικονομικά αποδοτική για κάθε καταναλωτή. Η αξιόπιστη τεχνολογία στην οποία στηρίζεται προσφέρει μακροπρόθεσμη απόδοση με χαμηλή συντήρηση και σχετικά γρήγορη απόσβεση των χρημάτων της απόδοσης.

Ανάλογα με το σύστημα επιλογής, ένα ηλιακό σύστημα είναι ικανό να προσφέρει το σύνολο ή τουλάχιστον ένα σημαντικό μέρος της αναγκαίας ποσότητας σε ζεστό νερό χρήσης για μία μεγάλη περίοδο του έτους. Για να υπάρξει μέγιστη απόδοση, είναι σημαντικό να δοθεί μεγάλη προσοχή στη διαστασιολόγηση και σχεδίαση ενός τέτοιου συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα της περιοχής και τις ανάγκες των καταναλωτών.

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, αποτελούνται από ένα πεδίο ηλιακών συλλεκτών και μια κεντρική δεξαμενή, από την οποία παρέχεται το ζεστό νερό χρήσης στα σημεία κατανάλωσης μέσω δικτύου αγωγών. Τυπική σχηματική παράσταση ενός κεντρικού ηλιακού συστήματος δίνεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Σχηματική παράσταση κεντρικού ηλιακού συστήματος [8]

Η λειτουργία του ηλιακού συστήματος στο σχήμα 2.1 έχει ως εξής: η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τους ηλιακούς συλλέκτες οι οποίοι θερμαίνονται. Η θερμότητά μεταφέρεται σε ένα δοχείο αποθήκευσης δια μέσου ενός υγρού που συνήθως πρόκειται για αντιψυκτικό υγρό, το οποίο κυκλοφορεί με τη βοήθεια αντλίας στο υδραυλικό κύκλωμα των συλλεκτών. Η μεταφορά της

θερμότητας γίνεται από έναν εναλλάκτη που μπορεί να είναι μια σπείρα εμβαπτισμένη στο αποθηκευτικό δοχείο ή μια εξωτερική πλακοειδής διάταξη. Όταν ο ήλιος δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες σε ζεστό νερό, τίθεται σε λειτουργία η βοηθητική πηγή (συνήθως λέβητας νερού) και θερμαίνει την ποσότητα νερού που απαιτείται στο πάνω μέρος του δοχείου. Την λειτουργία των αντλιών, του λέβητα, και των ασφαλιστικών διατάξεων καθορίζει ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων ποικίλει ανάλογα την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθός τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής κλπ. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικού τύπου θερμικά ηλιακά συστήματα. Η ποικιλία που παρουσιάζεται στις διατάξεις των συστημάτων αυτών οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του ζεστού νερού και στους τρόπους με τους οποίους προστατεύονται τα συστήματα αυτά.

Ανάλογα με τη λειτουργία των θερμικών ηλιακών συστημάτων διακρίνονται σε ενεργητικά (συστήματα φυσικής κυκλοφορίας) και παθητικά (συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας). Ένα παθητικό σύστημα χρησιμοποιεί αντλία για την κυκλοφορία του υγρού μεταφοράς θερμότητας ενώ ένα ενεργητικό όχι. Γενικά με βάση τα παραπάνω κριτήρια τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα διακρίνονται

- σε συστήματα ανοιχτού βρόχου ή άμεσα, στα οποία το σύστημα κυκλοφορεί το νερό του δικτύου στο συλλέκτη (δεν ενδείκνυται για κλίματα χαμηλών θερμοκρασιών) και
- σε συστήματα κλειστού βρόχου ή έμμεσα, όπου το σύστημα χρησιμοποιεί ένα υγρό ως μέσο μεταφοράς θερμότητας που κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα στο σύστημα.

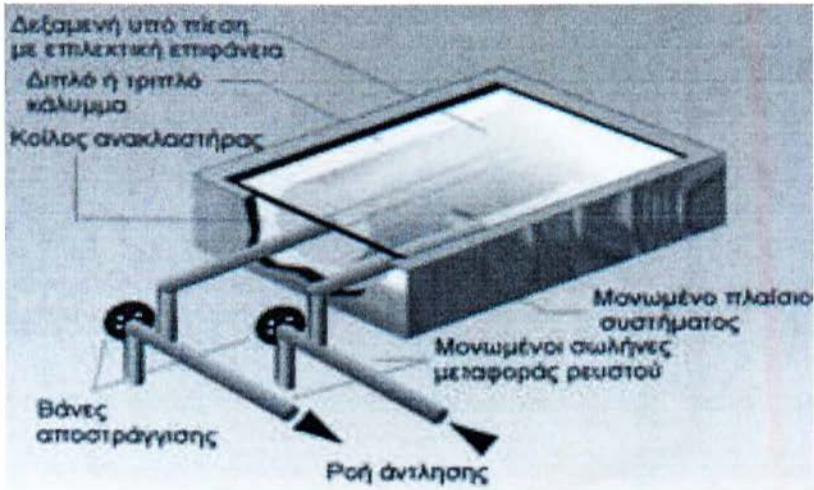
2.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- τους συμπαγείς θερμοαντήρες νερού και
- τα θερμοσιφωνικά συστήματα

Στους συμπαγείς θερμοαντήρες νερού ή τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη αποθήκευσης (Σχήμα 2.2) ο συλλέκτης και το δοχείο συνδυάζονται σε μία

μονάδα. Μία δεξαμενή νερού που εσωκλείεται σε ένα μονωμένο κουτί που καλύπτεται με γυαλί, τοποθετείται κάτω από τον ήλιο με νότιο προσανατολισμό. Το κρύο νερό διοχετεύεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Ζεστό νερό λαμβάνεται από την κορυφή.



Σχήμα 2.2 Τομή συμπαγούς συλλέκτη με ενσωματωμένη δεξαμενή νερού [10]

Ένα άλλο, πιο απλό και πιο σύνηθες στο καταναλωτικό κοινό, ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού, είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα (Σχήμα 2.3) αποτελούνται από ένα ή δύο συλλέκτες και μια δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία τοποθετείται ακριβώς πάνω από το ή τους συλλέκτες. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλο το σύστημα. Σε ψυχρότερα κλίματα χρησιμοποιούνται αντιψυκτικά υγρά διαλύματα, όπως η προπυλενογλυκόλη σε κλειστό κύκλωμα και σωληνώσεις ανθεκτικές στον παγετό, κατασκευασμένες συνήθως από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο σταυροειδών δεσμών (PEX).

Το σημείο στο οποίο υπερτερεί το θερμοσιφωνικό σύστημα εν συγκρίσει με το σύστημα του συμπαγούς θερμαντήρα νερού είναι ότι η θερμότητα αποθηκεύεται σε μία καλά μονωμένη δεξαμενή που εξασφαλίζει μειωμένες απώλειες κατά τη διάρκεια της νύχτας με αποτέλεσμα την κάλυψη σε ζεστό νερό, όποτε αυτό ζητηθεί, μέχρι την επόμενη ηλιόλουστη ημέρα.



Σχήμα 2.3 Θερμοσιφωνικό σύστημα [11]

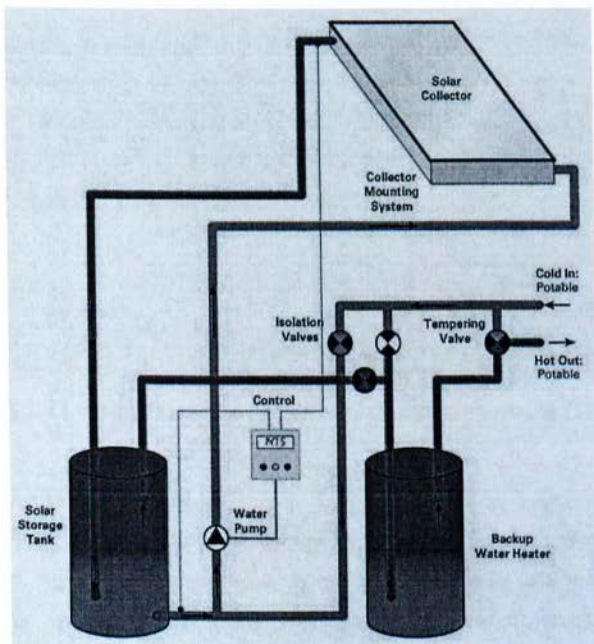
2.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΒΙΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Τα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για την εξασφάλιση της κυκλοφορίας του νερού ή των άλλων ρευστών μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε δύο τύπους:

- τα συστήματα ανοιχτού βρόχου και
- τα συστήματα κλειστού βρόχου

Η διαφορά των δύο τύπων έγκειται στην αρχή λειτουργίας τους, όπου τα συστήματα ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιούν αντλίες για την κυκλοφορία του νερού του δικτύου στους συλλέκτες εν αντιθέσει με του κλειστού τα οποία αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας συνήθως από ένα μίγμα γλυκόλης και νερού μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα στη δεύτερη περίπτωση μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές αποθήκευσης.

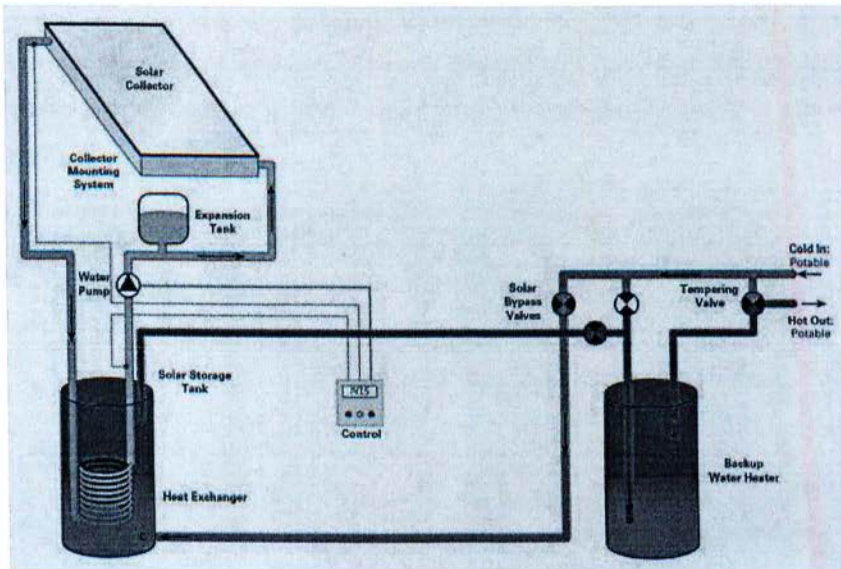
Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου (Σχήμα 2.4) χρησιμοποιούνται σε θερμά κλίματα κυρίως όπου η πιθανότητα παγετού εξαλείφεται. Συνήθως το σύστημα περιλαμβάνει μία δεξαμενή με ηλεκτρικό θερμαντήρα (ηλεκτρικό στοιχείο) περίπου 200 λίτρων και ένα συλλέκτη περίπου 3,5 – 3,7 m². Η δεξαμενή αποθήκευσης χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των περιπτώσεων για αποθήκευση προθερμασμένου νερού (το ηλεκτρικό στοιχείο δεν είναι ενεργό συνήθως) που τροφοδοτεί έναν υπάρχοντα βοηθητικό (backup) θερμαντή νερού. Στην κορυφή του ηλιακού συλλέκτη υπάρχει αυτόματο ή χειροκίνητο εξάρτημα εξαερισμού για την απομάκρυνση του αέρα. Η αντλία είναι ένας μικρός κυκλοφορητής που δεν καταναλώνει παραπάνω από 10 Watt. Σε κάποιες περιπτώσεις προτείνεται η εγκατάσταση αισθητήρα θερμότητας που διακόπτει την παροχή σε δεδομένη θερμοκρασία και που ελέγχει τη θερμοκρασία στην οποία θα φτάσει η ηλιακή δεξαμενή νερού.



Σχήμα 2.4 Συστήματα ανοιχτού βρόχου [11]

Τα συστήματα κλειστού βρόχου (Σχήμα 4.5) χρησιμοποιούνται σε κλίματα όπου εμφανίζονται χαμηλές θερμοκρασίες. Το εισερχόμενο νερό δικτύου κατευθύνεται στην δεξαμενή αποθήκευσης αλλά ποτέ στους συλλέκτες. Ένα μίγμα

αντιψυκτικού υγρού (γλυκόλη) και νερού κυκλοφορεί από τους συλλέκτες σε σπειροειδή σωλήνωση στην δεξαμενή αποθήκευσης και στη συνέχεια αντλείται πίσω στους συλλέκτες. Στα περισσότερα κλίματα ένα μίγμα με 50% γλυκόλη και 50% νερό προστατεύει το συλλέκτη από την ψύξη. Το νερό του δικτύου θερμαίνεται μέσω της επαφής με τη σπειροειδή σωλήνωση του ζεστού νερού που έρχεται από το συλλέκτη μέσα στη δεξαμενή. Αυτά τα συστήματα απαιτούν την ύπαρξη δοχείου διαστολής και κάποια άλλα βοηθητικά στοιχεία για το γέμισμα, την εξαέρωση και τη συντήρηση του συστήματος. Τα συστήματα αυτά είναι σχεδόν η μόνη λύση σε πολύ ψυχρά κλίματα.



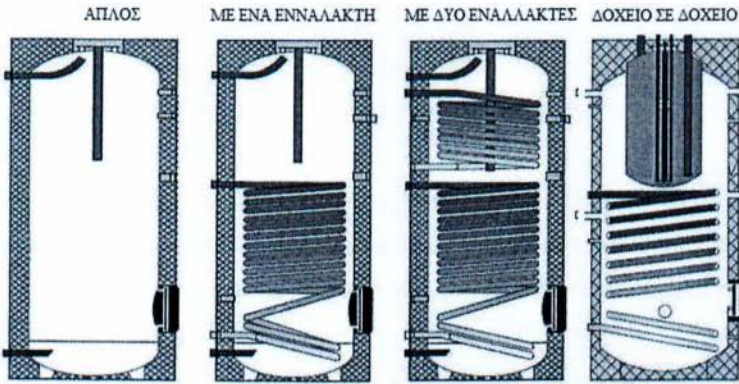
Σχήμα 2.5 Σύστημα κλειστού βρόχου - Αντιψυκτικό σύστημα [11]

2.4 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η θερμική ενέργεια που παράγεται σε μία ηλιοθερμική εγκατάσταση εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου. Επίσης μεταβάλλονται και οι θερμικές ανάγκες και οι οποίες σπάνια συμπίπτουν χρονικά με την παραγόμενη ενέργεια. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό η ενέργεια που παράγεται να συσσωρεύεται και έπειτα, κατά τη χρήση, να μπορεί να ρυθμίζεται η προσφορά (ήλιος) και η ζήτηση (ζεστό νερό κατ' απαίτηση από το χρήστη). Η αποθήκευση είναι το στοιχείο της εγκατάστασης, που επιτρέπει την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας, με την ελάχιστη δυνατή απώλεια ενέργειας. Ο

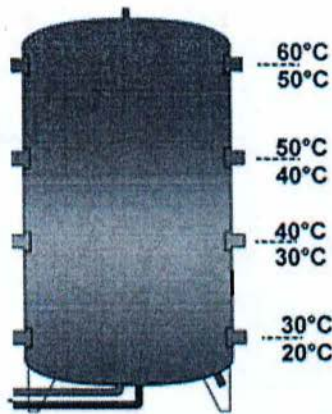
ειδικός χώρος στον οποίο αποθηκεύεται η απαιτούμενη ενέργεια είναι συνήθως οι συσσωρευτές ενέργειας (boiler).

Σήμερα τα πιο συνηθισμένα είδη συσσωρευτών ενέργειας είναι τα θερμικά μονωμένα boiler, με (ή χωρίς) ενσωματωμένο εναλλάκτη θερμότητας. Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός συσσωρευτή είναι η μηχανική του αντοχή, η διάρκειά του και η ποιότητα της μόνωσης. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής των απωλειών (που εξαρτάται από τον τύπο και το πάχος της μόνωσης), τόσο καλύτερη θα είναι η συμπεριφορά του συσσωρευτή. Οι τύποι των συσσωρευτών (Σχήμα 4.19) διακρίνονται σε οριζόντια ή κάθετη θέση και χωρίς εναλλάκτη ή με ενσωματωμένο εναλλάκτη. Στην τελευταία περίπτωση, με σερπαντίνα ή βρεχόμενος, ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται. Για ορισμένες εφαρμογές (π.χ. σε εγκαταστάσεις που συνδυάζουν την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης) υπάρχουν ειδικοί τύποι.



Σχήμα 2.6 Τύποι boiler [12]

Για σωστή λειτουργία, ο συσσωρευτής σχεδιάζεται, ώστε να επιτρέπει τη διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας πετυχαίνοντας τη λήψη του ζεστού νερού κατανάλωσης από το ανώτερο τμήμα του συσσωρευτή. Το νερό που επιστρέφει στο συλλέκτη είναι πιο κρύο, παράγοντας που αυξάνει την απόδοση του ίδιου του συλλέκτη.



Σχήμα 2.7 Διαστρωμάτωση θερμοκρασίας σε συσσωρευτή ενέργειας [13]

Στην πράξη, η θερμική διαστρωμάτωση εξασφαλίζεται όταν η είσοδος του ζεστού νερού από το συλλέκτη βρίσκεται στο πάνω μέρος του συσσωρευτή και η έξοδος του κρύου νερού προς αυτόν είναι στο κάτω μέρος και όταν η παροχή του νερού είναι μικρή, έτσι ώστε να μην αναμιγνύεται το εισερχόμενο ζεστό νερό με το εξερχόμενο κρύο.

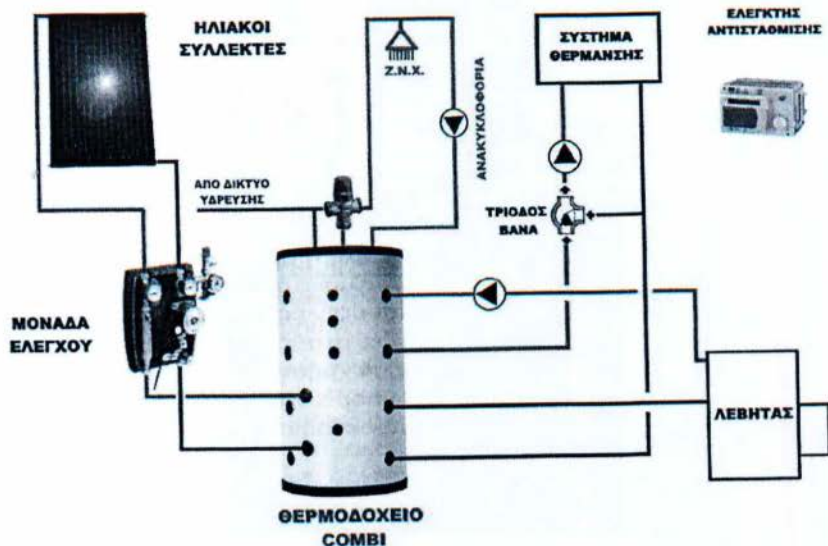
Καθώς το ζεστό νερό έχει μικρότερη πυκνότητα το κρύο παραμένει στο πάνω μέρος του συσσωρευτή, ενώ το κρύο βρίσκεται στον πυθμένα του. Οι συσσωρευτές ενέργειας που λειτουργούν με τη συγκεκριμένη μέθοδο έχουν κυλινδρικό σχήμα με ιδανική αναλογία ύψους – διαμέτρου 2,5:1.

Η μόνωση του συσσωρευτή παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της θερμοκρασίας του νερού που αποθηκεύεται στο συσσωρευτή ενέργειας, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό συνίσταται προσοχή στο υλικό και στις διαστάσεις του μονωτικού υλικού. Τα μονωτικά υλικά που συνήθως χρησιμοποιούνται έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ 0,035 W/mK.

2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ COMBI

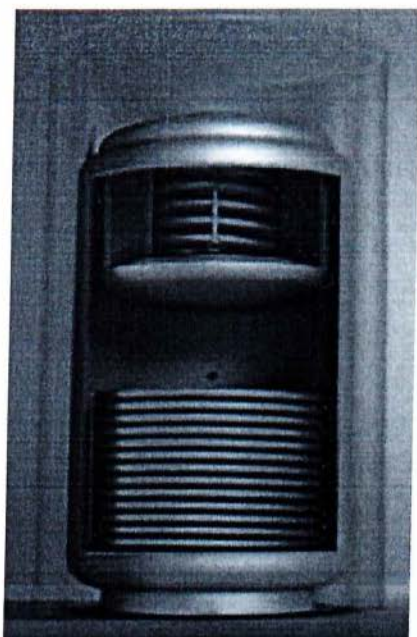
Τα ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής ζεστού νερού και θέρμανσης χώρων (συστήματα combi) αποτελούνται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών (παραγωγή ενέργειας), το θερμοσυσσωρευτή (αποθήκευση ενέργειας), ένα σύστημα βοηθητικής ενέργειας (ηλεκτρικός λέβητας, λέβητας πετρελαίου-αερίου-βιομάζας, αντλία θερμότητας), ένα σύστημα θέρμανσης (ενδοδαπέδια, fan-coils) και ένα

σύστημα ελέγχου. Η ιδανική εφαρμογή του συστήματος είναι για συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών, περίπου 50 με 60 °C.



Σχήμα 2.8 Ενδεικτικό σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος combi [9]

Η ενέργεια των ηλιακών συλλεκτών μεταφέρεται σε ένα καλά μονωμένο θερμοδοχείο και θερμαίνει αρχικά το νερό της κεντρικής θέρμανσης και στη συνέχεια το ζεστό νερό χρήσης. Το θερμοδοχείο που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση αποτελείται από δυο ξεχωριστά δοχεία το ένα μέσα στο άλλο. Στο εξωτερικό δοχείο κυκλοφορεί το νερό του συστήματος της κεντρικής θέρμανσης. Στο εσωτερικό του δοχείου υπάρχει ένα δεύτερο δοχείο (δοχείο ζεστού νερού χρήσης), ειδικά επεξεργασμένο, που το καθιστά κατάλληλο για πόσιμο νερό. Στο εσωτερικό του δοχείου βρίσκεται εμβαπτισμένος και ένας εναλλάκτης για σύνδεση του δοχείου με ηλιακούς συλλέκτες.



Εικόνα 2.3 Μποϊλερ παράγωγης ζεστού νερού χρήσης και υποβοήθησης θέρμανσης [14]

Εάν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, τότε τίθεται σε λειτουργία ο λέβητας και συμπληρώνει την απαιτούμενη ενέργεια. Το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να είναι ικανό να παράσχει το 100% των απαιτήσεων θέρμανσης, δεδομένου ότι κατά τις περιόδους νεφελώδους καιρού, το ηλιακό σύστημα μπορεί να έχει μηδενική ή πολύ μικρή συμβολή στην κάλυψη των αναγκών θέρμανσης.

Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση καυσίμων και η θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης επιτυγχάνεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον.

Οι προσομοιώσεις για τον Ελληνικό χώρο έδειξαν ότι τα συστήματα combi μπορούν να συνδυαστούν με συμβατικά συστήματα θέρμανσης, δίνοντας αξιόλογα ενεργειακά αποτελέσματα και καλύψεις του συνολικού θερμικού φορτίου που φτάνουν το 10% με 60% ανάλογα με το μέγεθος της συλλεκτικής επιφάνειας, τον όγκο του θερμοδοχείου, τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της κατοικίας (μέγεθος, ποιότητα μόνωσης, θερμικές ανάγκες). Ένα σύστημα που διαστασιολογείται για να καλύψει ένα ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό των θερμικών αναγκών του χρήστη κινδυνεύει να γίνει αντιοικονομικό, καθώς μόνο μέρος

από την πρόσθετη δυναμικότητά του θα χρησιμοποιείται (κατά τη διάρκεια των ψυχρότερων ημερών) ενώ το υπόλοιπο του χρόνου θα έχουμε περίσσεια της παραγόμενης ηλιακής ενέργειας.

Η ιδανική μέθοδος διανομής της θερμότητας σε συνδυασμό με θερμικά ηλιακά συστήματα είναι η ενδοδαπέδια ή η επιτοίχια θέρμανση. Επίσης, ένα ηλιακό σύστημα combi είναι δυνατό να συνδυαστεί με fan-coils τα οποία απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα συμβατικά σώματα θέρμανσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι συνδυασμός ενός συστήματος combi με ένα σύστημα ηλιακού κλιματισμού είναι ιδανικός δεδομένου ότι αίρει το πρόβλημα της περίσσειας ενέργειας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και συνεπώς μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα ποσοστά κάλυψης για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης των κατοικιών ή άλλων κτιρίων.

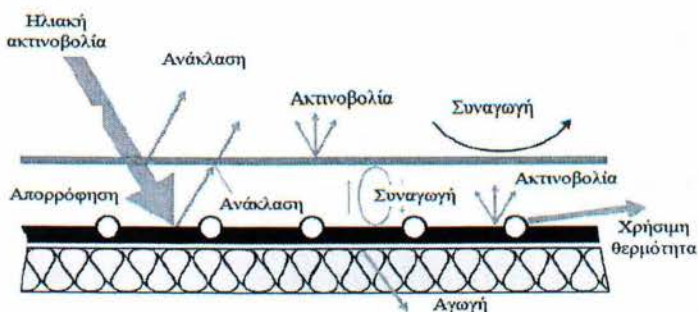
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι οι συσκευές που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χρήσιμη θερμική ενέργεια. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολύ καλή απόδοση στην θέρμανση χώρων. Η λειτουργία των συλλεκτών βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο ανάμεσα στην πλάκα απορρόφησης και τη γυάλινη επικάλυψη. Καταρχάς η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει πάνω στην (συνήθως μαύρη) απορροφητική πλάκα, ανεβάζοντας της θερμοκρασία της. Η πλάκα με τη σειρά της εκπέμπει μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) για την οποία το τζάμι που καλύπτει την πλάκα είναι σχεδόν αδιαφανές. Έτσι η μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) παγιδεύεται ανάμεσα στην πλάκα και το τζάμι, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση του νερού (που κυκλοφορεί σε σωλήνες που είναι σ' επαφή με την πλάκα στο πίσω μέρος της ή ενσωματωμένοι σ' αυτή).

Οι κρίσιμοι παράγοντες για την καλή απόδοση του συστήματος είναι η μεγάλη απορροφητικότητα της πλάκας στην ηλιακή ακτινοβολία, ο μικρός συντελεστής εκπομπής της πλάκας στη μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολία και η μεγάλη αδιαφάνεια του κρυστάλλου για τη δεύτερη. Τα υλικά που προσφέρουν την καλύτερη σχέση απόδοσης-τιμής είναι γυαλί και επιφάνεια από αλουμίνιο ή χαλκό

χρωματισμένη μαύρη. Ο βαθμός απορρόφησης των διάφορων απορροφητήρων κυμαίνεται από 0,8 μέχρι 0,98 με το υπόλοιπο 0,2 και 0,02 αντίστοιχα να ανακλάται.



Σχήμα 3.1 Ηλιακός συλλέκτης και ακτινοβολία [16]

Οι ηλιακοί συλλέκτες λοιπόν εκμεταλλευόμενοι το φαινόμενο του θερμοκηπίου που περιγράφηκε παραπάνω είναι οι μηχανισμοί που πραγματοποιούν τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα.

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται στους:

- επίπεδους συλλέκτες
- συλλέκτες κενού
- συγκεντρωτικούς συλλέκτες

3.2 ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες παράγουν θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας, η οποία αξιοποιείται για την θέρμανση του νερού και των χώρων ενός κτιρίου. Η σχετικά χαμηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη και οι αυξημένες θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον λόγω των μεγάλων επιφανειών δεν μας επιτρέπουν να πετύχουμε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 150°C. Η συνήθης περιοχή λειτουργίας τους είναι από 40°C έως 100°C.

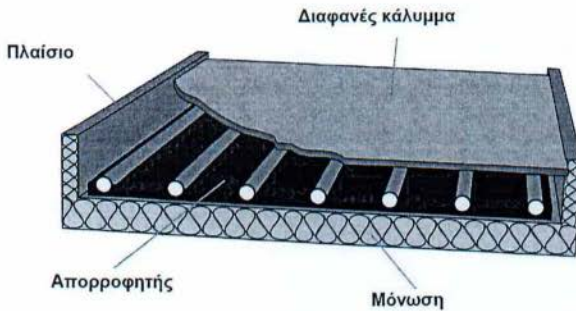
Το μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας (άμεσης και διάχυτης) απορροφάται από μία επιφάνεια, που συμπεριφέρεται σαν μέλαν σώμα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ένα μέρος της απορροφημένης ακτινοβολίας μεταφέρεται σε κάποιο ρευστό, ενώ το υπόλοιπο χάνεται στο περιβάλλον. Το ποσό της θερμότητας που παράγεται από το ρευστό είναι το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος του συλλέκτη και αποθηκεύεται ή τροφοδοτεί απευθείας το φορτίο.

Μερικά από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών σε σχέση με τους συγκεντρωτικούς συλλέκτες μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Χρησιμοποίηση σε εφαρμογές που απαιτούν απόδοση ενέργειας σε μέσες θερμοκρασίες δηλαδή μέχρι περίπου 100°C πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Εκμετάλλευση και της αμέσου και της διάχυτου ακτινοβολίας.
- Δεν απαιτούν μηχανισμό κίνησης για την παρακολούθηση του ήλιου και συνεπώς είναι μηχανικά απλούστεροι των συγκεντρωτικών συλλεκτών και απαιτούν μικρή μόνο συντήρηση.
- Κύριες εφαρμογές είναι η θέρμανση νερού χρήσης και η θέρμανση κτιρίων ενώ στις δυνατές εφαρμογές συμπεριλαμβάνεται ο κλιματισμός και η παραγωγή θερμότητας για βιομηχανική χρήση.

Τα βασικά στοιχεία ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη είναι τα εξής:

- I. Ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα πάνω από τον απορροφητήρα ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες δια συναγωγής και ακτινοβολίας προς το περιβάλλον. Το κάλυμμα είναι συνήθως από γυαλί αλλά μπορεί να είναι και από διαφανές πλαστικό.
- II. Ο απορροφητήρας ή πλάκα απορρόφησης, η οποία είναι μία μεταλλική επιφάνεια με υψηλή θερμική αγωγιμότητα (συνήθως από χαλκό ή αλουμίνιο) και σκουρόχρωμη επικάλυψη.
- III. Το δίκτυο μεταφοράς του ρευστού. Αποτελείται από σωλήνες ή αεραγωγούς που κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και είναι σε επαφή με τον απορροφητήρα. Μέσα σε αυτούς κυκλοφορεί το ρευστό που πάγει την θερμότητα από τον απορροφητήρα.
- IV. Η μόνωση της πίσω και των παράπλευρων επιφανειών ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον. Μόνωση πάχους μεγαλύτερου από 15 cm για την πίσω πλευρά του συλλέκτη θεωρείται συνήθως επαρκής.
- V. Το περίβλημα, μεταλλικό ή πλαστικό πλαίσιο, που συγκρατεί την κατασκευή και προσφέρει προστασία από το περιβάλλον (βροχή, υγρασία, σκόνη).



Σχήμα 3.2 Μέρη επίπεδου ηλιακού συλλέκτη [16]

Το διαφανές κάλυμμα του συλλέκτη πρέπει να αφήνει να περάσει το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και παράλληλα να απορροφά και να ανακλά το μικρότερο τμήμα της. Δηλαδή θα πρέπει να έχει μεγάλο συντελεστή διαπερατότητας (τ) και μικρούς συντελεστές απορροφητικότητας (α) και ανακλαστικότητας (ρ). Η διερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία θεωρείται χρήσιμη και απορροφάται στη συνέχεια από τον απορροφητήρα ο οποίος βρίσκεται πίσω από το διαφανές κάλυμμα. Αυτό σημαίνει αύξηση της θερμοκρασίας του απορροφητήρα και εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας από αυτόν. Έτσι το διαφανές κάλυμμα θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να εμποδίσει την υπέρυθρη ακτινοβολία να απομακρυνθεί από τον ηλιακό συλλέκτη. Με απλά λόγια το κάλυμμα του συλλέκτη πρέπει να είναι διαφανές για ακτινοβολίες από 0,2 μm έως 2,7 μm και αδιαφανές για ακτινοβολίες μεγαλύτερου μήκους κύματος.

3.3 ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΚΕΝΟΥ

Η ανάγκη για μείωση των θερμικών απωλειών του συλλέκτη τόσο κατά τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, όσο και κατά τη μετάδοση της θερμότητας από τον απορροφητήρα στο ρευστό, οδήγησε στην επινόηση των συλλεκτών κενού. Οι συλλέκτες αυτοί είναι επίπεδοι συλλέκτες βελτιωμένου τύπου και έχουν σαν βασική κατασκευαστική αρχή την δημιουργία κενού αέρα μεταξύ της διαφανούς επιφάνειας και του απορροφητήρα.

Δύο χαρακτηριστικοί τύποι τέτοιων συλλεκτών είναι ο συλλέκτης κενού με επίπεδο απορροφητήρα και ο συλλέκτης κενού με ομόκεντρους σωλήνες. Στην πρώτη περίπτωση ο απορροφητήρας είναι μία επίπεδη επιφάνεια, που περιλαμβάνει τους

σωλήνες εισόδου και εξόδου του ρευστού, η οποία τοποθετείται μέσα σε γυάλινο σωλήνα χωρίς αέρα. Στην δεύτερη περίπτωση ο συλλέκτης αποτελείται από τρεις ομόκεντρους σωλήνες. Ο εξωτερικός σωλήνας κατασκευάζεται από γυαλί και αποτελεί το διαφανές κάλυμμα του συλλέκτη. Ο μεσαίος σωλήνας είναι ο απορροφητήρας και μεταξύ αυτού και του εξωτερικού σωλήνα υπάρχει κενό αέρα. Ο εσωτερικός σωλήνας αποτελεί τον σωλήνα προσαγωγής του ρευστού στο συλλέκτη, το οποίο απάγει την θερμότητα και εξέρχεται από τον χώρο μεταξύ εσωτερικού και μεσαίου σωλήνα.



Σχήμα 3.3 Συλλέκτης κενού [16]

Το χρησιμοποιούμενο ρευστό είναι υδατικό διάλυμα προπυλενογλυκόλης, αλλά στο συλλέκτη κενού μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αέριο. Για να αποφύγουμε τους διαβρωτικούς ατμούς στα τοιχώματα των σωλήνων, οι οποίοι οφείλονται στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο υγρό, θεωρείται απαραίτητη η χρήση ειδικών πρόσθετων.

Οι συλλέκτες κενού μεταφέρονται εύκολα λόγω του μικρού βάρους τους, μπορούν να τοποθετηθούν οριζόντια σε επίπεδη οροφή, έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης ακόμα και για μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ απορροφητήρα και περιβάλλοντος, είναι κατάλληλοι για θέρμανση ή ψύξη χώρων και την παραγωγή ατμού λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του ρευστού. Τέλος έχουν μεγάλη συλλεγόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι το σημαντικό κόστος αγοράς, που οφείλεται στις διάφορες

κατασκευαστικές δυσκολίες (κενό αέρα, συστοδιαστολές συνεργαζόμενων υλικών κτλ).



Εικόνα 3.1 Συλλέκτης κενού [20]

3.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες είναι συσκευές που συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια με οπτικά μέσα και στην συνέχεια την απορροφούν και την μετατρέπουν σε χρήσιμη θερμική ενέργεια. Η συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας επιτρέπει τη συλλογή θερμότητας σε θερμοκρασίες πολύ υψηλότερες σε σχέση με τους επίπεδους συλλέκτες, η οποία αξιοποιείται σε βιομηχανικές χρήσεις και στην παραγωγή ηλεκτρισμού.



Εικόνα 3.2 Συγκεντρωτικός συλλέκτης με επιμήκη παραβολικά κάτοπτρα [16]

Ένας συγκεντρωτικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από το οπτικό σύστημα ή συγκεντρωτήρα και τον δέκτη. Ο συγκεντρωτήρας δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία,

την συγκεντρώνει και την οδηγεί στον δέκτη, ο οποίος την απορροφά. Η πολλαπλασιασμένη ένταση της προσπίπτουσας στον δέκτη ακτινοβολίας συνεπάγεται μικρότερη επιφάνεια για ένα δεδομένο ποσό ενέργειας, άρα και μειωμένες απώλειες προς το περιβάλλον. Ο συγκεντρωτήρας μπορεί να είναι καθρέπτης και να ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία ή να είναι φακός και να την διαθλά. Ακόμα μπορεί να είναι επίπεδος, παραβολικός, ή να αποτελείται από μία σειρά κινούμενων επίπεδων κατόπτρων, τα οποία με κατάλληλους μηχανισμούς παρακολουθούν την πορεία του ήλιου. Ο δέκτης μπορεί να είναι σημείο, γραμμή, επίπεδη επιφάνεια, κυρτή ή κοίλη επιφάνεια.

Οι βασικότεροι τύποι συγκεντρωτικών συλλεκτών είναι οι εξής:

- A. Συγκεντρωτικός συλλέκτης με επίπεδα κάτοπτρα
- B. Συγκεντρωτικός συλλέκτης με επιμήκη παραβολικά κάτοπτρα
- C. Συγκεντρωτικός συλλέκτης με παραβολοειδές κάτοπτρο
- D. Συγκεντρωτικός συλλέκτης με φακό Fresnel
- E. Ηλιακός πύργος

3.5 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

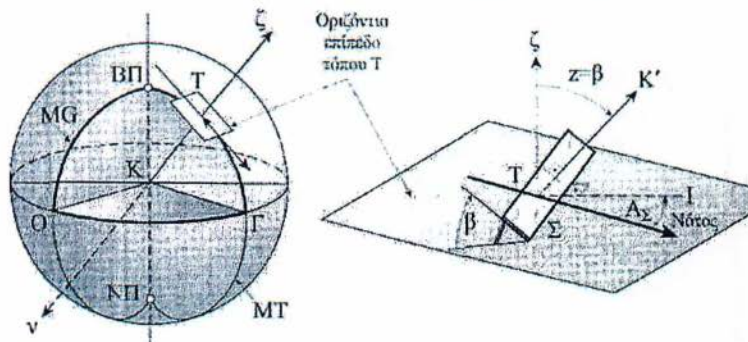
Σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότερη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας από ένα συλλέκτη παίζει ο προσανατολισμός του ως προς τον ηλιακό νότο, ο οποίος αντιστοιχεί στη στιγμή που ο ήλιος βρίσκεται στο μεσημβρινό του συγκεκριμένου τόπου. Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε, κατ' αρχήν, σε μια απλή μέθοδο προσδιορισμού του αληθούς νότου, ως προς τον οποίο προσανατολίζουμε συνήθως το συλλέκτη και στη συνέχεια θα εξετάσουμε σε συντομία, τους διάφορους τρόπους τοποθέτησης των συλλεκτών με βασική απαίτηση τη μεγιστοποίηση της ημερησίως συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας, από το συλλέκτη, σε συνδυασμό με μια αξιόπιστη και οικονομική κατασκευή.

Κάθε τόπος όπως ο τόπος T, του σχήματος 6.6, πάνω στην επιφάνεια της γης, προσδιορίζεται από τις σφαιρικές συντεταγμένες του:

- i. Το γεωγραφικό μήκος, (L), που καθορίζεται από το τόξο ΟΓ, πάνω στον Ισημερινό ή σε άλλο παράλληλο, με αναφορά το μεσημβρινό του Greenwich (MG), από 0-180° Ανατολικά (ή με αναφορά μόνο της γωνίας αλλά με αρνητικό πρόσημο, π.χ. για την Αθήνα: γ.μ.=-23.5°) και από 0-180° Δυτικά (ή η γωνία με θετικό πρόσημο).

ii. Το γεωγραφικό πλάτος, (λ), που καθορίζεται από το τόξο $\Gamma\Gamma'$, πάνω στον μεσημβρινό του τόπου $ΜΤ$, με αναφορά τον Ισημερινό, από $0-90^\circ$ Βόρεια και $0-90^\circ$ Νότια.

Ας θεωρήσουμε ένα επίπεδο συλλέκτη, Σ , τοποθετημένο έτσι ώστε το επίπεδο του να σχηματίζει γωνία β ως προς τον ορίζοντα (εικόνα 2.10β). Η γωνία κλίσης του συλλέκτη β ισούται με τη ζενιθία γωνία ζ της καθέτου στο επίπεδο του συλλέκτη (TK'), η οποία μπορεί να πάρει τιμές από 0° (Ζενίθ) έως 180° (Ναδίρ).



Σχήμα 3.4 Σφαιρικές συντεταγμένες του τόπου T και του συλλέκτη Σ [19]

Η γωνία $ΑΣ$, μεταξύ της κατακόρυφης προβολής $ΠΙ$, της καθέτου στο συλλέκτη, TK' πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, με τη διεύθυνση του νότου, ονομάζεται αζιμουθιακή ή αζιμουθιακή γωνία του συλλέκτη και παίρνει τιμές από $+180^\circ$ μέχρι -180° . Χαρακτηριστικές θέσεις: $+180^\circ$ (βορράς), $+90^\circ$ (Ανατολή), 0° (Νότος), -90° (Δύση) και -180° (Βορράς). Όταν ο συλλέκτης στραφεί ώστε οι ακτίνες του ήλιου (απευθείας ακτινοβολία), να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του, τότε το ύψος του ήλιου EL και η γωνία κλίσης β , του συλλέκτη δίδουν άθροισμα 90° ($EL + \beta = 90^\circ$).

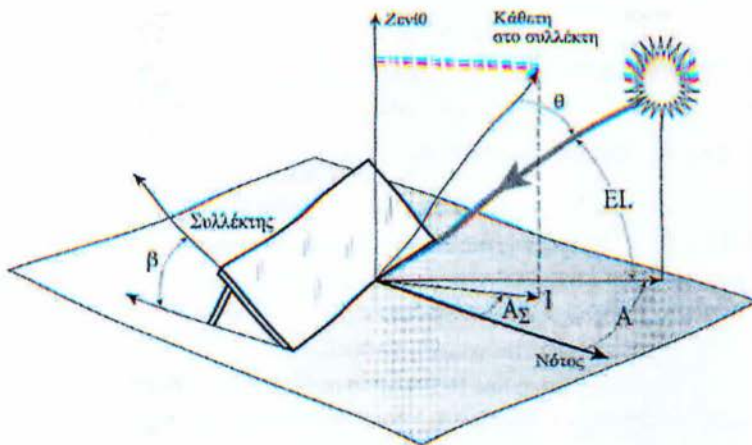
Η στροφή του συλλέκτη, ώστε αυτός να παρακολουθεί ανά πάσα στιγμή τον ήλιο, γίνεται με μηχανισμούς οι οποίοι οδηγούνται από κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις με βάση τις εξισώσεις κίνησης του ήλιου στην ουράνια σφαίρα. Η γωνία θ που σχηματίζουν μια δεδομένη χρονική στιγμή οι ηλιακές ακτίνες (απευθείας ακτινοβολία) με την κάθετη σ' ένα επίπεδο συλλέκτη (εικόνα 2.11) γωνίας κλίσης β και αζιμουθιακής γωνίας $ΑΣ$, δίδεται από τη σχέση:

$$\cos\theta = \sin EL \cdot \eta\mu\beta \cdot \cos(A-AS) + \eta\mu EL \cdot \cos\beta \quad (3.1)$$

όπου :

"A" η αζιμούθια γωνία

"EL" το ύψος του ήλιου την ίδια χρονική στιγμή.



Σχήμα 3.5 Ο προσανατολισμός του συλλέκτη [19]

3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να διαχωριστεί η στιγμιαία απόδοση του συλλέκτη από την μακροχρόνια απόδοση του ηλιακού συστήματος. Η στιγμιαία απόδοση λαμβάνει υπόψη της τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή τα δεδομένα ακτινοβολίας και θερμοκρασίας ενώ ο ηλιακός συλλέκτης σαν σύστημα είναι μια συσκευή που λειτουργεί σε εύρος θερμοκρασιών και ακτινοβολιών στη διάρκεια του έτους.

Η ωφέλιμη ενέργεια (ισχύς), που παρέχει ένας ηλιακός συλλέκτης, είναι η ενέργεια που απορροφά η απορροφητική επιφάνειά του μειωμένη κατά τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον από τα διάφορα εξωτερικά στοιχεία του (όπως το διαφανές κάλυμμα και το προστατευτικό πλαίσιο). Η ωφέλιμη θερμική ισχύς Q , υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q = F_R \cdot A_C \cdot [G_T \cdot (\tau \cdot \alpha) - U_L \cdot (\bar{\theta} - \theta_a)] \quad (3.2)$$

όπου:

" F_R " είναι ο συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη. Ο συντελεστής αυτός εκτιμάται μετά από δοκιμές ποιοτικού ελέγχου του συλλέκτη και εξαρτάται από την κατασκευή του, την παροχή του ρευστού, τα υλικά της συλλεκτικής επιφάνειας κ.λπ.

" A_C " είναι η επιφάνεια του συλλέκτη σε m^2

"G_T" είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια του συλλέκτη, σε W/m²

"τ" είναι ο συντελεστής διαπερατότητας του διαφανούς καλύμματος στην ηλιακή ακτινοβολία

"α" είναι ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από τον απορροφητήρα

"U_L" είναι ο συνολικός ισοδύναμος συντελεστής θερμικών απωλειών του συλλέκτη, σε W/m²°C

"θ̄" είναι η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του συλλέκτη, σε °C. Συνήθως λαμβάνεται ίση με το ημίθροισμα της θερμοκρασίας εισόδου "θ_i" και εξόδου "θ_o" του εργαζόμενου μέσου του συλλέκτη, δηλαδή $\bar{\theta} = \frac{1}{2}(\theta_i + \theta_o)$.

"θ_a" είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, σε °C.

Η ακτινοβολία που προσπίπτει κάθε στιγμή στην επιφάνεια του συλλέκτη "G_T" περιλαμβάνει και την διάχυτη και την άμεση ακτινοβολία.

Οι συντελεστές "τ" και "α" εξαρτώνται από τα υλικά του συλλέκτη και τη γωνία της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Το γινόμενο "U_L(θ̄-θ_a)" παριστά τις απώλειες του συλλέκτη με την υπόθεση ότι η θερμοκρασία της ηλιακής πλάκας είναι ομοιόμορφη και ίση με τη θερμοκρασία εισόδου του ρευστού στο συλλέκτη.

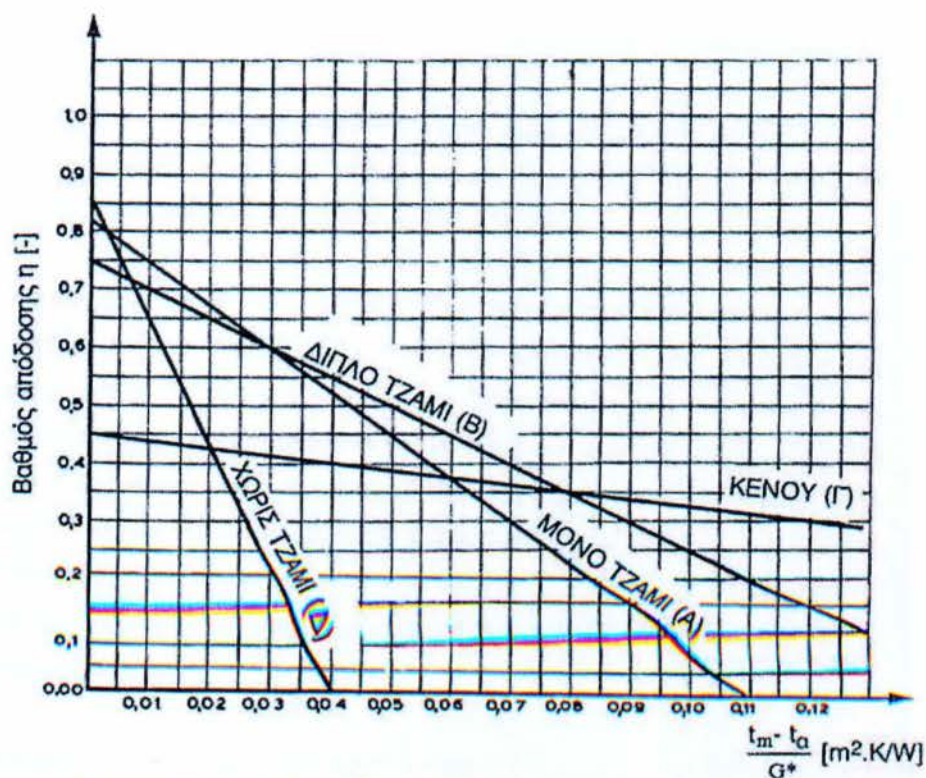
Για την απόδοση του συλλέκτη μπορεί να οριστεί ο παρακάτω βαθμός:

$$n = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) - F_R \cdot U_L \frac{\bar{\theta} - \theta_a}{G_T} \quad (3.3)$$

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν την απόδοση του συλλέκτη δίδονται για τα διάφορα είδη συλλεκτών σε πίνακες, όπως ο πίνακας 2.4.3 που ακολουθεί.

Περιγραφή συλλέκτη	F _R · (τ · α) _n	F _R · U _L (W/m ² · °C)
Πλαστικός συλλέκτης, χωρίς τζάμι και μόνωση (δοκιμή σε ταχύτητα αέρα 2.2 m/s).	0.86	21.5
Μαύρο χρώμα – Μονό τζάμι	0.82	7.5
Μαύρο χρώμα - Διπλό τζάμι, ή επιλεκτική επιφάνεια-Μονό τζάμι	0.75	5.0
Σωλήνες κενού	0.45	1.25

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη συλλεκτών [3]



Σχήμα 3.6: Καμπύλες απόδοσης διάφορων τύπων επίπεδων συλλεκτών [3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΡΜΑΝΣΗ

4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Ο βασικός σκοπός μιας εγκατάστασης θέρμανσης, είναι να μην επιτρέπει στη θερμοκρασία ενός χώρου να κατεβαίνει κάτω από μία ελάχιστη τιμή. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η εγκατάσταση θέρμανσης προσθέτει θερμότητα στο χώρο, όπου χρειάζεται. Η θερμότητα αυτή παράγεται είτε τοπικά μέσα στο χώρο είτε κεντρικά κάπου μακριά από το χώρο και μεταφέρεται σε αυτόν με ένα δίκτυο μεταφοράς.

4.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η κατάταξη των εγκαταστάσεων θέρμανσης γίνεται σύμφωνα με:

i. τη θέση της εστίας σε τοπική, κεντρική και κεντρική θέρμανση πόλης,

ii. το καύσιμο σε θερμάνσεις αερίων καυσίμων, στερεών καυσίμων, πετρελαίου και ηλεκτρικές,

iii. τον φορέα της θερμότητας σε θερμού και υπέρθερμου νερού, ατμού και αέρα,

iv. τον τρόπο απόδοσης της θερμότητας σε θερμάνσεις με μεταβίβαση, με ακτινοβολία, με αέρα καθώς και συνδυασμοί των παραπάνω τρόπων.

Στις τοπικές θερμάνσεις η εστία βρίσκεται στον χώρο που θερμαίνει (τζάκι, ηλεκτρικές και σιδερένιες θερμάστρες). Στις κεντρικές θερμάνσεις υπάρχει μία μόνο μονάδα παραγωγής θερμότητας (λέβητας) για όλους τους χώρους του κτιρίου, και βρίσκεται εκτός του θερμαινόμενου χώρου. Ακόμα υπάρχει ένας ενδιάμεσος φορέας της θερμότητας ο οποίος μεταφέρει τη θερμότητα που παράγεται στην εστία, στους χώρους που πρόκειται να θερμανθούν. Σαν φορέας θερμότητας χρησιμοποιείται νερό, ατμός ή αέρας. Τέλος στην κεντρική θέρμανση πόλης υπάρχει μόνο μια κεντρική εγκατάσταση παραγωγής θερμότητας για ένα μικρό ή μεγάλο συγκρότημα κτιρίων ή και μιας συνοικίας. Η θερμότητα μεταφέρεται με σωληνώσεις προς τα επιμέρους θερμαινόμενα κτίρια.

4.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Η αισθητή θερμοκρασία (μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα και της θερμοκρασίας των τοιχωμάτων) στον θερμαινόμενο χώρο πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφη και κατά την κατακόρυφη και κατά την οριζόντια διεύθυνση, περίπου 20°C έως 23°C, ανάλογα το χώρο. Στην περίπτωση αυτή αποκαθίσταται μια διαρκής θερμική ισορροπία μεταξύ της θερμότητας που παράγει ο άνθρωπος και της θερμότητας που απάγεται από αυτόν προς το περιβάλλον.

Η θέρμανση πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη, δηλαδή πρέπει η αισθητή θερμοκρασία να μπορεί να μεταβάλλεται σε ορισμένα όρια, ανάλογα με την επιθυμία οποιουδήποτε. Στην περίπτωση αυτή η ρύθμιση πρέπει να έχει μικρή αδράνεια, δηλαδή να γίνεται γρήγορα. Μεγάλη σημασία έχει να ζεσταίνεται ο χώρος σε μικρό διάστημα.

Δεν πρέπει με τη θέρμανση να πέφτει η ποιότητα του αέρα του χώρου και κυρίως δεν πρέπει να παράγεται αισθητή ποσότητα σκόνης, βλαβερών αερίων και ατμών. Επίσης δεν πρέπει να εμφανίζονται ενοχλητικοί θόρυβοι και «ρεύματα» αέρα. Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της θέρμανσης πρέπει να είναι μικρό.

Δεν υπάρχει ακόμη θέρμανση που να εκπληρώνει όλες τις παραπάνω απαιτήσεις στον ίδιο βαθμό. Όλες οι θερμάνσεις, από την ανοικτή εστία μέχρι τις

σύγχρονες θερμάνσεις ακτινοβολίας έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η εκλογή του είδους της θέρμανσης στην κάθε περίπτωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το είδος του κτιρίου, τη διάρκεια λειτουργίας, τον αριθμό και το είδος της ενδυμασίας των ατόμων που βρίσκονται στο κτίριο, το είδος του καυσίμου, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας κ.ά..

Με τον τρόπο που προαναφέρθηκε μπορούν να μηδενιστούν οι εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων σε μια κατοικία τετραμελούς οικογένειας στη Κρήτη, με την χρήση μόνο ηλιακής ενέργειας και βιομάζας (που θεωρούνται ότι δεν εκπέμπουν CO₂ στην ατμόσφαιρα).

4.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης ενός κτιρίου ή τμήματός του είναι το σύνολο των συσκευών, κατασκευών, μηχανισμών κλπ που παραλαμβάνουν θερμική ενέργεια από μια πηγή μέσω ενός φορέα μεταφοράς θερμότητας (θερμαντικού μέσου) και την κατανέμουν στους διάφορους χώρους του κτιρίου ή τμήματός του, προκειμένου να καλύψουν τις θερμικές απώλειες αυτών και να διατηρήσουν την θερμοκρασία τους σε επιθυμητά επίπεδα.

Η εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης περιλαμβάνει το σύστημα παραγωγής του θερμαντικού μέσου, το σύστημα διανομής και μεταφοράς του θερμαντικού μέσου, το σύστημα μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο και το σύστημα ελέγχου και αυτοματισμού της εγκατάστασης. Η εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης υπολογίζεται και κατασκευάζεται με τρόπο, ώστε να εξασφαλίζει την επιθυμητή θερμοκρασιακή άνεση στους επιμέρους χώρους του κτιρίου, την ασφάλεια των χρηστών και την οικονομική και απρόσκοπτη λειτουργία της.

Το σύστημα παραγωγής του θερμαντικού μέσου μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες συσκευές, διατάξεις, κατασκευές, μηχανισμούς κλπ που είναι απαραίτητες για την ανύψωση της θερμοκρασίας του θερμαντικού μέσου (θέρμανσή του) και συγκεκριμένα από το λέβητα, τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, τη δεξαμενή καυσίμων, τις διατάξεις ασφαλείας, τις σωληνώσεις, την καπνοδόχο και τις τερματικές μονάδες. Η θέρμανση του μέσου μπορεί να γίνει είτε με άμεσο τρόπο με απευθείας πρόσδοση ενέργειας στο θερμαντικό μέσο, που προέρχεται από καύση σε εστία μιας καύσιμης ύλης από ηλεκτρική ενέργεια κλπ, είτε

με έμμεσο τρόπο, δηλαδή τη θέρμανσή του με ένα άλλο θερμαντικό μέσο υψηλότερης θερμοκρασίας (νερό, ατμό κλπ).

4.4.1 ΛΕΒΗΤΑΣ



Εικόνα 4.1 Λέβητες πετρελαίου και στερεών καυσίμων [20]

Για να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στους χώρους ενός κτιρίου, πρέπει να εξασφαλιστεί κατάλληλη πηγή θερμότητας και σύστημα μεταφοράς της στα κατάλληλα σημεία. Ο συνηθέστερος τρόπος παραγωγής θερμότητας είναι η καύση στερεών, υγρών ή αερίων καυσίμων στο λέβητα κάθε εγκατάστασης.

Οι λέβητες των κεντρικών θερμάνσεων που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις τις οποίες καλύπτει η Τ.Ο.ΤΕΕ 2421/2 προορίζονται για τη θέρμανση νερού μέχρι θερμοκρασίας 110°C και πίεση λειτουργίας μέχρι 6 bar. Για δίκτυα που λειτουργούν με ατμό ή υψηλότερες θερμοκρασίες ή πιέσεις, πρέπει να γίνονται ειδικές αναφορές σε αυστηρότερους κανονισμούς και τεχνικές προδιαγραφές. Ο τύπος του λέβητα που χρησιμοποιείται καθορίζεται κυρίως από την απαιτούμενη θερμοκρασία και πίεση του παραγόμενου ατμού ή νερού.

Η πιο διαδεδομένη σχεδίαση είναι ο λέβητας φλογοσωληνών ή κυβελωτός, όπου τα καυσαέρια διέρχονται μέσω συστοιχίας σωληνών προσαρμοσμένων στο κύριο σώμα του λέβητα. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται περυγιοφόροι σωλήνες για την αύξηση της επιφάνειας θερμικής συναλλαγής, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση και ελαχιστοποιώντας το μέγεθος των λέβητων. Αυτός ο τύπος λέβητα γενικά περιορίζεται μέχρι μια μέγιστη πίεση 25 bar και μέγιστη θερμοκρασία 300°C.

Πέρα από τα όρια αυτά συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται μονάδες υδροσωλήνων. Σε αυτόν τον τύπο λέβητα, οι σωλήνες περιέχουν το νερό και τα καυσαέρια διέρχονται γύρω από τους σωλήνες και μεταφέρουν τη θερμότητα από την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων προς το εσωτερικό.

Επίσης οι λέβητες διακρίνονται σύμφωνα με το υλικό κατασκευής τους σε χυτοσίδηρους (μαντεμένιους) και χαλύβδινους. Οι χυτοσίδηροι αντέχουν καλύτερα στη διάβρωση, μπορούν να επιδεχθούν προσθήκες στοιχείων και χρειάζονται μικρότερες ποσότητες νερού κατά τη λειτουργία τους. Οι χαλύβδινοι έχουν μικρό βάρος και αντέχουν καλύτερα στις πιέσεις και στις απότομες αλλαγές θερμοκρασίας. Οι διαστάσεις τους προσαρμόζονται καλύτερα στις διάφορες απαιτήσεις και έχουν χαμηλό κόστος.

Σε γενικές γραμμές επίσης, οι λέβητες μπορούν να καταταγούν ανάλογα με το μέγεθος τους, σε μικρούς, κανονικούς ή μεγάλου μεγέθους. Ανάλογα με την διαδικασία καύσης διακρίνονται σε λέβητες υπερκείμενης ζώνης καύσης και επιστρεφόμενης φλόγας και ως προς το είδος του καυσίμου σε λέβητες στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων. Ανάλογα με την μορφή θαλάμου καύσης διακρίνονται σε λέβητες διπλής, τριπλής και τετραπλής διαδρομής.

Ανάλογα με την θερμοκρασία εξόδου του νερού που προορίζεται για θέρμανση έχουμε λέβητες υψηλής θερμοκρασίας (80°C με 90°C) για συνηθισμένες εγκαταστάσεις κεντρικών θερμάνσεων και χαμηλών θερμοκρασιών (50°C με 60°C) για ενδοδαπέδια και επίτοιχα συστήματα θέρμανσης.

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά ενός λέβητα είναι τα παρακάτω :

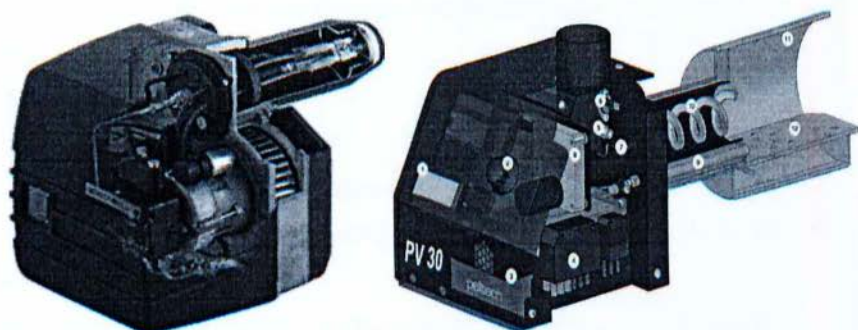
- Η θερμική ισχύς του σε Kcal/h, KW ή Btu/h. Διακρίνονται σε:
 - μικρούς, όταν η ισχύς είναι μέχρι 60KW (52.000Kcal/h)
 - μεσαίους, όταν η ισχύς είναι από 52.000 μέχρι 300.000Kcal/h
 - μεγάλους, όταν ισχύς υπερβαίνει τα 300.000Kcal/h
- Το είδος του καυσίμου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Ο βαθμός απόδοσης (πρέπει να είναι υψηλός).
- Οι διαστάσεις του (μήκος, πλάτος, ύψος).
- Ο αριθμός των διαδρόμων που κάνουν τα καυσαέρια.
- Η πίεση λειτουργίας.
- Η πίεση στον χώρο καύσης.

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή ενός λέβητα είναι:

- Το είδος του καυσίμου.

- Το κόστος αγοράς.
- Ο βαθμός απόδοσης.
- Η στάθμη θορύβου.
- Οι διαστάσεις.
- Η ποιότητα κατασκευής.
- Η τεχνική υποστήριξη.
- Το κόστος της τεχνικής υποστήριξης.
- Ευκολία καθαρισμού.

4.4.2 ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ



Εικόνα 4.2 Καυστήρες πετρελαίου και pellet αντίστοιχα [20]

Οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία και στις εγκαταστάσεις κεντρικών θερμάνσεων, πρέπει να εξασφαλίζουν οικονομική και ασφαλή λειτουργία, με ταυτόχρονη επιδίωξη την ελαχιστοποίησης ρύπανση του περιβάλλοντος.

Βασικά δεδομένα για την επιλογή του καυστήρα, είναι:

- Το είδος του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί.
- Η αναγκαία θερμική ισχύς.
- Η διαμόρφωση του φλογοθαλάμου.
- Η αντίθλιψη του λέβητα με τον οποίο θα συνεργαστεί.

Τα υλικά κατασκευής των καυστήρων, τα εξαρτήματα και τα όργανα με τα οποία συνδέονται, πρέπει να αντέχουν στις μηχανικές και στις θερμικές καταπονήσεις που είναι δυνατόν να υποστούν κατά την διάρκεια λειτουργίας τους. Τα κινούμενα μέρη του καυστήρα πρέπει να είναι προστατευμένα, ώστε να αποκλείεται ο κίνδυνος ατυχήματος. Σύμφωνα με την Τ.Ο.ΤΕΕ 2421, ο καυστήρας, σε συνεργασία με τον φλογοθάλαμο του λέβητα με τον οποίο θα συνδεθεί, πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη και

ασφαλή καύση του καυσίμου και να παρέχει την προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή ισχύ λειτουργίας και επίπεδο πίεσεως. Η κατασκευαστική διαμόρφωση του τμήματος συνδέσεως του καυστήρα πρέπει να εξασφαλίζει εύκολη προσαρμογή στον λέβητα και η θέση των σχετικών εξαρτημάτων του να συνδυάζεται απόλυτα με την κατασκευαστική διαμόρφωση του λέβητα.

Στην αγορά κυκλοφορεί μεγάλη ποικιλία καυστήρων, με χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με το καύσιμο για το οποίο προορίζονται, την διαδικασία της έναυσης και συντήρησης της φλόγας, τη μέθοδο ανάμιξης καυσίμου και αέρα κ.ά.

Συνεπώς η πρώτη βασική διάκριση των καυστήρων βασίζεται όπως προαναφέραμε στο είδος του καυσίμου για το οποίο προορίζεται:

- Καυστήρες κονιοποιημένων στερεών
- Καυστήρες υγρών καυσίμων
- Καυστήρες αερίων καυσίμων
- Μικτοί καυστήρες (υγρών και αερίων καυσίμων)

Άλλος διαχωρισμός των καυστήρων βασίζεται στο σύστημα διασκορπισμού του καυσίμου όπου αναφέρονται :

- Καυστήρες με μηχανικά σύστημα διασκορπισμού (για πετρέλαιο και μαζούτ)
- Καυστήρες με πνευματικό διασκορπισμό (μαζούτ)

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας διακρίνονται σε:

- Μονοβάθμιοι

Είναι οι καυστήρες που λειτουργούν με ένα μοναδικό σύστημα τροφοδοσίας και κατά συνέπεια η παροχή του ατμοσφαιρικού αέρα και του καυσίμου δεν αλλάζει κατά την διάρκεια της λειτουργίας του.

- Πολυβάθμιοι

Είναι οι καυστήρες που λειτουργούν με δύο ή περισσότερες συνθήκες τροφοδοσίας. Η αλλαγή από την μια κατάσταση τροφοδοσίας στην άλλη, μπορεί να γίνει αυτόματα ή χειροκίνητα.

- Αυτόματοι καυστήρες

Είναι οι καυστήρες που προορίζονται για λειτουργία σε συνθήκες που απαιτούν τροφοδοσία αυτόματα μεταβλητή, κατά τρόπο συνεχή.

Επίσης οι καυστήρες κατατάσσονται ανάλογα με τις συνθήκες πίεσεως στον φλογοθάλαμο των λεβήτων σε:

- Καυστήρες φυσικού ελκυσμού

Είναι οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές εγκαταστάσεις. Το καύσιμο προσάγεται χωρίς ιδιαίτερη πίεση και η καύση βασίζεται στη ροή που προκαλεί ο φυσικός ελκυσμός.

- Πιεστικοί καυστήρες

Είναι οι καυστήρες που προσάγουν το καύσιμο υπό πίεση, και συνήθως το εκτοξεύουν στον φλογοθάλαμο.

Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους συνιστάται η χρήση καυστήρων ελαφρού ακάθαρτου πετρελαίου και φυσικού αερίου. Στη χώρα μας χρησιμοποιούμε ως πετρέλαιο καύσης πετρέλαιο Diesel που είναι κλάσμα της αποστάξεως του αργού πετρελαίου. Η καύση του πετρελαίου πραγματοποιείται με φλόγα. Σαν φλόγα του πετρελαίου μπορούμε να ορίσουμε τον χώρο μέσα στον οποίο πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις της καύσης του κατά τις οποίες ελευθερώνεται θερμική, κινητική και ηχητική ενέργεια.

Οι διαφορές επί μέρους διεργασίες που αποτελούν την καύση του πετρελαίου, είναι κατά χρονική σειρά οι εξής:

- 1) Δημιουργία μίγματος καυσίμου και αέρα
- 2) Θέρμανση αυτού μέχρι της θερμοκρασίας εναύσεως
- 3) Έναυση στο μέτωπο της φλόγας
- 4) Διεργασίες οξειδώσεως
- 5) Απόδοση θερμότητας

Παρά τις σημαντικές διαφορές που μπορεί να εμφανίζουν στη μορφή τους οι καυστήρες των διαφόρων κατασκευαστών, υπάρχουν πολλά κοινά στοιχεία στον εξοπλισμό τους, τα οποία συναντώνται σε όλους ή σχεδόν σε όλους τους τύπους:

- Κέλυφος του καυστήρα (ή περίβλημα), το οποίο περιβάλλει όλα τα εξαρτήματα του καυστήρα.
- Άνοιγμα προσαγωγής αέρα με ρυθμιζόμενο διάφραγμα (ντάμπερ). Το διάφραγμα καθορίζει, σε κάποια όρια, την ποσότητα του προσαγόμενου αέρα.
- Ηλεκτρικός κινητήρας, ο οποίος συνδέει λειτουργικά τον άξονα του ανεμιστήρα με την αντλία καυσίμου.
- Ο ανεμιστήρας με κεκλιμένα πτερύγια, οποίος εξασφαλίζει την αναγκαία ροή του αέρα
- Ο ηλεκτρικός πίνακας αυτόματης λειτουργίας, οποίος περιλαμβάνει όλα τα όργανα (ρελέ, αντιστάσεις κ.λπ.), που ρυθμίζουν την λειτουργία του καυστήρα και την διακόπτουν σε περίπτωση έλλειψη φλόγας ή καυσίμου ή για άλλο λόγο.

- Ο μετασχηματιστής έναυσης, ο οποίος εξασφαλίζει την αναγκαία τάση (6.000V-10.000 V) για την δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα, μεταξύ δύο ηλεκτροδίων που βρίσκονται κοντά στο ακροφύσιο και είναι αναγκαία για την έναυση.
- Η αντλία καυσίμου, απορροφά το καύσιμο από την δεξαμενή και δια του ακροφυσίου διασκορπισμού το εκτινάσσει με πίεση. Η παροχή της αντλίας είναι πάντα μεγαλύτερη από εκείνη του ακροφυσίου και υπάρχει πρόβλεψη ώστε η περίσσεια να επιστρέφει στην δεξαμενή.
- Το ακροφύσιο διασκορπισμού (μπεκ), είναι το τμήμα του καυστήρα από το οποίο εξέρχεται το καύσιμο. Μετατρέπει την πίεση (δυναμική ενέργεια) σε κινητική ενέργεια, δηλαδή σε υψηλή ταχύτητα. Η διαμόρφωση του ακροφυσίου επιτρέπει στο καύσιμο τον διασκορπισμό του με την μορφή μικρών σταγονιδίων τον οποίο αναμιγνύονται με τον αέρα.
- Το φωτοκύτταρο εντοπισμού της φλόγας παρακολουθεί την εξέλιξη της καύσης και, όσο υπάρχει φλόγα, επιτρέπει τη ροή καυσίμου. Εάν η φλόγα εκλείψει, το φωτοκύτταρο επεμβαίνει στο ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα.
- Η κεφαλή καύσης πρέπει να εξασφαλίζει την πλήρη ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, τη σταθεροποίηση της φλόγας και γενικότερα την ικανοποιητική λειτουργίας της καύσης. Το σημαντικότερο στοιχείο της κεφαλής της καύσης είναι ο "σταθεροποιητής" ή δίσκο ανάμιξης. Αποτελείται από ένα χαλύβδινο δίσκο που διαθέτει ομόκεντρο στόμιο και σε διάφορες αποστάσεις από το κέντρο διάφορες οπές. Προκαλεί διαφοροποίηση της ταχύτητας ροής ποσοτήτων αέρα και υποβοηθάει την ανάμιξη με το καύσιμο.

Οι φάσεις λειτουργίας ενός καυστήρα είναι:

1. Ξεκίνημα του καυστήρα:

Αρχίζει η λειτουργία του ανεμιστήρα προσαγωγής αέρα και ανοίγει το σχετικό ρυθμιστικό διάφραγμα (ντάμπερ). Το καύσιμο, αφού διέλθει από κάποιο φίλτρο, οδηγείται απ' ευθείας στο ακροφύσιο ή πρώτα αναμιγνύεται με πρωτεύοντα αέρα.

2. Τελική ανάμιξη και εξαέρωση:

Το καύσιμο εκσφενδονίζεται με πίεση και με μορφή λεπτών σταγονιδίων στον χώρο καύσης και αναμιγνύεται πλήρως με στροβιλίζοντα αέρα.

3. Έναυση:

Ελάχιστα δευτερόλεπτα μετά την έναρξη ροής καυσίμου, ρεύμα υψηλής τάσης που προέρχεται από τον μετασχηματιστή προκαλεί στα ηλεκτρόδια ηλεκτρική εκκένωση (σπινθήρα), δια του οποίου επιτυγχάνεται η έναυση.

4. Διακοπή λειτουργίας:

Για την διακοπή λειτουργίας του καυστήρα πρέπει πρώτα να διακοπεί η ροή του καυσίμου και σχεδόν αμέσως μετά διακόπτετε η ροή του αέρα και κλείνει το σχετικό διάφραγμα (ντάμπερ).

4.4.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ



Εικόνα 4.3 Κυκλοφορητές [21]

Σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, οι κυκλοφορητές είναι αντλίες οι οποίες έχουν σκοπό τη βεβαιωμένη μεταφορά του ζεστού νερού από το λέβητα στις τερματικές μονάδες θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια θέρμανση κ.λπ.). Το μέγεθος τους εξαρτάται από την ποσότητα νερού που διακινούμε και τις αντιστάσεις του δικτύου. Ο κυκλοφορητής είναι αντλία φυγοκεντρικού τύπου και κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Συνήθως τοποθετούνται μέσα στο λεβητοστάσιο και κοντά στον λέβητα.

Η θερμική ενέργεια που παράγεται από το λέβητα έχει ως τελικό προορισμό τις τερματικές μονάδες θέρμανσης. Ως μεταφορικό μέσο της θερμότητας χρησιμοποιείται το νερό, ο ατμός ή ο αέρας. Στην οικιακή θέρμανση χρησιμοποιείται το νερό. Η διακίνηση του νερού μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε με φυσική κυκλοφορία είτε με κυκλοφορητές.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά επιλογής ενός κυκλοφορητή είναι:

1. Η παροχή Q , (m³/h)
2. Το μανομετρικό ύψος H (m.Υ.Σ)
3. Η διάμετρος των σωλήνων εισόδου και εξόδου
4. Η απαιτούμενη ισχύς του κινητήρα (Watt ή HP)

Για να προσδιοριστεί η παροχή του κυκλοφορητή, αρκεί να υπολογιστεί η απαραίτητη ποσότητα νερού που πρέπει να κυκλοφορεί στην εγκατάσταση, ώστε να καλύπτονται οι θερμικές απαιτήσεις της εγκατάστασης. Μπορεί να υπολογιστεί η απαραίτητη παροχή που πρέπει να έχει ο κυκλοφορητής από τη σχέση:

$$G_K = \frac{\dot{Q}_\lambda}{\Delta T_w} \quad (4.1)$$

Όπου,

G_K : η παροχή νερού σε L/h,

\dot{Q}_λ : η θερμική ισχύς του λέβητα σε Kcal/h,

ΔT_w : είναι η διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου του νερού από το λέβητα σε K (για μονοσωλήνιο σύστημα θέρμανσης παίρνει τιμή 15). Όμως για απλές εγκαταστάσεις μπορούμε να υπολογίσουμε την παροχή του κυκλοφορητή με βάση την παραδοχή ότι κάθε κυβικό μέτρο νερού αποδίδει στους θερμαινόμενους χώρους 15.000Kcal/h.

Για τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους χρησιμοποιείται το μέγεθος των τριβών της εγκατάστασης. Στις τριβές αυτές για τον κυκλοφορητή δίνεται προσαύξηση 15%, δηλαδή προκύπτει:

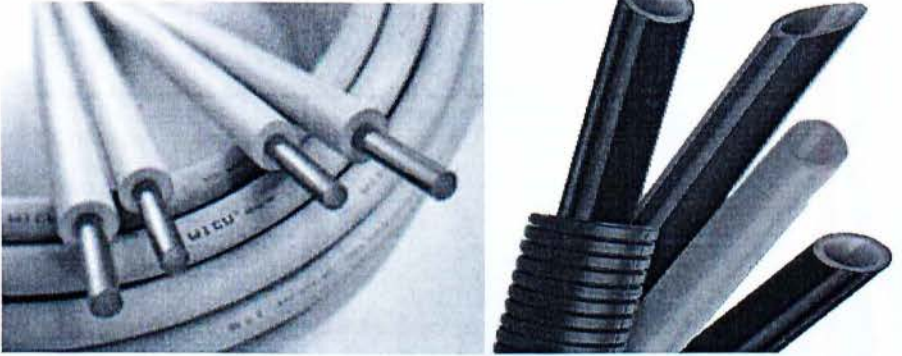
$$H_K = H_{o\lambda} \cdot 1.15 \quad (4.2)$$

Όταν έχουν υπολογιστεί η παροχή και το μανομετρικό ύψος είναι εύκολο να προσδιοριστεί η απορροφούμενη ισχύς του κυκλοφορητή, από τη σχέση:

$$N_K = \frac{H_K \cdot G_K}{75 \cdot \eta} \quad (4.3)$$

Όπου η είναι ο βαθμός απόδοσης του κυκλοφορητή.

4.4.4 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ



Εικόνα 4.4 Σωληνώσεις [27]

Η μεταφορά του νερού από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και η επιστροφή του πίσω στο λέβητα επιτυγχάνεται μέσω του δικτύου σωληνώσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τρία είδη σωλήνων:

- Χαλκοσωλήνες,
- χαλυβδοσωλήνες και
- πλαστικοί σωλήνες.

Οι χαλκοσωλήνες είναι οι πιο διαδεδομένοι σήμερα. Οι πλαστικοί χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ενώ οι χαλυβδοσωλήνες δεν χρησιμοποιούνται πλέον σε μικρές οικιακές εγκαταστάσεις.

Οι χαλκοσωλήνες που κυκλοφορούν στο ελεύθερο εμπόριο τους βρίσκουμε είτε εύκαμπτους σε κουλούρες είτε σκληρούς σε ράβδους. Σε κουλούρες βέβαια τους βρίσκουμε μόνο σε διαμέτρους μικρότερες από 22 mm. Επίσης κυκλοφορούν πολλοί τύποι πλαστικών σωλήνων όπως:

- 1) Σωλήνες από PVC (πολυβινυλωρίδιο) σκληροί
- 2) Σωλήνες από PE-HD (υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο)
- 3) Σωλήνες από VPE (δικτυωμένο πολυαιθυλένιο)
- 4) Σωλήνες από PP (πολυπροπυλένιο) σκληροί
- 5) Σωλήνες από PVC-C (χλωριωμένο πολυβινυλωρίδιο)
- 6) Σωλήνες από PB (πολυβουτένιο)

Τα προτερήματα των πλαστικών σωλήνων έναντι των χαλυβδοσωλήνων είναι:

- ✓ Ανθεκτικοί στις διαβρώσεις
- ✓ Εύκολη μετατόπιση, ιδιαίτερα σε μεγάλα μήκη
- ✓ Λεία επιφάνεια

- ✓ Καλή εμφάνιση
- ✓ Ακίνδυνοι από πλευράς υγιεινής
- ✓ Έλλειψη θορύβων

Τα μειονεκτήματα των πλαστικών σωλήνων είναι:

- * Μεγάλη τάνυση
- * Ευπάθεια στη θερμοκρασία
- * Ευπάθεια σε κτυπήματα
- * Μειωμένη αντοχή

Τα πλεονεκτήματα των εγκαταστάσεων με χαλκοσωλήνες είναι:

- ✓ Μεγάλη αντοχή σε διάβρωση
- ✓ Μικρό βάρος
- ✓ Εύκολη εγκατάσταση
- ✓ Μικρή αντίσταση τριβής
- ✓ Μικρή θερμοχωρητικότητα και έτσι ταχεία θέρμανση του νερού σε παρασκευαστήρες θερμού νερού

Είναι πολύ σημαντικό να γίνεται σωστή και λεπτομερής μελέτη των σωληνώσεων που πρόκειται να εγκατασταθούν, ώστε το σύστημα θέρμανσης να αποδίδει στη μέγιστη ζήτηση. Ο στόχος υπολογισμού του δικτύου σωληνώσεων είναι διπλός:

- Να καθορισθούν οι διατομές (οι διάμετροι) του δικτύου των σωληνώσεων ώστε οι ταχύτητες του νερού μέσα σ' αυτές να βρίσκονται σε επιθυμητά όρια (συνήθως όχι μεγαλύτερες από 1 m/s), ανάλογα με το μεταφερόμενο θερμικό φορτίο.
- Να υπολογισθούν οι πτώσεις πύεσης λόγω τριβών τόσο στις σωληνώσεις όσο και στα λοιπά στοιχεία του δικτύου, όπως θερμαντικά σώματα, διακόπτες, καμπύλες, γωνίες κλπ. Έτσι είναι δυνατό να επιλεγεί κυκλοφορητής, ώστε να υπερκαλύπτει τις παραπάνω απώλειες.

Το δίκτυο σωληνώσεων μιας κεντρικής θέρμανσης χωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

- Δισωλήνιο σύστημα
- Μονοσωλήνιο σύστημα
- Ακτινωτό σύστημα

Στο δισωλήνιο σύστημα απαιτούνται δύο σωλήνες ξεχωριστοί για την τροφοδοσία κάθε συστήματος (προσαγωγή-επιστροφή). Συνήθως, αυτό το σύστημα στη φυσιολογική του μορφή αποτελείται από ένα οριζόντιο δίκτυο σωληνώσεων

(διπλών) , το οποίο εκτείνεται από το λεβητοστάσιο ως τα άκρα της πλάκας της οικοδομής και συνεχίζει κατακόρυφο πλέον, με μορφή στηλών και τροφοδοτεί τα σώματα των ορόφων.

Γενικά σε ένα δισωλήνιο σύστημα έχουμε πολλές στήλες (διπλές), οι οποίες βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση μεταξύ τους , ενώ σε κάθε στήλη έχουμε πολλά σώματα, που βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση μεταξύ τους. Αυτό είναι και το βασικό χαρακτηριστικό του δισωλήνιου συστήματος θέρμανσης.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό του είναι ότι λόγω της παράλληλης σύνδεσης των στηλών και των σωμάτων έχουμε θεωρητικά ίδια θερμοκρασία σε όλα τα σώματα , όταν φυσικά είναι μονωμένες οι σωληνώσεις σε όλη τους τη διαδρομή.

Ένα τρίτο χαρακτηριστικό αφορά την ταχύτητα του νερού στο δισωλήνιο, η οποία είναι χαμηλή και δεν πρέπει να ξεπεράσει τα 0,6m/sec. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη σχετικά άγρια εσωτερική επιφάνεια των συμβατικών σωλήνων που συνήθως χρησιμοποιούνται σε αυτό το σύστημα.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτό του συστήματος είναι:

- Μεγάλο κόστος εργατικών
- Αντισταθμιστικότητα χώρων
- Προσάρτηση της θέσης του σώματος από τη θέση της στήλης που το τροφοδοτεί
- Χαμηλή ταχύτητα νερού
- Απαιτήση κλίση στις οριζόντιες διαδρομές
- Πολλές συνδέσεις σωλήνων (άρα και πολλές πιθανότητες διαρροών)
- Λόγω παλαιότητας συστήματος, στις περισσότερες εγκαταστάσεις δεν υπάρχουν αυτονομίες.

Υπάρχει βέβαια, και το δισωλήνιο σύστημα που είναι γνωστό στην πράξη με το όνομα ομπρέλα. Το σύστημα αυτό συνήθως απευθύνεται σε οικοδομές έτοιμες ή σε σπίτια που ήδη κατοικούνται, όπου δεν έχει γίνει πρόβλεψη για κεντρική θέρμανση και θέλουμε να τα θερμάνουμε εκ των υστέρων. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα οριζόντιο δίκτυο σωληνώσεων (διπλών), το οποίο απλώνεται στη συμβολή των κατακόρυφων τοίχων με την οροφή και πριν από κάθε σώμα δημιουργείται κατακόρυφη διακλάδωση που έχει κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω για την τροφοδοσία του σώματος.

Στο μονοσωλήνιο σύστημα υπάρχει μία κεντρική στήλη (ζεύγος σωλήνων προσαγωγής -επιστροφής) που ξεκινά από το λεβητοστάσιο και με κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω, τροφοδοτεί τον συλλέκτη προσαγωγής με ζεστό νερό από τον

λέβητα και παραλαμβάνει από τον συλλέκτη επιστροφής νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας ($\Delta T=20^{\circ}\text{C}$), που έχει κάνει τη διαδρομή του στα θερμαντικά σώματα του σπιτιού, και το επιστρέφει στον λέβητα.

Το μονοσωλήνιο σύστημα χαρακτηρίζεται από κυκλώματα -βρόγχους μέχρι τρία ή τέσσερα θερμαντικά σώματα το καθένα. Από τον συλλέκτη προσαγωγής ξεκινάει ένας σωλήνας με προορισμό το πρώτο σώμα. Εκεί, ο διακόπτης του πρώτου σώματος στέλνει μία ποσότητα του νερού στο σώμα (όπου περνώντας μέσα από τις πτυχώσεις του, αποδίδεται σε θερμότητα στο περιβάλλον). Την υπόλοιπη ποσότητα ζεστού νερού, αφού αναμιχθεί με το νερό επιστροφής του πρώτου σώματος, την κάνει bypass κατευθείαν στο επόμενο σώμα. Δηλαδή, οι 2 ποσότητες νερού, η μία με θερμοκρασία περίπου ίση με της κεντρικής στήλης και η άλλη μειωμένη εξαιτίας της διέλευσης μέσα από το πρώτο σώμα κατευθύνονται στο δεύτερο σώμα, όπου γίνεται ακριβώς η ίδια διαδικασία μέχρι και το τελευταίο σώμα του συγκεκριμένου κυκλώματος, από το οποίο επιστρέφει το νερό στον συλλέκτη επιστροφής. Όπως καταλαβαίνουμε στο μονοσωλήνιο σύστημα, τα σώματα είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ότι τα σώματα που είναι δεύτερα, τρίτα και τελευταία στη σειρά σε ένα βρόγχο, πρέπει να προσαυξάνονται ως προς το μέγεθός τους για έχουν την επιθυμητή απόδοση, καθώς το νερό που φτάνει σε αυτά είναι χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι:

- ✓ Είναι δυνατή η παροχή ζεστού νερού κατά ορόφους ή διαμερίσματα ή ομάδες χώρων (λειτουργία ανά ζώνες), δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα αυτονομίας τους
- ✓ Λιγότερα περάσματα από πλάκες ορόφων
- ✓ Δεν υπάρχουν οι αντιαισθητικές στήλες θέρμανσης στους χώρους
- ✓ Εύκολη και ολιγοδάπανη πρόβλεψη για μελλοντική επέκταση του κτιρίου
- ✓ Μεγάλη ταχύτητα ροής του νερού
- ✓ Εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση
- ✓ Χαμηλό κόστος εγκατάστασης
- ✓ Δεν υπάρχει εξάρτηση της θέσης του σώματος από τη θέση κάποιας στήλης
- ✓ Δεν διέπεται η εγκατάσταση του μονοσωληνίου από αυστηρούς κανόνες όπως στο δισωλήνιο (κλίση σε οριζόντιες διαδρομές κλπ) με αποτέλεσμα να περιορίζεται στο ελάχιστο η πιθανότητα λαθών κατά την εγκατάσταση.
- ✓ Αν επιλεγεί πλαστικός σωλήνας επενδεδυμένος με σπιράλ για την εγκατάσταση, εξασφαλίζονται επιπλέον πλεονεκτήματα όπως: μηχανική προστασία του εσωτερικού

σωλήνα, προστασία των πατωμάτων από τυχόν διαρροές νερού στον εσωτερικού σωλήνα (που σε αυτήν την περίπτωση εγκλωβίζεται μεταξύ εσωτερικού - εξωτερικού σωλήνα και το αντιλαμβανόμαστε πρόωρα, εφόσον η διαρροή εκδηλώνεται σε ορατό σημείο, εκτός πατώματος ή τοίχου), σε περίπτωση “τραυματισμού” ή αστοχίας του εσωτερικού σωλήνα είναι εύκολη η αντικατάστασή του εσωτερικού σωλήνα με οδηγό το σπιράλ (χωρίς να χρειαστεί να ξηλώσουμε πατώματα)

Τα μειονεκτήματα που έχει είναι:

- * Η θερμοκρασία του νερού από σώμα σε σώμα (στον ίδιο βρόγχο) μειώνεται ,με αποτέλεσμα να προσαυξάνεται η θερμαντική επιφάνεια των τελευταίων σωμάτων για να μπορεί να έχει την ίδια θερμική ισχύ.
- * Απαιτούνται ειδικοί διακόπτες για τα σώματα ,που να μπορούν να ρυθμίζονται έτσι, ώστε ένα ποσοστό του ζεστού νερού να το στέλνουν στο σώμα και το υπόλοιπο στο bypass. Όταν χρειαστεί να κλείσουν το σώμα ,να μην επηρεάζονται τα υπόλοιπα σώματα του βρόγχου. Οι διακόπτες αυτοί είναι ακριβότεροι από αυτούς του δισωληνίου συστήματος.
- * Είναι δύσκολη η εγκατάσταση σε τελειωμένο σπίτι.

Το ακτινωτό σύστημα αυτό είναι ένα σύστημα που έχει κοινά σημεία και με το δισωληνιο και με το μονοσωληνιο και ονομάζεται έτσι ,επειδή η σύνδεση των σωμάτων με την κεντρική στήλη γίνεται ακτινωτά.. Υπάρχει μία κεντρική στήλη με συλλέκτες διανομής νερού σε κάθε όροφο, όπως στο μονοσωληνιο με τη διαφορά ότι σε αυτό κάθε βρόγχος (κύκλωμα) τροφοδοτεί ένα μόνο σώμα. Τα σώματα σε αυτό το σύστημα έχουν θεωρητικά την ίδια θερμοκρασία και βέβαια, επειδή οι χρησιμοποιούμενοι σωλήνες τροφοδοσίας έχουν ιδιαίτερα λεία εσωτερική επιφάνεια, δίνουν τη δυνατότητα στο νερό να έχει ταχύτητα από 0,6-1,2m/sec. Στις οριζόντιες διαδρομές δεν απαιτούνται κλίσεις. Το σύστημα είναι σαν ένα δισωληνιο, το οποίο έχει μία μόνο κατακόρυφη στήλη .

Το βασικό του πλεονέκτημα είναι ότι συνδυάζει μεγάλη ταχύτητα νερού και σταθερή και υψηλή θερμοκρασία σωμάτων (δε χρειάζονται προσαυξήσεις στην επιφάνεια των σωμάτων).

Το βασικό του μειονέκτημα είναι ότι απαιτεί πολλά μέτρα σωλήνα (60-70% περισσότερα από το μονοσωληνιο), άρα και υψηλότερο κόστος κατασκευής.

4.4.5 ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ

Οι καπνοδόχοι χρησιμεύουν για την απόρριψη των καυσαερίων από την εστία του λέβητα στο περιβάλλον. Βασικά στοιχεία μιας καπνοδόχου είναι:

1. Η διατομή (ορθογωνική ή κυκλική).
2. Το ύψος (από την είσοδο του καπναγωγού μέχρι την κορυφή).
3. Το υλικό κατασκευής (μας ενδιαφέρουν η αντοχή και οι αντιστάσεις τριβής).

Η καπνοδόχος πρέπει να είναι θερμομονωμένη ή το υλικό κατασκευής της να είναι θερμομονωτικό. Η πορεία της πρέπει να είναι, κατά το δυνατόν, ευθύγραμμη και χωρίς αλλαγές στη διατομή. Διαφορετικά αυξάνουν σημαντικά οι αντιστάσεις ροής των καυσαερίων. Η μικρή διατομή δυσχεραίνει τη ροή των καυσαερίων και μειώνει την απόδοση του λέβητα. Η μεγάλη διατομή σε συνδυασμό και με την έλλειψη θερμομόνωσης ή τις χαμηλές θερμοκρασίες προκαλεί υγραποίηση των καυσαερίων σε θετικό οξύ, που διαβρώνει τον καπναγωγό και τους χαλύβδινους λέβητες. Μεγάλο οριζόντιο τμήμα, σε σύγκριση με το κατακόρυφο, μειώνει τον φυσικό ελκυσμό τους και πιθανόν να απαιτηθεί η τοποθέτηση ανεμιστήρα που θα διευκολύνει την απαγωγή των καυσαερίων. Οι καπνοδόχοι που τοποθετούνται στο εσωτερικό των κτιρίων πρέπει να ηχομονώνονται, να θερμομονώνονται και να μην πλησιάζουν πολύ ηλεκτρικά ή άλλα δίκτυα. Κάθε λέβητας πρέπει να έχει τη δική του καπνοδόχο. Κατ' εξαίρεση σε υφιστάμενα κτίρια πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ίδια καπνοδόχος για δύο λέβητες, υπό προϋποθέσεις (μηχανική απαγωγή καυσαερίων, επάρκεια διατομής κλπ). Η κατάληξη των καπνοδόχων στη στέγη πρέπει να γίνεται τουλάχιστον ένα μέτρο πάνω από το σημείο εξόδου της και 0,7 m πάνω από οποιαδήποτε ακμή του κτιρίου, που ευρίσκεται σε ακτίνα 1,5 m. Επίσης να απέχει τουλάχιστον 1,5m από υλικά που καίγονται. Σε περίπτωση που σε οριζόντια απόσταση μικρότερη των 10 m και ψηλότερα από την κατάληξη της καπνοδόχου ευρίσκονται παράθυρα ή πόρτες άλλων κτιρίων για να αποφεύγουμε την ενόχληση τους πρέπει να λάβουμε ειδικά μέτρα (π.χ. ανύψωση της καπνοδόχου).

Ο καπναγωγός κατασκευάζεται από υλικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες (άνω των 3000°C) και στη διάβρωση. Αν το υλικό του καπναγωγού είναι χάλυβας, τότε το πάχος των τοιχωμάτων πρέπει να είναι τουλάχιστον 3mm.

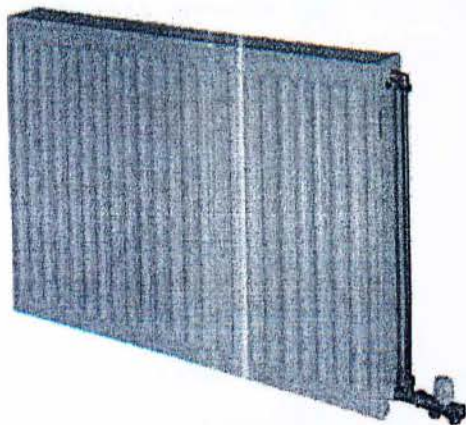
Οι καπναγωγοί πρέπει να έχουν ανοδική κλίση από τον λέβητα προς την καπνοδόχο, τουλάχιστον 15%, και διατομή 20% μεγαλύτερη από την καπνοδόχο του λέβητα. Στην βάση της καμινάδας να προβλέπεται άνοιγμα καθαρισμού. Ο καπναγωγός συνδέεται με την καμινάδα, σε ύψος που εξαρτάται από τον λέβητα,

χωρίς να εισέρχεται σ' αυτήν. Οι συνδέσεις του καπναγωγού με τον λέβητα και με την καμινάδα πρέπει να είναι αεροστεγείς για να μην έχουμε διαρροή καυσαερίων μέσα στο λεβητοστάσιο. Η καπνοδόχος πρέπει να στηρίζεται καλά στο δάπεδο και στο κτίριο, σε όλο το ύψος της.

4.4.6 ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

A) ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν τις τερματικές μονάδες ενός συστήματος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης μέσω των οποίων η θερμότητα που μεταφέρει το θερμαντικό ρευστό μεταδίδεται στους εσωτερικούς χώρους. Τα σώματα είναι συνήθως κατασκευασμένα από χάλυβα ή αλουμίνιο. Τα χυτοσίδηρα σώματα έχουν εγκαταλειφθεί σήμερα καθώς είναι πιο βαριά, και ενώ διατηρούν τη θερμοκρασία τους για πολλή ώρα αργούν να ζεσταθούν. Τα θερμαντικά σώματα διαθέτουν ειδικούς διακόπτες που επιτρέπουν την απομόνωσή τους προκειμένου να μην ξοδεύεται ενέργεια άσκοπα σε χώρους που δεν κατοικούνται. Διαθέτουν επίσης βαλβίδες εξαερισμού για την εξαέρωσή τους σε περιπτώσεις που συσσωρεύεται αέρας μη επιτρέποντας την ομαλή κυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό τους.

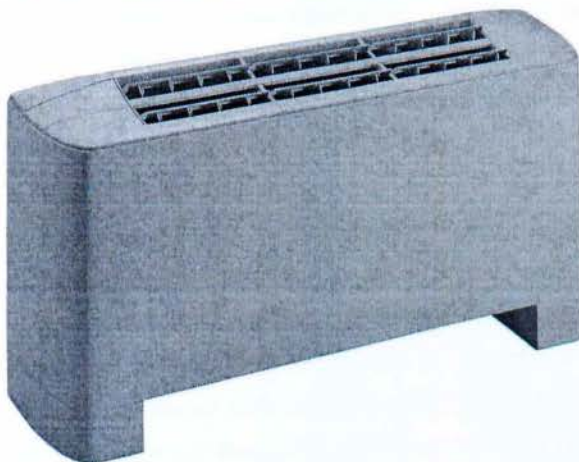


Εικόνα 4.5 Θερμαντικό σώμα πάνελ [20]

B) FANCOIL

Τα σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Fancoil), είναι ακόμα μία τερματική μονάδα, τα οποία μπορούν να θερμάνουν άμεσα ένα χώρο και σε συνδυασμό με τη χρήση κατάλληλων αεραγωγών καλύπτουν απαιτήσεις εξαερισμού. Στα συστήματα αυτά, μπορούν να εφαρμοστούν τόσο με συμβατικές μεθόδους

θέρμανσης και ψύξης όσο και με συστήματα που εκμεταλλεύονται τις ήπιες μορφές ενέργειας όπως ηλιακοί συλλέκτες, λέβητες βιομάζας, κλπ.



Εικόνα 4.6 Σώμα Fancoil [21]

Γ) ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης επιδιώκεται κατά το χειμώνα η δημιουργία κατάλληλων θερμοκρασιακών συνθηκών, ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή και υγιεινή διαμονή των ατόμων. Με τα ενδοδαπέδια συστήματα κεντρικής θέρμανσης στοχεύετε η δημιουργία ιδανικών συνθηκών επίσης σε τομείς όπως:

- Ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας.
- Καθαρότητα του αέρα στο θερμαινόμενο χώρο.
- Ελαχιστοποίηση καταλαμβανόμενου χώρου
- Μειωμένη ρύπανση του περιβάλλοντος
- Ευκολία στο χειρισμό
- Ικανοποίηση των θερμικών αναγκών σε ακραίες καιρικές συνθήκες
- Εναρμόνιση με την αρχιτεκτονική του χώρου

Τα συνδυασμένα συστήματα σχεδιάζονται για να δημιουργείται καλής ποιότητας θέρμανση με βάση την θερμοκρασία του αέρα, των επιφανειών και την υγρασία του αέρα και για το δυνατό καλύτερο οικονομοτεχνικό αποτέλεσμα.

Η θέρμανση δαπέδου μπορεί να εγκατασταθεί σαν κύρια μέθοδος θέρμανσης χώρου ή σε συνδυασμό με άλλους τρόπους θέρμανσης. Οι συνθετικοί σωλήνες με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες καλύπτονται τελείως από το δάπεδο και λειτουργούν

έτσι ώστε να γίνει ολόκληρη η επιφάνεια του δαπέδου επιφάνεια ακτινοβολίας με ζεστό νερό και σχετικά χαμηλή θερμοκρασία.

Τα πεδία χρήσης βρίσκονται στις στεγασμένες κατασκευές (κατοικίες, δημόσια κτίρια, σχολεία, νηπιαγωγεία, κλειστά γυμναστήρια, εκκλησίες, γηροκομεία, ξενοδοχεία, βιομηχανικές εγκαταστάσεις χώροι αποθήκευσης, χώροι παραγωγής κ.λπ.) και στις υπαίθριες κατασκευές (θέρμανση ελεύθερων επιφανειών για την απελευθέρωση από το χιόνι και τον πάγο, σε εισόδους γκαράζ, εξωτερικές σκάλες, χώρους στάθμευσης, εξέδρες στάθμευσης, πεδία τροχοδρόμησης αεροσκαφών).

Η θέρμανση δαπέδου τοποθετείται πριν από την επίστρωση με οποιοδήποτε υλικό του δαπέδου. Η επιφάνεια πρέπει να προετοιμαστεί κατάλληλα, ώστε να είναι λεία, χωρίς εξογκώματα και απόλυτα οριζοντιωμένη. Σε περίπτωση που δεν είναι οριζοντιωμένη, αυτό επιτυγχάνεται με γέμισμα, με ελαφρομεπετόν ή περλιτομεπετόν. Στη συνέχεια, τοποθετείται μονωτικό υλικό 2 έως 3cm και πάνω στο μονωτικό αυτό υλικό στρώνεται πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου με έτοιμα πλαστικά στηρίγματα για το σωλήνα κολλημένα πάνω του. Σε άλλες εκδόσεις χρησιμοποιείται κοινό μονωτικό φύλλο (για προστασία από υγρασία), πλέγμα στερέωσης (μεταλλικό ή πλαστικό) και πλαστικά κολάρα για δέσιμο του σωλήνα. Κατόπιν, στρώνεται ο σωλήνας με την διάταξη που ο μελετητής έχει επιλέξει με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι θερμικές απώλειες του χώρου. Αφού τελειώσει όλη η εγκατάσταση των σωλήνων, γίνεται έλεγχός τους υπό πίεση 6 bar και για 24 ώρες και στο τέλος καλύπτονται όλες οι σωληνώσεις με γαρμπιλόδεμα (θερμομεπετόν) πάχους περίπου 5cm. Μετά το στάδιο αυτό το δάπεδο είναι έτοιμο να δεχτεί την κάθε επιθυμητή επίστρωση.

Η ίδια μορφή δαπέδου, με διαφοροποίηση μόνο στην πυκνότητα των σωληνώσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη δημιουργία συστήματος ενδοδαπέδιου δροσισμού. Σε αυτά πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, όσον αφορά την ταχύτητα του νερού μέσα στο σωλήνα και στην αναπτυσσόμενη επιφανειακή θερμοκρασία του δαπέδου .

Το επίπεδο θερμοκρασίας του δαπέδου στις διατάξεις του ενδοδαπέδιου συστήματος ορίζεται με γνώμονα την υγιεινή συμπεριφορά του οργανισμού και τα όρια υγείας που τίθενται από την ιατρική κοινότητα, τα οποία πρέπει απαραίτητα να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή εγκαταστάσεων θέρμανσης δαπέδου. Στον παρακάτω πίνακα περιλαμβάνονται θερμοκρασίες που θεωρούνται ανώτατο όριο για τη δημιουργία συνθηκών άνεσης.

Είδος χώρου	Θερμοκρασία (°C)
Χώροι εργασίας όπου επικρατεί ως επί το πλείστον η όρθια στάση	27
Χώροι κατοικίας και γραφεία	29
Στόες, διάδρομοι και γραφεία	30
Λουτρά και κολυμβητήρια	33
Χώροι και περιοχές που χρησιμοποιούνται σπάνια (π.χ. περιμετρικές ζώνες)	35

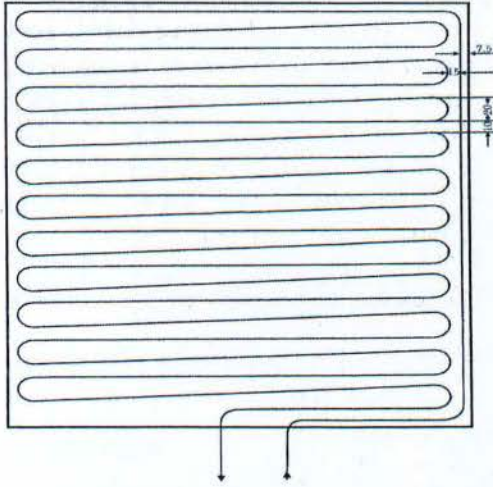
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Ανώτατα προτεινόμενα όρια θερμοκρασίας επιφανειών δαπέδων[22]

Εδώ κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι η χρήση της δαπεδοθέρμανσης δεν μπορεί να προκαλέσει βλάβη στα πόδια, επειδή η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής στους συλλέκτες είναι περίπου 40-50°C. Έτσι, επιτυγχάνεται θερμοκρασία στην επιφάνεια του δαπέδου 26-29°C. Για λόγους υγιεινής η θερμοκρασία του δαπέδου υπό συνεχή λειτουργία δεν πρέπει να ξεπερνά τους 28°C. Αυτό το όριο επιτρέπεται να φτάσει έως τους 33-35°C σε περιοχές όπου ο άνθρωπος περπατά ξυπόλυτος (πισίνες, λουτρά) και στέκεται για λίγο χρόνο είτε σε περιοχές όπου δεν μπορεί να σταθεί ο άνθρωπος, όπως κάτω από ένα κρεβάτι ή πολύ κοντά σε μπαλκονόπορτες. Το ανώτατο όριο της θερμοκρασίας προστατεύει, πέραν των άλλων, το χώρο και από τη συνεχή και επικίνδυνη κυκλοφορία της σκόνης, ιδιαίτερα της ελαφριάς αστικής που ευθύνεται για πλήθη αλλεργιών. Το επίπεδο κυκλοφορίας της σκόνης (ύψος αιώρησης) είναι άμεση συνάρτηση της θερμοκρασίας του δαπέδου και του περιβάλλοντος.

Κατά την επιλογή της πηγής θερμότητας δεν υφίσταται περιορισμός, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι σύγχρονες πηγές θερμότητας όπως λέβητες και ειδικά λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών, ηλιακοί συλλέκτες καθώς και αντλίες θερμότητας. Οι λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών είναι ιδανικοί για χρήση στην ενδοδαπέδια θέρμανση εφόσον υφίσταται συνεχής λειτουργία στο σύστημα και οι θερμοκρασίες στους σωλήνες του δαπέδου δεν υπερβαίνουν τα ανώτατα προτεινόμενα όρια θερμοκρασίας δαπέδων. Οι λέβητες αυτοί λόγω της συνεχούς λειτουργίας τους παρουσιάζουν χαρακτηριστικά υψηλόβαθμης απόδοσης και πολύ καλές συνθήκες καύσης.

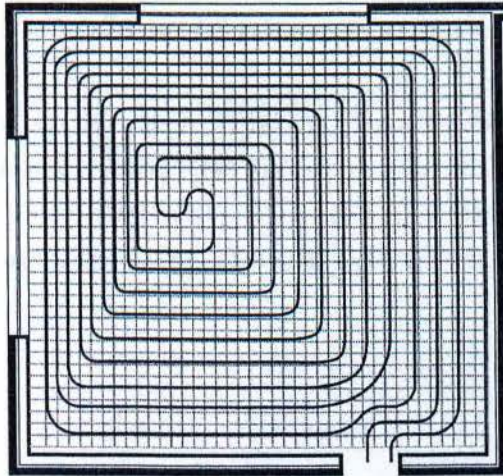
Στη θέρμανση δαπέδου με πλέγμα στερέωσης σωλήνων, η διάταξή τους μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους (σχήματα) τοποθέτησης, οι χαρακτηριστικότεροι των οποίων είναι:

- σχήμα μαιάνδρου



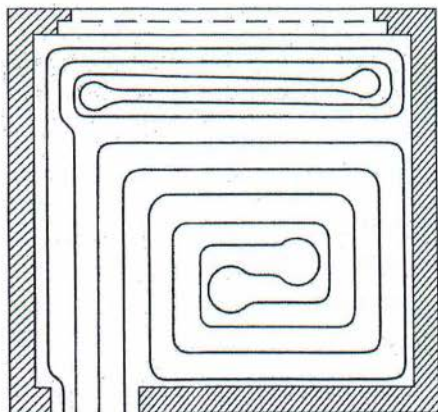
Σχήμα 4.1 Διάταξη μαιάνδρου [22]

- σχήμα δακτυλίου ή σαλίγκαρου



Σχήμα 4.2 Διάταξη σαλίγκαρου [22]

- με συνδυασμό δύο διαφορετικών κυκλωμάτων



Σχήμα 4.3 Συνδυασμός δύο κυκλωμάτων σε διάταξη σαλίγκαρου [22]

Για όλους τους τρόπους ισχύει:

- Όσο μικρότερο είναι το διάστημα μεταξύ των σωλήνων και όσο βαθύτερη η ενσωμάτωσή τους στη τσιμεντοκονία, τόσο πιο ομοιόμορφα κατανεμημένη είναι η επιφανειακή θερμοκρασία του δαπέδου.
- Οι μεγαλύτερες θερμικές ανάγκες στους εξωτερικούς τοίχους ή μπροστά από ανοίγματα καλύπτονται με ελαχιστοποίηση (ειδική τοπική διαμόρφωση) του διαστήματος μεταξύ των σωλήνων.
- Στην τοποθέτηση σωλήνων σε σχήμα μαιάνδρου οι επιφανειακές θερμοκρασίες δεν κατανέμονται ομοιόμορφα, αλλά μεταβάλλονται κατά το μήκος ανάπτυξης του μαιάνδρου.
- Η διάταξη σωλήνων σε σχήμα σαλίγκαρου δίνει κατά μέσο όρο πιο ομοιόμορφες επιφανειακές θερμοκρασίες.

Κατά τη μελέτη της ενδοδαπέδιας θέρμανσης ο μελετητής είναι απαραίτητο να εκτελέσει δύο εργασίες. Πρώτον να βρει και να αποφασίσει ποιοτικά τη γενική μορφή της λύσης, που θα εφαρμοσθεί, και να προσδιορίσει τις διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Δεύτερον να υπολογίσει τα διάφορα μεγέθη που είναι αναγκαία στην κατασκευή του συστήματος της θέρμανσης δαπέδου. Δηλαδή ο μελετητής καταρχήν πρέπει ν' αποφασίσει τη θέση των διανομέων, την κατανομή των κυκλωμάτων της θέρμανσης δαπέδου και έχοντας υπόψη την κατανομή των απωλειών, θα προβλέψει τη δημιουργία ζωνών υψηλής θερμικής απόδοσης. Πού θα

τοποθετηθούν οι αρμοί διαστολής του δαπέδου, ποιοι αυτοματισμοί θα χρησιμοποιηθούν για τη σωστή λειτουργία του συστήματος και πώς θα συμβιβαστεί, στο δεδομένο για θέρμανση δαπέδου χώρο, το σύστημα με τις υπόλοιπες προβλεπόμενες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (σωληνώσεις ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρικά δίκτυα κλπ.). Οι παραπάνω επιμέρους αποφάσεις, που συνθέτουν την ποιοτική λύση του προβλήματος μελέτης της θέρμανσης δαπέδου περιλαμβάνονται στις δυνατότητες του μελετητή-εγκαταστάτη συστημάτων θέρμανσης γενικά. Η μόνη ιδιομορφία στην περίπτωση της θέρμανσης δαπέδου είναι η απόφαση για τη θέση των αρμών διαστολής, η οποία μεθοδεύεται με βάση τους ακόλουθους κανόνες:

1. Περιμετρικά σ' όλους τους χώρους κατασκευάζεται αρμός διαστολής κάθε οικοδομικό στοιχείο μέσα στο χώρο (π.χ. μια κολώνα) περιβάλλεται με αρμό διαστολής, ώστε σε συνδυασμό με τον προηγούμενο κανόνα, το θερμομοπετόν που θα χυτευθεί, να μην ακουμπά σε ακίνητο οικοδομικό στοιχείο, παρά μόνο με τη μεσολάβηση αρμού διαστολής.
2. Με τους περιμετρικούς αρμούς, αλλά και με πρόσθετους ενδιάμεσους αρμούς, το θερμαινόμενο (διαστελλόμενο και συστελλόμενο) δάπεδο τεμαχίζεται σε ορθογώνια κατά προτίμηση τμήματα, εμβαδού της τάξης των 40m^2 και σχέσης μήκους πλευρών περίπου 1:2.

4.4.7 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

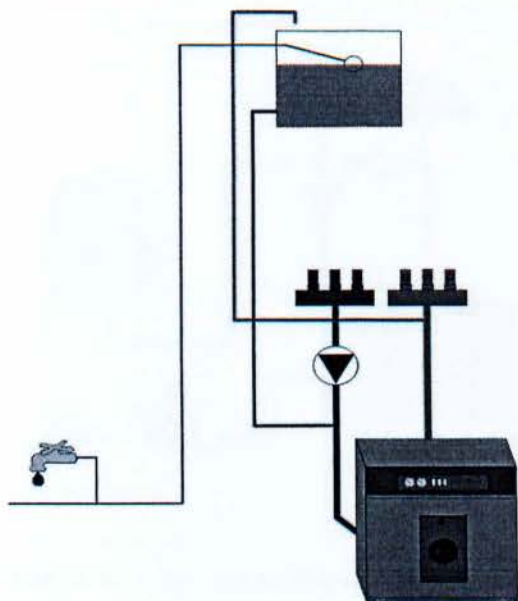
Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης αποτελεί ένα κλειστό σύστημα, που είναι πάντα γεμάτο με νερό και τούτο, γιατί η έλλειψη νερού από την εγκατάσταση δημιουργεί προβλήματα τόσο από άποψη μεταφοράς θερμότητας όσο και από άποψη αντοχής της στο χρόνο λόγω υπερθερμάνσεων. Η επιθυμία κατά την κατασκευή είναι να μη συγκρατείται αέρας σε κανένα σημείο του κυκλώματος νερού και τούτο, γιατί η ύπαρξη του αέρα διαβρώνει (οξειδώνει) τα στοιχεία και τους σωλήνες της εγκατάστασης. Επίσης, ο εγκλωβισμένος αέρας σε διάφορα σημεία, λόγω της ελαστικότητάς του στις πιέσεις που του ασκούνται, λειτουργεί σαν ελατήριο και δεν επιτρέπει την κυκλοφορία του νερού. Είναι λοιπόν αναγκαία η πρόβλεψη τρόπων διαφυγής του αέρα από τα κυκλώματα νερού, καθώς και η αποφυγή μορφών εγκατάστασης που έχουν σημεία όπου μπορεί να εγκλωβιστεί ο αέρας, που τυχόν θα διεισδύσει σ' αυτά, όπως λ.χ. μεγάλα οριζόντια τμήματα. Σε οριζόντια εκτεταμένα δίκτυα προβλέπονται ειδικά σημεία εγκλωβισμού του αέρα, στα οποία τοποθετούνται

αυτόματα εξαεριστικά για τη διαφυγή του αέρα. Τα οριζόντια τμήματα πρέπει να έχουν κλίση τουλάχιστον 5 ως 15% για να παρουσιάζουν ασφάλεια ως προς αποφυγή εγκλωβισμού αέρα. Στην άκρη κάθε κατακόρυφης στήλης πρέπει να τοποθετούνται πάντα αυτόματα εξαεριστικά, που διώχνουν τις ποσότητες αέρα που με οποιοδήποτε τρόπο έχουν διεισδύσει στην εγκατάσταση, καθώς και σε κάθε άλλο σημείο της που είναι ικανό να συγκρατήσει ποσότητα αέρα, όπως τα σώματα κ.λπ..

Το νερό των κυκλωμάτων υπόκειται, κατά τη λειτουργία, θερμική διεργασία και από χαμηλές θερμοκρασίες φθάνει σε υψηλές. Η διεργασία αυτή δημιουργεί διαστολές που λόγω της ύπαρξης κλειστού κυκλώματος δημιουργούν υπερπίεση για την εγκατάσταση. Πρέπει λοιπόν να προβλεφθεί σύστημα διαφυγής του επιπλέον όγκου νερού τη στιγμή της διαστολής του, το οποίο όμως να επανέρχεται, όταν η εγκατάσταση σταματήσει και το νερό ανακτήσει την αρχική του θερμοκρασία. Δεν είναι ορθή η αναζήτηση νέας ποσότητας νερού από το δίκτυο για τη συμπλήρωση της εγκατάστασης, γιατί αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη συχνή συμπλήρωσή της με άλατα και άλλα διαβρωτικά στοιχεία που περιέχει το νερό του δικτύου, με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας ζωής της. Ο χώρος όπου εκτονώνεται ο επιπλέον όγκος νερού, ονομάζεται δοχείο διαστολής και είναι το πλέον απαραίτητο σύστημα ασφάλειας της εγκατάστασης. Υπάρχουν δύο ειδών δοχεία διαστολής, το ανοιχτό και το κλειστό. Ο κάθε τύπος έχει το δικό του τρόπο υπολογισμού και διαφορετικό τρόπο τοποθέτησης στην εγκατάσταση. Η επιλογή του τύπου του δοχείου διαστολής είναι σε εξάρτηση με την ποιότητα της εγκατάστασης και την οικονομικότητα, που δημιουργείται από τη χρήση του ενός ή του άλλου τύπου. Τελευταία, το δοχείο κλειστού τύπου είναι αυτό που χρησιμοποιείται. Αυτό οφείλεται στο ότι στο δοχείο ανοιχτού τύπου πραγματοποιείται συχνότερη ανανέωση νερού της εγκατάστασης και συχνότερη συγκέντρωση αέρα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ανάγκη συχνής εξαέρωσης της εγκατάστασης και οι μεγαλύτερες πιθανότητες διάβρωσης των εξαρτημάτων της.

Τα δοχεία διαστολής ανοιχτού τύπου έχουν αρχίσει να αποσύρονται και συναντώνται μόνο σε παλιές εγκαταστάσεις. Αυτός ο τύπος αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από χαλύβδινο έλασμα (λαμαρίνα), συνήθως ορθογωνικής διαμόρφωσης, ανοικτό από πάνω και μέσα περιέχει σύστημα σταθερής στάθμης (φλοτέρ), ώστε να περιέχει μόνιμα τη ποσότητα νερού που είναι απαραίτητη για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης. Ο όγκος του είναι ικανός να παραλάβει την

ποσότητα του νερού που διαστέλλεται στην εγκατάσταση κατά τη λειτουργία και να την επιστρέψει σ' αυτή, όταν τη χρειαστεί.



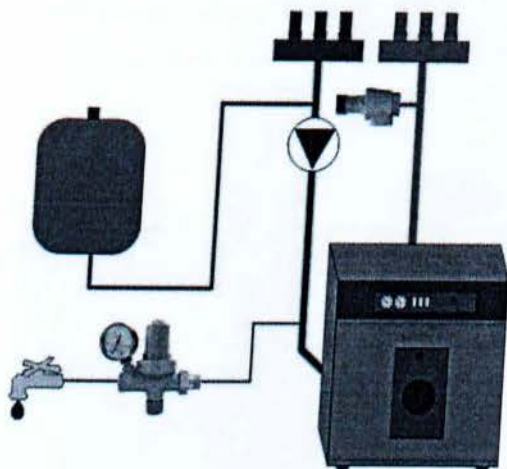
ΕΙΚΟΝΑ 4.7 Δοχείο διαστολής ανοικτού τύπου [23]

Το δοχείο διαστολής ανοικτού τύπου τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του κτιρίου, αν αυτό αρκεί στη διατήρηση πίεσης μεγαλύτερης από αυτή του κυκλοφορητή. Σε άλλη περίπτωση, είναι αναγκαία ειδική κατασκευή για την τοποθέτησή του σε ακόμη υψηλότερη θέση. Η σύνδεση του ανοικτού δοχείου διαστολής στην εγκατάσταση γίνεται με δυο σωλήνες. Ο ένας είναι για τη συμπλήρωση και ο άλλος, από τον οποίο διέρχεται το νερό των διαστολών, για την ασφάλεια. Το δοχείο συνδέεται με το δίκτυο πόλης (αυτόματη πλήρωση της εγκατάστασης, φλοτέρ) που συμπληρώνει νερό στην εγκατάσταση, όταν αυτό χρειαστεί, έτσι ώστε να ασφαλιζεται αυτή από τυχόν έλλειψη νερού. Έτσι, προκύπτει μια μόνιμη στάθμη νερού που είναι πάντα ικανό να τροφοδοτεί και να συμπληρώνει κάθε διαρροή. Η εκλογή του δοχείου διαστολής ανοικτού τύπου έγκειται στον υπολογισμό του ελάχιστου όγκου που πρέπει να έχει αυτό, καθώς και στον υπολογισμό των διατομών των σωλήνων, ασφάλειας και συμπλήρωσης.

Για τον υπολογισμό του κατάλληλου δοχείου διαστολής κλειστού τύπου λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

- α. Η περιεκτικότητα σε νερό της εγκατάστασης.
- β. Η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής.

- γ. Η θερμοκρασία του νερού επιστροφής.
- δ. Το στατικό ύψος της εγκατάστασης.
- ε. Το τελικό ή ολικό ύψος της εγκατάστασης (μέγιστη πίεση λειτουργίας).



ΕΙΚΟΝΑ 4.8 Δοχείο διαστολής κλειστού τύπου [23]



ΣΧΗΜΑ 4.6 Θέση μεμβράνης εντός του δοχείου διαστολής [23]

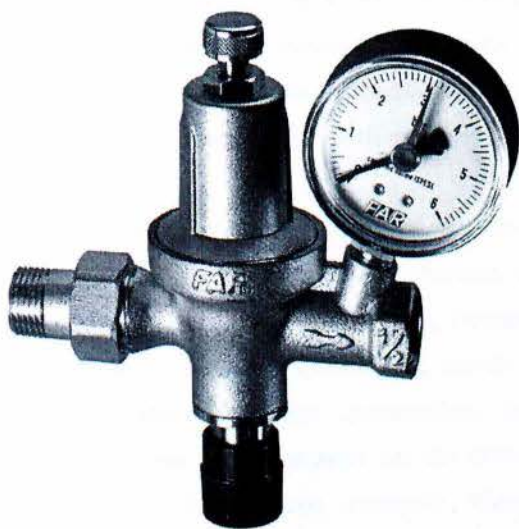
Τα κλειστά δοχεία διαστολής παραλαμβάνονται από το εργοστάσιο κατασκευής με πίεση αζώτου (ή αέρα) 1,5 bar. Αυτή η πίεση αντιστοιχεί σε στατικό ύψος εγκατάστασης περίπου 15 mH₂O. Αν το στατικό ύψος είναι διαφορετικό από 15 mH₂O, τότε πρέπει να προστεθεί αέριο ή να αφαιρεθεί αντίστοιχα, ώστε η πίεση του αερίου να ανταποκρίνεται στο στατικό ύψος της εγκατάστασης. Σε περίπτωση που το στατικό ύψος είναι μικρότερο από 8 mH₂O, τότε η ρύθμιση της πίεσης στο αέριο παραμένει στα 0,80 bar, ανεξάρτητα από το στατικό ύψος, είναι δηλαδή η ελάχιστη πίεση του αερίου στο δοχείο. Η πίεση αυτή ελέγχεται με ένα κοινό μανόμετρο.

Η εκλογή της βαλβίδας ασφάλειας (Εικόνα 4.9) γίνεται με βάση την τελική πίεση και τη θερμική ισχύ του λέβητα. Πρέπει να ανοίγει σε πίεση τουλάχιστον 0,5 bar μεγαλύτερη από τη μέγιστη της εγκατάστασης. Η βαλβίδα ασφάλειας, είναι συνδεδεμένη με σωλήνα και καταλήγει στην αποχέτευση. Η διάμετρος του σωλήνα αυτού είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή της βαλβίδας.



ΕΙΚΟΝΑ 4.9 Βαλβίδα ασφάλειας [24]

Βασικό εξάρτημα της εγκατάστασης δοχείου διαστολής κλειστού τύπου είναι ο αυτόματος πλήρωσης (μειωτήρας πίεσης), ο οποίος ασφαλίζει την εγκατάσταση από έλλειψη νερού, σε περίπτωση που υπάρξει διαρροή νερού από αυτήν. Η πίεση παρακολουθείται από το μανόμετρο που είναι τοποθετημένο στον αυτόματο πλήρωσης. Στη σύνδεση του αυτόματου πλήρωσης τοποθετείται και η βαλβίδα αντεπιστροφής του νερού, ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα διαφυγής του από την εγκατάσταση προς το δίκτυο. Συνήθως αυτή είναι ενσωματωμένη πάνω στον αυτόματο πλήρωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 4.10 Αυτόματος πλήρωσης [25]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΟΜΑΖΑ

5.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑ

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ ή αέριων καυσίμων. Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Πρώτον, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και δεύτερον η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες.

Αναλυτικότερα στις υπολειμματικές μορφές βιομάζας ανήκουν:

I. Βιομάζα γεωργικής προέλευσης

Η γεωργική βιομάζα που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας διακρίνεται στη βιομάζα των υπολειμμάτων των γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρα, κλαδοδέματα κ.λπ.) και στη βιομάζα των υπολειμμάτων, επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.λπ.).

II. Βιομάζα ζωικής προέλευσης

Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωικής προέλευσης, περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία. Η εκτροφή προβάτων, αιγών κι αρνιών είναι εκτατική (η οποία είναι επί το πλείστον ποιμενικής μορφής) και τα παραγόμενα απόβλητα διασκορπίζονται σε όλο το βοσκότοπο.

Τα απόβλητα των βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων, είτε βρίσκονται σε στερεά είτε σε υγρή μορφή, μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά, επίσης μέσω της τεχνολογίας της αναερόβιας χώνευσης και της παραγωγής βιοαερίου. Έτσι, υγρά απόβλητα που φημίζονται για το υψηλό ρυπαντικό τους φορτίο (π.χ. τυρόγαλα, κατσίγαρος, απόβλητα σφαγείων, απόβλητα χυμοποιείων, ζυθοποιείων και βιομηχανιών επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών) και την έντονη ρύπανση που προκαλούν κατά την ανεξέλεγκτη διάθεση τους, σταματούν, πλέον, να αποτελούν πρόβλημα για τους παραγωγούς καθώς μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Αντιστοίχως και για τα στερεά οργανικά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, υπάρχουν αποτελεσματικές τεχνολογίες χρήσης τους για την παραγωγή βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας.

III. Βιομάζα δασικής προέλευσης

Η βιομάζα δασικής προέλευσης που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας των δασών (αραιώσεων, υλοτομιών), στα προϊόντα καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου.

IV. Αστικά απόβλητα

Το οργανικό τμήμα των αστικών αποβλήτων.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις ετήσιες (σακχαρούχο ή γλυκό σόργο, ινώδες σόργο, κενάφ, ελαιοκράμβη, βρασσική η αιθίοπια) και τις πολυετείς (αγριαγκινάρα, καλάμι, μίσχανθος, ευκάλυπτος, ψευδακακία).

Συνεπώς, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη και έχει υπολογισθεί ότι κάθε χρόνο παράγονται παγκοσμίως περίπου 220 δισεκατομμύρια τόνοι ξηρής βιομάζας στον

πλανήτη. Η διαφορά της βιομάζας με το πετρέλαιο, είναι ότι το πετρέλαιο χρειάστηκε 70 εκατομμύρια χρόνια για να σχηματιστεί, ενώ τα pellet πολύ λιγότερο χρόνο.

5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

• Θέρμανση θερμοκηπίων

Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.

• Θέρμανση κτιρίων

Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.

• Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες

Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνοελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

• Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου

Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, ξακρίδια κ.λπ.) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.

• Τηλεθέρμανση

Είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια.

• Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων

Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική

ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν και άλλες ανάγκες θέρμανσης (πχ θέρμανση κτιρίων).

• Βιοκαύσιμα

Ο όρος βιοκαύσιμα χρησιμοποιείται συνήθως για υγρά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντήξελ, μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλιάνθος, ελαιοκράμβη, κ.ά.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες. Η βιοαιθανόλη η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.) και χρησιμοποιείται είτε ως έχει σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες.

Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές και χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Συμβάλλουν στη μείωση των εισαγωγών και στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

5.3 ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ (PELLET)

Μια μορφή βιοκαυσίμων είναι τα λεγόμενα pellet (συσσωματώματα) τα οποία είναι κομμάτια ξύλου. Προέρχονται από τα υπολείμματα των βιομηχανιών ξυλείας και επεξεργάζονται κατάλληλα με κύριο σκοπό την αφαίρεση της υγρασίας τους και την συμπίεση τους ώσπου να αποκτήσουν κυλινδρικό σχήμα. Η θερμική τους απόδοση ανέρχεται στα 4200kcal/kg. Η καύση των pellet για την παραγωγή θέρμανσης σε οικιακό αλλά και μεγαλύτερο επίπεδο είναι πολύ διαδεδομένη στην Ευρώπη. Ο λόγος είναι γιατί λόγω της μικρής περιεκτικότητας τους σε υγρασία χρειάζονται λιγότερο αέρα για την καύση τους. Οι τεχνολογίες καύσης των pellet εξασφαλίζουν μικρές εκπομπές και μικρή παραγωγή στάχτης. Σε οικιακό επίπεδο συναντάμε εφαρμογές μικρής κλίμακας που περιλαμβάνουν ειδικά κατασκευασμένες σόμπες και τζάκια. Σε μεγαλύτερης κλίμακας εφαρμογές κεντρικής θέρμανσης, συναντάμε ειδικούς λέβητες διαμορφωμένους να παράγουν θερμότητα από την καύση διαφόρων μορφών βιομάζας συμπεριλαμβανομένων και των pellet.

Η βιομηχανία παραγωγής pellet είναι ανεπτυγμένη στην Ευρώπη με πρωτοπόρες την Ιρλανδία, την Αυστρία, τη Σουηδία, τη Γερμανία αλλά και το Ηνωμένο Βασίλειο. Για την τροφοδοσία των ελληνικών εφαρμογών με pellet, οι επιλογές τα τελευταία χρόνια είναι είτε εισαγωγή από το εξωτερικό είτε προμήθεια από τοπικούς παραγωγούς pellet. Οι δυο αυτές λύσεις προς το παρόν δεν έχουν

σημαντική διαφορά ως προς το κόστος γιατί ενώ στην Ευρώπη το κόστος των pellet είναι μικρότερο από ότι στην εγχώρια αγορά, αυτό αυξάνεται λόγω του κόστους που προκύπτει από την εισαγωγή του προϊόντος στην Ελλάδα.

5.4 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ PELLETT

Υπάρχουν επτά στάδια κατά την παραγωγική διαδικασία του pellet βιομάζας:

1. Αποθήκευση των πρώτων υλών

Ένα καλό σύστημα αποθήκευσης των πρώτων υλών είναι απαραίτητο για την διατήρηση της βιομάζας μακριά από ακαθαρσίες και για την προστασία της από βροχή, η οποία μπορεί να αυξήσει την υγρασία της σε τέτοιο βαθμό, ώστε να είναι ασύμφορη η ξήρανση της (και άρα η χρήση της στην παραγωγική διαδικασία). Η αυτοματοποιημένη τροφοδοσία της πρώτης ύλης από τον χώρο αποθήκευσης στον χώρο παραγωγής (π.χ. μέσω μεταφορικής ταινίας ή κοχλία) προτιμάται συχνά για την συρρίκνωση του εργατικού κόστους.

2. Καθαρισμός των πρώτων υλών από προσμίξεις

Το στάδιο αυτό είναι βασικό κυρίως στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ανακυκλωμένη ή ακατέργαστη ξυλεία (π.χ. παλέτες) ως πρώτη ύλη. Έτσι πολλές μονάδες χρησιμοποιούν μηχανισμούς διαχωρισμού της ξυλείας από αδρανή υλικά, όπως πέτρες, ή μαγνητικούς διαχωριστήρες για τη δέσμευση μεταλλικών αντικειμένων, όπως καρφιά και πρόκες. Η παρουσία ακόμα και της παραμικρής ποσότητας τέτοιων προσμίξεων στο τελικό προϊόν είναι απαράδεκτη ενώ παράλληλα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρότατες φθορές στον εξοπλισμό της παραγωγικής διαδικασίας.

3. Ξήρανση βιομάζας

Η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή pellet απαιτεί ξήρανση ώστε να παραχθεί ικανοποιητικής ποιότητας προϊόν. Μόνο ελάχιστα υλικά τα οποία συλλέγονται ξηρά, όπως το άχυρο, μπορούν να παρακάμψουν αυτό το στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Η ξήρανση της βιομάζας σε ένα επίπεδο μεταξύ 10 και 15% είναι απαραίτητη. Οι ξηραντήρες βιομάζας που χρησιμοποιούνται είναι ως επί το πλείστον τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου, αν και υπάρχουν και αρκετές αναφορές σε ξηραντήρες ζώνης. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την ξήρανση της βιομάζας είναι είτε φυσικό αέριο είτε μέρος της ίδιας της βιομάζας, με τη δεύτερη επιλογή να προτιμάται για περιβαλλοντικούς, τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Σημειώνεται ότι το συγκεκριμένο στάδιο αποτελεί το πιο ενεργοβόρο της

παραγωγικής διαδικασίας ενώ συνεισφέρει στο μέγιστο βαθμό στα λειτουργικά έξοδα της μονάδας. Κατά συνέπεια, η πλειοψηφία των ερευνητικών προσπαθειών και καινοτομιών στην παραγωγή των pellet εντοπίζεται στη διαδικασία επιτυχούς ξήρανσης της πρώτης ύλης.

4. Τεμαχισμός-Άλεση βιομάζας

Πριν την εισαγωγή της στην πρέσα, είναι απαραίτητο η βιομάζα να έχει αποκτήσει την κατάλληλη ομοιογένεια και κοκκομετρία. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση διαφόρων ειδών μηχανημάτων τεμαχισμού και άλεσης της πρώτης ύλης, όπως είναι οι σφυρόμυλοι. Το μέγεθος της τεμαχισμένης βιομάζας που πρόκειται να εισαχθεί στην πρέσα δεν είναι τυχαίο: τα σωματίδια πρέπει να μην είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορούν να εισέρχονται μέσα από τις τρύπες του καλουπιού της πρέσας. Από την άλλη, όμως, αν είναι πολύ λεπτόκοκκη η ύλη υπάρχει μικρότερη απόδοση μετατροπής της βιομάζας σε pellet, καθώς είναι πιο δύσκολη η συσσωμάτωση των σωματιδίων. Αφού έχουν αποκτηθεί οι απαραίτητες ιδιότητες από τη βιομάζα όσον αφορά στην καθαρότητά της, την υγρασία της και τις διαστάσεις της, γίνεται εισαγωγή της στην πρέσα pellet.

5. Πελλετοποίηση

Τα pellet παράγονται από την συμπίεση της κοκκοποιημένης βιομάζας σε ειδική πρέσα μέσα από τις τρύπες ανοξειδώτου καλουπιού με το οποίο είναι εξοπλισμένη και το οποίο δίνει στα pellet τη χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Η δυναμικότητα κάθε πρέσας pellet κυμαίνεται από μερικές δεκάδες κιλά έως μερικές δεκάδες τόνους ανά ώρα. Αντίστοιχα μεγάλη διακύμανση εμφανίζεται και στην απόδοση των διαφόρων τύπων πρέσας.

Η εφαρμογή υψηλών πιέσεων στην εισερχόμενη κοκκοποιημένη βιομάζα εξαναγκάζει το υλικό σε μια κίνηση μέσα από τις τρύπες του κυκλικού καλουπιού, με τη διάμετρο των συγκεκριμένων τρυπών να καθορίζουν, τελικά, και τη διάμετρο των παραγόμενων pellet. Καθώς αυξάνεται η ασκούμενη πίεση, αυξάνονται οι τριβές μεταξύ των κόκκων της βιομάζας με άμεση συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας της. Η αυξημένη θερμοκρασία μαλακώνει την λιγνίνη (μία εκ των τριών βασικών ομάδων ενώσεων της βιομάζας μαζί με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες) η οποία δρα σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των σωματιδίων της βιομάζας. Η ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας για να γίνει αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού του καλουπιού, το οποίο θα πρέπει να δημιουργεί το απαιτούμενο επίπεδο αντίστασης στη ροή των σωματιδίων βιομάζας ώστε να αναπτυχθούν οι

επιθυμητές πιέσεις, άρα και θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που οι τρύπες του καλουπιού είναι μεγαλύτερες από όσο πρέπει, το υλικό διαφεύγει εύκολα μέσα από αυτές και δεν αναπτύσσονται οι απαιτούμενες συνθήκες για την παραγωγή ενός συμπαγούς προϊόντος δίχως θρύμματα. Η ύπαρξη, βέβαια, πολύ μικρών οπών στα καλούπια συνεπάγεται την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, την μερική πυρόλυση (ατελή καύση) ορισμένων σωματιδίων και την παραγωγή υποβαθμισμένης ποιότητας τελικού προϊόντος.

Το στάδιο της πελλετοποίησης είναι η μόνη φάση της παραγωγικής διαδικασίας των pellet στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πρόσθετες ενώσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την ενίσχυση της συνεκτικότητας των pellet προστίθεται κάποιες φορές κάποιο φυσικό συγκολλητικό, όπως το άμυλο. Η χρήση ή μη των φυσικών προσθέτων εξαρτάται βασικά από την ποιοτική σύσταση της πρώτης ύλης, δηλαδή από την αναλογία της λιγνίνης ως προς την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την τέφρα του υλικού. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα προσθέτων στο τελικό προϊόν καθορίζεται βάσει των διεθνών προτύπων ποιότητας.

Με κατάλληλο σχεδιασμό του καλουπιού της πρέσας και προσεκτικό έλεγχο ολόκληρης της διεργασίας, τα pellet εξέρχονται από την πρέσα με υγρασία λιγότερο από 10%, πυκνότητα μεγαλύτερη των 600 kg/m³ και θερμογόνο δύναμη που υπερβαίνει τις 4,7 kWh/kg.

6. Ψύξη και κοσκίνισμα των pellet

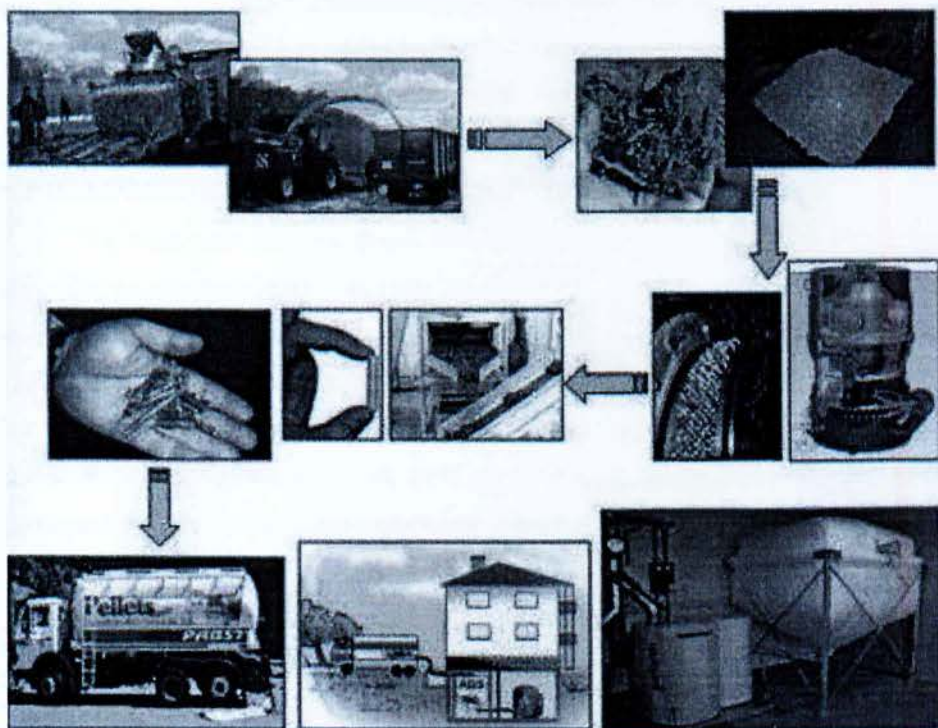
Τα pellet που εξέρχονται από την πρέσα είναι πολύ μαλακά και ζεστά (70°C - 90°C) για να μπορούν να αποθηκευτούν και συσκευαστούν ως έχουν. Κατά συνέπεια αφήνονται να ψυχθούν στον αέρα μέσω ταινίας μεταφοράς, ώστε να σταθεροποιηθεί η λιγνίνη ως συγκολλητικό μέσο των ινών κυτταρίνης. Αφού ψυχθούν και αποκτήσουν την επιθυμητή σκληρότητα, τα pellet διέρχονται από βιομηχανικά κόσκινα από όπου διαχωρίζονται από τις σκόνες και τα θρύμματα. Σημειώνεται ότι η παρουσία θρυμμάτων στο τελικό προϊόν, μπορεί να το θέσει εκτός προδιαγραφών και να δυσχεράνει την απορρόφησή του από την αγορά. Τα διαχωρισμένα θρύμματα ανακυκλώνονται ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η απώλεια της βιομάζας και να αυξάνεται η συνολική απόδοση της διεργασίας.

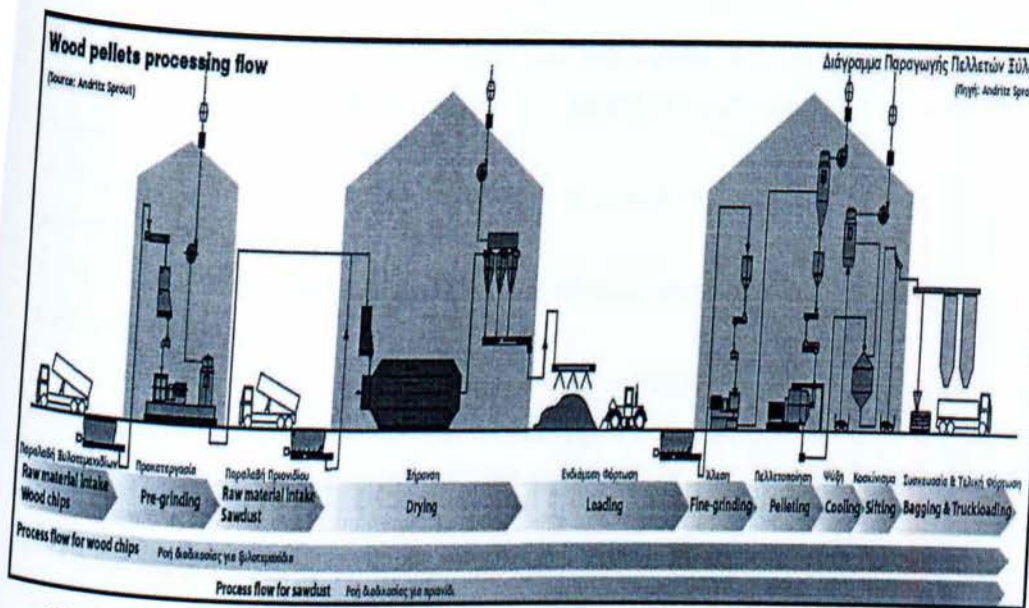
7. Αποθήκευση των pellet

Καθώς τα pellet αποτελούν υψηλής ποιότητας καύσιμο, οι συνθήκες αποθήκευσής του είναι απαραίτητο να εξασφαλίζουν τη διατήρηση της ποιότητάς του. Η αποθήκευσή του σε τυποποιημένες σακούλες σταθερού βάρους από όπου

προστατεύονται από τις ακαθαρσίες του περιβάλλοντος και από την υγρασία είναι συνήθης πρακτική, ιδίως όταν οι κύριοι καταναλωτές είναι μικροί οικιακοί χρήστες. Σε περίπτωση χύδην αποθήκευσης, είναι και πάλι σκόπιμο να τοποθετηθούν είτε σε container ή σε σιλό, ομοίως για να προστατευτούν από την υγρασίας και τις ακαθαρσίες.

Είναι λογικό το συμπέρασμα ότι όλα τα παραπάνω επιμέρους στάδια για την παραγωγή των pellet πρέπει να καταναλώνουν σημαντική ηλεκτρική ενέργεια. Εντούτοις, η περιβαλλοντική διάσταση τους δεν μπορεί να καταρριφθεί: υπολογίζεται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή των pellet αντιστοιχούν σε λιγότερο από το 22% του ενεργειακού τους περιεχομένου, αφήνοντας τα pellet με θετικό ενεργειακό πρόσημο.





Εικόνα 5.1 Εφοδιαστική αλυσίδα παραγωγής και διαχείρισης pellet / Διάγραμμα Ροής Παραγωγής Πελλετών Ξύλου [33]

5.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.
- Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος. Η βιομάζα παράγεται σε όλες τις χώρες του κόσμου και είναι εύκολα προσιτή, ενώ τα ορυκτά καύσιμα παράγονται μόνον σε λίγες χώρες και η διαθεσιμότητά των εξαρτάται από διεθνείς πολιτικές, στρατιωτικές, και οικονομικές συνθήκες.

- Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.
- Η βιομάζα είναι ανανεώσιμο υλικό, ενώ τα ορυκτά δεν ανανεώνονται και εξαπλώνονται συνεχώς.
- Τα συγκροτήματα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καύσεως βιομάζας έχουν πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

- Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Έχει χαμηλή θερμαντική αξία κατά μονάδα βάρους και ακόμη μικρότερη κατά μονάδα όγκου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Παρά το μικρό χρόνο απόσβεσης που έχει μία μονάδα καύσεως βιομάζας, έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε αντίθεση με μια μονάδα καύσεως ορυκτών καυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα πτυχιακή πραγματεύεται την ενεργειακή συμπεριφορά ενός ηλιοθερμικού συστήματος με συσσωρευτή ενέργειας για να καλύψει τις ανάγκες μίας κατοικίας που βρίσκεται στην Κρήτη και συγκεκριμένα στα Χανιά. Το εμβαδόν του κτιρίου είναι 145m^2 . Η κατοικία είναι υπό κατασκευή και μελετάται πρόταση συστήματος θέρμανσης με σύστημα ηλιοθερμίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και υποβοήθηση στη θέρμανση η οποία αποτελείται από σύστημα ενδοδαπέδιας. Θα χρησιμοποιηθεί λέβητας στερεών καυσίμων (πέλλετ). Θα γίνει σύγκριση του

ηλιοθερμικού συστήματος με εγκατάστασης που θα καλύπτει τις ανάγκες για θέρμανση και ζεστού νερού χρήσης με ένα λέβητα πετρελαίου.

Τα σχέδια του υδραυλικού σχεδίου του λεβητοστασίου και του κτιρίου παραθέτονται στο παράρτημα.

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών και η μελέτη της ενδοδαπέδιας θέρμανσης έγιναν με τη βοήθεια του προγράμματος Fine (Adapt/FCalc) της εταιρίας 4M.

6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

6.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag
- β) Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,
- γ) Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag
- δ) Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος
- ε) Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)

6.2.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Με βάση το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- α) Απώλειες θερμοπερατότητας Q_0 , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοιχοί, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β) Απώλειες λόγω προσανξήσεων.
- γ) Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_0 = kx_f x(t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{1/k} \text{ σε w (ή Kcal/h)} \quad (6.1)$$

όπου:

Q_0 : Απώλειες θερμότητας

F : Επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2

k: Συντελεστής θερμοπερατότητας $W/m^2 K$ (ή $Kcal/m^2 K$)

1/k: Αντίσταση θερμοπερατότητας σε $m^2 K/W$

ti: Θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$

ta: Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$

Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

- προσαύξηση ZH την επίδραση του προσανατολισμού.
(ZH=-5 για N,ΝΔ,ΝΑ ZH=+5 για Β,ΒΔ,ΒΑ και ZH=0 για Δ και Α)
- προσαύξηση ZU+ZA=ZD διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής ZU). Η προσαύξηση ZD προσδιορίζεται με βάση το $D= Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)$, όπου F_{ges} η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

Τρόπος Λειτουργίας	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

Πίνακας 6.1 Τιμές ZD για το DIN77

Ο συντελεστής ZD για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (βλ. καμπύλη ZD για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_0 (1 + ZD + ZH) = Q_0 \times Z \quad (6.2)$$

Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

- από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$Q_L = V \times \rho \times c \times (t_i - t_a) \quad (\text{σε } W) \quad (6.3)$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε m^3/s

c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε $kJ/g K$

ρ : Πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3

- από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$QL = \sum Q A_i \quad (6.4)$$

όπου:

$$Q A_i = \alpha \times \Sigma_l \times R \times H \times \Delta t \times Z\Gamma \text{ για κάθε άνοιγμα.} \quad (6.5)$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

α : Συντελεστής διείσδυσης αέρα

Σ_l : Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)

R: Συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής R).

H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα για ύψος πάνω από 10 m σύμφωνα με τον συντελεστή ϵ_{GA}).

Δt : Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

Z Γ : Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1)

Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των

QT και QL, δηλαδή:

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L \quad (6.6)$$

6.2.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται πινακοποιημένα ως εξής:

α) Στο επάνω μέρος του πίνακα παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία που έχουν απώλειες από θερμοπερατότητα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι στήλες του πίνακα αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

Είδος στοιχείου (πχ. T=τοίχος, A=Ανοιγμα, O=οροφή Δ=Δάπεδο)

Προσανατολισμός

Πάχος

Μήκος

Ύψος ή πλάτος

Επιφάνεια

Αριθμός όμοιων επιφανειών

Συνολική Επιφάνεια

Συντελεστής k

Διαφορά Θερμοκρασίας Δt

Καθαρές Θερμικές Απώλειες

β) Στο κάτω μέρος του πίνακα συμπληρώνονται οι προσαυξήσεις και οι απώλειες αερισμού, με πλήρη ανάλυση.

Πόλη	Χανιά
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	3
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	2
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού (1:DIN77 2:DIN83)	DIN77
Σύστημα Μονάδων (1:Kcal/h 2:Watt)	Watt

Πίνακας 6.2 Στοιχεία κτιρίου

Εξωτ. Τοίχοι Οροφές	Συντ.κ (Watt/ m ² hc)	Εσωτ. Τοίχοι Δάπεδα	Συντ.κ (Watt/ m ² hc)	Ανοίγμ.	Πλάτ. (m)	Υψος (m)	Συντ.κ (Watt/ m ² hc)	Συντ.α	Φόλλα
T1	0.70	E1	1.74	A1			3.71		
T2		E2		A2			3.48		
T3		E3		A3					
T4		E4		A4					
T5		E5		A5					
T6		E6		A6					
T7		E7		A7					
T8		E8		A8					
T9		Δ1	0.46	A9					
T10		Δ2		A10					
T11		Δ3		A11					
O1	0.46	Δ4		A12					
O2		Δ5		A13					
O3		Δ6		A14					
O4		Δ7		A15					
O5		Δ8		A16					

Πίνακας 6.3 Τυπικά στοιχεία κτιρίου

Επίπεδο : 2 Χώρος : 1

Ονομασία Χώρου 2.1

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσαν	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T1	B			3.65	3	10.95	1	10.95		10.95	0.70	17.00	130.3
T1	Δ			3.2	3	9.60	1	9.60	1.20	8.40	0.70	17.00	99.96
A1	Δ	α		1	1.2	1.20	1	1.20		1.20	3.71	17.00	75.68
T1	A			1.2	3	3.60	1	3.60		3.60	0.70	17.00	42.84
Δ1				3.2	3.85	12.32	1	12.32		12.32	0.46	17.00	96.34
O1				3.2	3.85	12.32	1	12.32		12.32	0.46	17.00	96.34

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 541$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 108$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 650$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai} (Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l \times R_x \times H_x \Delta t \times Z\Gamma) = 70.28$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $Z\Gamma = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 422.7$

Όγκος Χώρου $V = 3.85 \times 3.2 \times 3 = 37$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 2$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1143$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 2

Ονομασία Χώρου 2.2

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσαν.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απόλ. (Watt)
T1	B			1.5	3	4.50	1	4.50	1.44	3.06	0.70	17.00	36.41
A1	B	α		1.2	1.2	1.44	1	1.44		1.44	3.71	17.00	90.82
Δ1				1.5	1.7	2.55	1	2.55		2.55	0.46	17.00	19.94
O1				1.5	1.7	2.55	1	2.55		2.55	0.46	17.00	19.94

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 167$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20\% \Rightarrow 33$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 201$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai}$ ($Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l_i \times R_i \times H_i \times \Delta t_i \times Z_i$) = 76.67

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $Z_i = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 87.50$

Όγκος Χώρου $V = 1.7 \times 1.5 \times 3 = 8$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 2$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 365$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 3

Ονομασία Χώρου 2.3

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Πο σαν	Αφαι ρούμ. ος	Πάχ ος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T1	Δ			1.2	3	3.60	1	3.60	0.84	2.76	0.70	17.00	32.84
A1	Δ	α		0.7	1.2	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
T1	B			1.3	3	3.90	1	3.90		3.90	0.70	17.00	46.41
Δ1				2.75	1.3	3.57	1	3.57		3.57	0.46	17.00	27.92
O1				2.75	1.3	3.57	1	3.57		3.57	0.46	17.00	27.92

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 188$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 38$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 226$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \Sigma Q_{Ai}$ ($Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_T$) = 60.70

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $Z_T = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 214.7$

Όγκος Χώρου $V = 2.75 \times 1.3 \times 3 = 11$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 3.5$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 501$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 4

Ονομασία Χώρου 2.4

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσαύξασα v.	Αφαιρούμ.ος	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T1	A			3.8	3	11.40	1	11.40	6.37	5.03	0.70	17.00	59.86
A1	A	α		2.6	2.45	6.37	1	6.37		6.37	3.71	17.00	401.8
T1	B			3.85	3	11.55	1	11.55		11.55	0.70	17.00	137.4
Δ1				4	3.9	15.60	1	15.60		15.60	0.46	17.00	122.0
O1				4	3.9	15.60	1	15.60		15.60	0.46	17.00	122.0

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 843$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 169$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 1012$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai} (Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z \Gamma) = 161.3$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $Z \Gamma = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 178.4$

Όγκος Χώρου $V = 4 \times 3.9 \times 2 = 31$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 1$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1351$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 5

Ονομασία Χώρου 2.5

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάν ειας	Πρ ο σα ν.	Αφαι ρούμ. ος	Πάχ ος	Μήκο ς (m)	Υψο ς ή Πλάτο ς (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ · (Watt)
T1	Δ			4.95	3	14.85	1	14.85	6.60	8.25	0.70	17.00	98.17
A1	Δ	α		3	2.2	6.60	1	6.60		6.60	3.71	17.00	416.3
E1	E			3.5	3	10.50	1	10.50		10.50	1.74	10.00	182.7
A2							1				3.48	10.00	
Δ1				4.95	3.32	16.43	1	16.43		16.43	0.46	17.00	128.5
O1				4.95	3.32	16.43	1	16.43		16.43	0.46	17.00	128.5

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0=954$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 191$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T=Q_0 \times (1+ZD+ZH)=1145$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L=\Sigma Q_{Ai}$ ($Q_{Ai}=\alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times ZI$) = 166.1

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $ZI = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L=V \times \rho \times c \times \Delta t = 599.0$

Όγκος Χώρου $V = 10.33 \times 3.38 \times 3 = 105$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 1$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1910$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 6

Ονομασία Χώρου 2.6

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσαυ.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
E1	E			1.82	3	5.46	1	5.46	2.20	3.26	1.74	10.00	56.72
A2	E	α		1	2.2	2.20	1	2.20		2.20	3.48	10.00	76.56
Δ1				5.6	3.2	17.92	1	17.92		17.92	0.46	17.00	140.1
O1				5.6	3.2	17.92	1	17.92		17.92	0.46	17.00	140.1

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 413$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 83$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 496$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai}$ ($Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times ZI$) = 60.13

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $ZI = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 307.4$

Όγκος Χώρου $V = 5.6 \times 3.2 \times 3 = 54$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 1$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 864$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 7

Ονομασία Χώρου 2.7

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσαυ.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T1	A			6.2	3	18.60	1	18.60	6.40	12.20	0.70	17.00	145.2
A1	A	α		0.9	2.45	2.20	1	2.20		2.20	3.71	17.00	138.8
A1	A	α		0.6	1.4	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
A1	A	α		0.6	1.4	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
A1	A	α		0.6	1.4	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
A1	A	α		0.6	1.4	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
A1	A	α		0.6	1.4	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
A1	A	α		0.6	1.4	0.84	1	0.84		0.84	3.71	17.00	52.98
Δ1				4.35	3.4	14.79	1	14.79		14.79	0.46	17.00	115.7
O1				4.35	3.4	14.79	1	14.79		14.79	0.46	17.00	115.7

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 780$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20\% \Rightarrow 156$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 936$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai}$ ($Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times ZI$) = 426.5

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $ZI = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 507.5$

Όγκος Χώρου $V = 4.35 \times 3.4 \times 3 = 44$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 2$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1870$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 8

Ονομασία Χώρου 2.8

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσαυ.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T1	A			4.7	3	14.10	1	14.10	2.94	11.16	0.70	17.00	132.8
A1	A	α		1.2	2.45	2.94	1	2.94		2.94	3.71	17.00	185.4
T1	N			3.95	3	11.85	1	11.85		11.85	0.70	17.00	141.0
Δ1				4.7	3.95	18.57	1	18.57		18.57	0.46	17.00	145.2
O1				4.7	3.95	18.57	1	18.57		18.57	0.46	17.00	145.2

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 750$

Συνολική Προσαύξηση $ZD + ZH = 20\% \Rightarrow 150$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1 + ZD + ZH) = 900$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai}$ ($Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l_i \times R_i \times H_i \times \Delta t_i \times Z_i$) = 116.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $Z_i = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 637.0$

Όγκος Χώρου $V = 4.7 \times 3.95 \times 3 = 56$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 2$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1653$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 9

Ονομασία Χώρου 2.9

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφανείας	Προσαυ.	Αφαιρούμ.	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. k (Watt/m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T1	N			2.95	3	8.85	1	8.85		8.85	0.70	17.00	105.3
E1				2.55	3	7.65	1	7.65		7.65	1.74	10.00	133.1
Δ1				2.55	2.95	7.52	1	7.52		7.52	0.46	17.00	58.81
O1				2.55	2.95	7.52	1	7.52		7.52	0.46	17.00	58.81

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0 = 356$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 71$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T = Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 427$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L = \sum Q_{Ai} (Q_{Ai} = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times ZT) = 0$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $ZT = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L = V \times \rho \times c \times \Delta t = 516.2$

Όγκος Χώρου $V = 2.55 \times 2.95 \times 3 = 23$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 4$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 943$

Επίπεδο : 2 Χώρος : 10

Ονομασία Χώρου 2.10

Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάν ειας	Πρ ο σα ν.	Αφαι ρούμ. ος	Πάχ ος	Μήκο ς (m)	Υψος ή Πλάτο ς (m)	Επιφ. (m ²)	Αριθ. Επιφ.	Συν. Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ. (m ²)	Επιφ. Υπολ. (m ²)	Συντ. κ (Watt/ m ² hc)	Διαφ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ (Watt)
E1				1.3	3	3.90	1	3.90		3.90	1.74	10.00	67.86
Δ1				3.9	1.85	7.22	1	7.22		7.22	0.46	17.00	56.46
O1				3.9	1.85	7.22	1	7.22		7.22	0.46	17.00	56.46

Απώλειες Θερμοπερατότητας $Q_0=181$

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 20 \% \Rightarrow 36$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T=Q_0 \times (1+ZD+ZH) = 217$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L=\Sigma Q_{Ai}$ ($Q_{Ai}=\alpha \times \Sigma l \times R_x \times H_x \times \Delta t_x \times ZI$) = 0

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H = 0.60$

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $ZI = 1$

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L=V \times \rho \times c \times \Delta t = 123.8$

Όγκος Χώρου $V = 3.9 \times 1.85 \times 3 = 22$

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n = 1$

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 341$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Watt)

Επίπεδο : 1

Συνολικές Απώλειες Επιπέδου: 0

Επίπεδο : 2

1	2.1 : 1143
2	2.2 : 365
3	2.3 : 501
4	2.4 : 1351
5	2.5 : 1910
6	2.6 : 864
7	2.7 : 1870
8	2.8 : 1653
9	2.9 : 943
10	2.10 : 341

Συνολικές Απώλειες Επιπέδου: 10941 Watt

Συνολικές Απώλειες Κτιρίου: 10941 Watt

6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

6.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την παραπάνω μελέτη λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 20 °C, με αντίστοιχη θερμοκρασία περιβάλλοντος 3° C. Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου ανέρχονται σε $Q_{tot} = 10,941$ KWatt. Κατά τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών δεν λήφθηκαν υπόψη οι απώλειες από τα δάπεδα. Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θα είναι ίση με $t = 50$ °C.

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) *Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag*
- β) *Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,*
- γ) *Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag*
- δ) *Θέρμανση δαπέδου με ζεστό νερό στα κτίρια, Μ. Παπαδόπουλος (TEE)*
- ε) *Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)*
- στ) *Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN*

6.3.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

α) Ακολουθείται η μέθοδος της μη σταθερής και ίδιας για όλα τα κυκλώματα θερμοκρασιακής πτώσης του νερού, η οποία είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Η εξισορρόπηση των τριβών στα κυκλώματα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ρυθμιστικών βαλβίδων.

β) Οι υπολογισμοί στα κυκλώματα γίνονται αναλυτικά με την βοήθεια των σχέσεων:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας}) \quad (6.7)$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy}) \quad (6.8)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook}) \quad (6.9)$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds}) \quad (6.10)$$

όπου:

Q: Παροχή σε m³/h

D: Εσωτερική διάμετρος σε m

V: Μέση ταχύτητα σε m/s

J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m

Δh: Απώλειες πίεσης σε m

L: Μήκος αγωγού σε m

λ: Συντελεστής τριβής

k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm

Re: Αριθμός Reynolds

v: Ιξώδες νερού σε m²/sec

γ) Οι υπολογισμοί των μεγεθών των κυκλωμάτων δαπεδοθέρμανσης γίνονται με τη βοήθεια των σχέσεων:

$$q_{fb} = \frac{Q_n}{A_{fb}} \quad (6.11)$$

$$t_{fb} = \frac{q_{fb}}{a_{ges}} + t_i \quad (6.12)$$

$$R_A = d_a + (\dots \ar \cosh z) \quad (6.13)$$

$$z = \frac{2}{3 \left(\frac{a_c}{k_c} \right) (t_{fb} - t_i) + 2K_b(t_i - t_a) - (t_h - t_i)} \quad (6.14)$$

$$m = 0.45v \left(\frac{K_b + K_c}{\lambda_b d_a} \right) \quad (6.15)$$

$$K_b = \frac{K_b}{K_b + K_c} \quad (6.16)$$

$$K_c = \frac{K_c}{K_c + K_a} \quad (6.17)$$

$$I = \frac{100}{(R_A 100)} A_{fb} \quad (6.18)$$

$$q_{de} = (t_h - t_a) K_b \quad (6.19)$$

όπου:

q_{fb}: Πυκνότητα θερμοροής προς τα πάνω (W/m²)

Q_n: Θερμικό φορτίο χωρίς απώλειες δαπέδου (W)

A_{fb}: Επιφάνεια δαπέδου (m²)

t_{fb}: Μέση θερμοκρασία επιφανείας δαπέδου (°C)

a_{ges}: Συντελεστής μετάβασης θερμότητας για θερμάνσεις επιφανειών (W /m² K)

I: Μήκος του σωλήνα στο κύκλωμα (m)

- d_a : Διάμετρος σωλήνα (m)
- a_c : Συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την κάτω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου ($W / m^2 K$)
- κ_c : Συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την πάνω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου ($W / m^2 K$)
- κ_b : Συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την κάτω ακμή του σωλήνα έως την κάτω πλευρά του δαπέδου ($W / m^2 K$)
- t_a : Θερμοκρασία χώρου κάτωθεν θερμαινόμενου ($^{\circ}C$)
- t_h : Θερμοκρασία θερμαντικού μέσου ($^{\circ}C$)
- t_i : Θερμοκρασία χώρου ($^{\circ}C$)
- λ_b : Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας του υλικού μεταξύ των σωλήνων ($W / m K$)
- R_A : Απόσταση σωλήνων (m)

δ) Οι τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, ταφ, κρουνοί κλπ) κάθε κυκλώματος δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

$$J = \frac{1}{2} \Sigma \zeta \rho V^2 \quad (6.20)$$

όπου:

$\Sigma \zeta$: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου

ρ : Πυκνότητα νερού

6.3.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα κυκλώματα και τις κεντρικές στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη:

- Αριθμός Κυκλώματος
- Μήκος Σωλήνα Κυκλώματος (m)
- Συνολικό Μήκος (m)
- Φορτίο Κυκλώματος (Mcal/h ή w)
- Πτώση Θερμοκρασίας ($^{\circ}C$)
- Παροχή Νερού (m^3/h)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Ταχύτητα Νερού (m/s)
- Τριβές Εξαρτημάτων (m Ψ)

•Στραγγαλισμός (mYΣ)

•Τριβές Σωληνώσεων (mYΣ)

•Ολική Τριβή (mYΣ)

α) Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε κύκλωμα κάποιας στήλης και συμβολίζεται με τον a/a της στήλης και του κυκλώματος, παρεμβάλλοντας τελεία "." (πχ. 1.2 σημαίνει στήλη 1, κύκλωμα 2).

β) Οι κεντρικές στήλες συμβολίζονται απλά με έναν a/a , πχ. 1 για την στήλη 1, 2 για την στήλη 2 κ.ο.κ.

γ) Τμήματα σωλήνων που συνδέουν δύο στήλες δίνονται με τους αριθμούς των στήλών παρεμβάλλοντας παύλα (-), πχ.1-2.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών των κυκλωμάτων παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη:

- Χώρος που θερμαίνεται
- Φορτίο χώρου
- Επιφάνεια δαπέδου (m^2).
- Θερμοκρασία χώρου ($^{\circ}C$).
- Θερμοκρασία κάτω χώρου ($^{\circ}C$).
- Συντελεστής θερμοπερατότητας πάνω (W/m^2K)
- Συντελεστής θερμοπερατότητας κάτω (W/m^2K)
- Πυκνότητα θερμοροής ($Mcal/hm^2$)
- Θερμοκρασία επιφάνειας δαπέδου ($^{\circ}C$)
- Υπολειπόμενη θερμική ισχύς ($Mcal/h$)
- Απόσταση σωλήνων RA (cm)
- Πυκνότητα θερμοροής προς τα κάτω ($Mcal/hm^2$)

Θερμοκρασία νερού προσαγωγής (°C)	50
Τύπος σωλήνων κεντρικής στήλης	Χαλκοσωλήνας
Τραχύτητα Σωλήνων Κεντρικής Στήλης (μm)	1.5
Τύπος σωλήνων κυκλωμάτων	Πλαστικός
Τραχύτητα σωλήνων κυκλωμάτων (μm)	6
Απόσταση Σωλήνων στα Κυκλώματα RA (cm)	8
Σξ εξαρτημάτων κεντρικών σωλήνων	1.5
Αριθμός επιπέδων κτιρίου	2
Σύστημα Μονάδων (1: Mcal/h 2: KWatt)	Mcal/h

Πίνακας 6.4 Στοιχεία δικτύου

Αριθ. Κυκλ.	Μήκ. Σωλ. στο Κύκλ. (m)	Μήκ.Σωλ. Πρ.&Επιστ. στο Κύκλ. (m)	Μήκ. Σωλ. m	Φορτ. Κυκλ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. °C	Παρ. Νερού m³/h	Διάμ. Σωλ. mm	Ταχ. Νερού m/s	Τριβ. Εξαρτ. mΥΣ	Στρα γγαλ. mΥΣ	Τριβ. Σωλ. mΥΣ	Ολ. Τριβ. mΥΣ
1			18	9,920		0.974	DN28	0.502	0.019		0.221	0.240

Πίνακας 6.5 Υπολογισμοί σωληνώσεων ενδοδαπέδιας κεντρικής θέρμανσης

Αριθ. Κυκλ.	Μήκ.Σωλ. στο Κύκλ. (m)	Μήκ.Σωλ. Πρ.&Επιστ. στο Κύκλ. (m)	Μήκ. Σωλ. (m)	Φορτ. Κυκλ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. °C	Παρ. Νερού m³/h	Διάμ. Σωλ. mm	Ταχ. Νερού m/s	Τριβ. Εξαρτ. mΥΣ	Στρα γγαλ. mΥΣ	Τριβ. Σωλ. mΥΣ	Ολ. Τριβ. mΥΣ
1.1	82.13	3	85.13	1.167	12.49	0.081	Φ18	0.145	0.003	1.491	0.272	1.766
1.2	61.20	3	64.20	0.573	17.90	0.028	Φ18	0.050	0.000	1.732	0.034	1.766
1.3	78.00	3	81.00	1.379	11.67	0.102	Φ18	0.184	0.005	1.374	0.386	1.766
1.4	82.15	0	82.15	1.519	9.355	0.140	Φ18	0.253	0.010	1.078	0.678	1.766
1.5	89.60	0	89.60	0.929	32.82	0.024	Φ18	0.044	0.000	1.727	0.038	1.766
1.6	73.95	6	79.95	1.367	9.355	0.126	Φ18	0.227	0.008	1.208	0.550	1.766
1.7	74.28	8	82.28	1.675	6.014	0.240	Φ18	0.433	0.029		1.738	1.766
1.8	73.70	6	79.70	1.311	11.35	0.100	Φ18	0.180	0.005	1.395	0.366	1.766
1	18			9.920		0.841	DN28	0.433	0.014		0.000	0.014

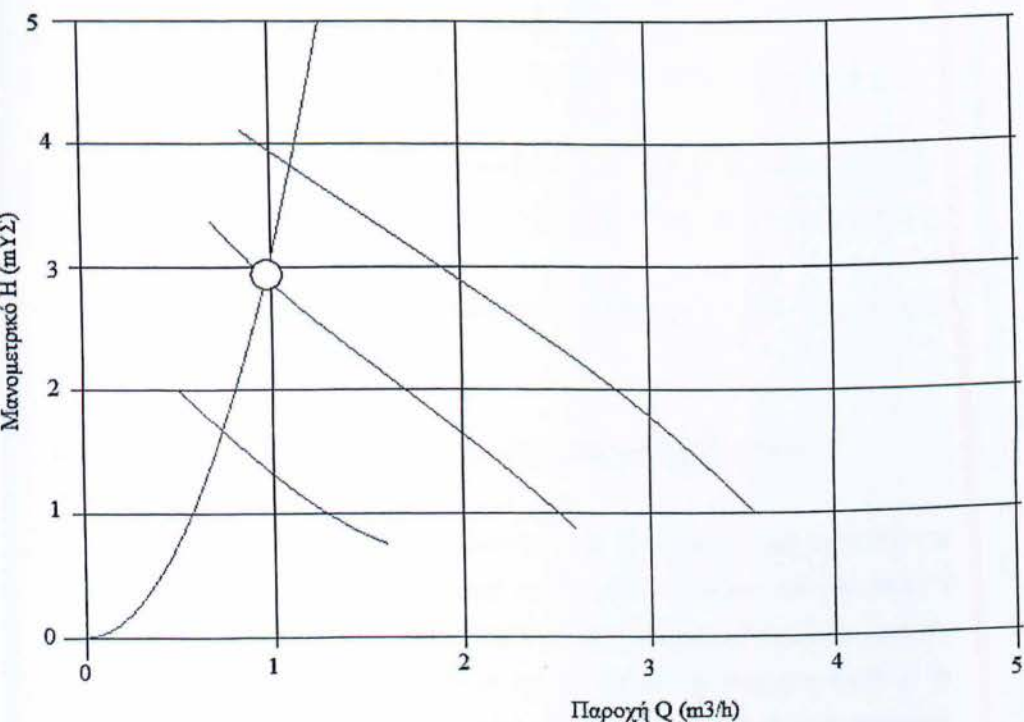
Πίνακας 6.6 Υπολογισμοί σωληνώσεων ενδοδαπέδιας κεντρικής θέρμανσης

Αριθ. Κυκλ.	Θερμ. Χώρος	Φορτ. Χώρ. (KWatt)	Επιφ. Δαπ. m ²	Θερμ. Χώρ. °C	Θερμ.Χ. Κάτ.Θερμ. °C	Συντ.Θερ. Αντ. πρ.Πάνω m ² K/W	Συντ.Θερ. πρ.Κάτω W/m ² K	Πυκν. Θ/ροής (Mcal/h/m ²)	Μέση Θ. Επ.Δαπ. °C	Υπολ. Θερ.Ισχ. (KWatt)	Απόστ. Σωλ. RA cm	Πυκν.Θ. Πρ.Κάτω (Mcal/h/m ²)
1.1	2.1	0.985	12.32	20	3	0.15	0.45	0.080	28.63		15	0.015
1.2	2.2	0.747	6.120	20	3	0.15	0.45	0.122	32.53	0.267	10	0.015
1.3	2.4	1.166	15.60	20	3	0.15	0.45	0.075	28.13		20	0.014
1.4	2.5	1.648	16.43	20	3	0.15	0.45	0.100	30.52	0.361	20	0.014
1.5	2.6	0.747	17.92	20	3	0.15	0.45	0.042	24.80		20	0.010
1.6	2.7	1.614	14.79	20	3	0.15	0.45	0.109	31.34	0.455	20	0.014
1.7	2.8	1.426	18.57	20	3	0.15	0.45	0.077	28.33		25	0.013
1.8	2.10	1.109	14.74	20	3	0.15	0.45	0.075	28.18		20	0.014

Πίνακας 6.7 Υπολογισμοί μεγεθών κυκλωμάτων ενδοδαπέδιας κεντρικής θέρμανσης

Παροχή νερού (m ³ /h)	0.97
Τριβές δικτύου	1.965
Τριβές λέβητα (~0.1)	0.1
Τριβές διόδου (~0.25)	0.25
Τριβές βαλβίδας ανεπίστροφης (~0.2)	0.2
Λοιπές τριβές	0
Μανομετρικό ύψος Μ.Υ.Σ.	3.10
Τύπος κυκλοφορητή που επιλέγεται	
Μέγεθος	126x134x180 (mm)
Παροχή	3.5 m ³ /h
Μανομετρικό ύψος	4 ΜΥΣ
Ισχύς κινητήρα	95 W
Ηλεκτρικά δεδομένα	0.42A - 220V - 1700n

Πίνακας 6.8 Υπολογισμός κυκλοφορητή



6.3.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Οι σωλήνες του δικτύου θα τοποθετηθούν σύμφωνα με τα σχέδια. Τα οριζόντια τμήματά τους θα παρουσιάζουν κλίση 1/100 έως 5/100. Τα τμήματα των σωλήνων που βρίσκονται μέσα στο δάπεδο, ή αυτά που διέρχονται από τις πλάκες των ορόφων θα περιτυλιχθούν με ειδικό ρυτιδωτό χαρτί. Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάνα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου. Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής ζεστού νερού που βρίσκονται σε μη θερμαινόμενους χώρους, θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η μόνωση των σωλήνων θα γίνει με μονωτικούς σωλήνες τύπου Apm flex, πάχους εξαρτωμένου από την θερμοκρασία του νερού και την διάμετρο του σωλήνα.

Για την τοποθέτηση των σωλήνων της δαπεδοθέρμανσης θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία :

Πάνω στη πλάκα του δαπέδου απλώνεται ένα μονωτικό υλικό σε τέτοιο πάχος, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων. Στη συνέχεια και προς τα πάνω τοποθετούνται :

- ένα φύλλο πολυαιθυλενίου πάχους 0.4 mm για φράγμα υδρατμών,
- κατάλληλα στηρίγματα για να στερεωθεί σε αυτό ο σωλήνας,
- ο σωλήνας "πλεγμένος" σε σχήμα κοχλία (σαλιγκαριού όπως συνηθίζεται να λέγεται),
- ένα γαρμπιλόδεμα ορισμένης σύνθεσης χονδρόκοκκης άμμου (0-4mm) λεπτόκοκκου γαρμπιλιού (έως 8mm), τσιμέντου, νερού και ενός πρόσθετου πλαστικοποιητή (γαλακτώματος).
- και τέλος επένδυση με την επιθυμητή δαπεδόστρωση του χώρου, πχ. (πλακάκι, μάρμαρο, ξύλινο παρκέτο κλπ.)

6.3.5 ΑΝΑΓΚΑΙΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Μετά την αποπεράτωση του δικτύου των σωληνώσεων και πριν από την τοποθέτηση των σωλήνων δαπεδοθέρμανσης θα τεθεί το δίκτυο υπό υπερπίεση 8 ατμοσφαιρών για τρεις συνεχείς ώρες. Εφόσον δεν παρουσιαστεί καμία διαρροή, θα τοποθετηθούν οι σωλήνες δαπεδοθέρμανσης. Θα γεμίσει με νερό, θα κλείσουν τα ελεύθερα άκρα των σωλήνων και θα τεθεί το δίκτυο με υπερπίεση 4 ατμοσφαιρών μετρούμενων στο λεβητοστάσιο επί δύο συνεχείς ώρες. Σε περίπτωση κάποιας

διαρροής, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα από την πτώση πίεσης που σημειώνεται στο μανόμετρο, θα επισκευαστεί η σχετική ατέλεια, θα αντικατασταθούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και η δοκιμή θα επαναληφθεί. Στη συνέχεια θα τεθεί η εγκατάσταση σε λειτουργία υπό συνθήκες πλήρους θέρμανσης, θα ρυθμιστούν οι βαλβίδες ρύθμισης για την εξισορρόπηση των πτώσεων πίεσης των θερμαντικών κυκλωμάτων, και κατόπιν θα αφηθεί να ψυχρανθεί με παράλληλο έλεγχο της στεγανότητας των ενώσεων και παρεμβασμάτων κατά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

6.3.1 ΜΗΝΙΑΙΟ ΦΟΡΤΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ

Για τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων φορτίων στην περίπτωση θέρμανσης χώρων χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών. Η μέθοδος στηρίζεται στη διαπίστωση ότι το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για διατήρηση της θερμοκρασίας άνεσης σε ένα χώρο εξαρτάται βασικά από τη διαφορά των θερμοκρασιών χώρου και περιβάλλοντος.

Το μηνιαίο φορτίο L_{θ} για τη θέρμανση του χώρου είναι ανάλογο του αριθμού των βαθμομερών στη διάρκεια του μήνα:

$$L_{\theta} = 24 \cdot (UA)_b \cdot D \cdot f_e \quad (6.21)$$

όπου:

D : ο αριθμός βαθμομερών του μήνα. Ο αριθμός των βαθμομερών μιας ημέρας είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αναφοράς και της μέσης θερμοκρασίας αυτής της μέρας. Ο αριθμός βαθμομερών του μήνα είναι το άθροισμα των βαθμομερών όλων των ημερών του μήνα.

$(UA)_b$: το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας και της περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου. Ο παράγοντας αυτός προκύπτει σαν πηλίκο των θερμικών απωλειών του κτιρίου, χωρίς προσαύξηση για διακοπτόμενη λειτουργία, προς τη θερμοκρασιακή διαφορά υπολογισμού.

f_e : ο συντελεστής εξοικονόμησης ενέργειας. Ανάλογα με τη φύση του κτιρίου και για διακοπή λειτουργίας 8-16 ωρών ημερήσια, είναι 0,7-0,85. Επειδή η θέρμανση του προς μελέτη κτιρίου είναι συνεχής λαμβάνεται ίσος με 1.

$(UA)_b = \frac{10941(W)}{20 - 3 (^{\circ}C)} = 643,6 W/^{\circ}C$		
ΜΗΝΕΣ	ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΑΝΙΩΝ (ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010) ($t_a=20^{\circ}C$)	ΦΟΡΤΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ L_{θ} (MJ/mo)
Ιανουάριος	263	14624,7
Φεβρουάριος	231	12845,2
Μάρτιος	215	11955,5
Απρίλιος	122	6784,1
Μάιος	72	4003,7
Ιούνιος	0	0
Ιούλιος	0	0
Αύγουστος	0	0
Σεπτέμβριος	0	0
Οκτώβριος	54	3002,8
Νοέμβριος	127	7062,1
Δεκέμβριος	218	12122,3

Πίνακας 6.9 Μηνιαίο φορτίο θέρμανσης χώρων

6.3.2 ΜΗΝΙΑΙΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) σε ένα κτίριο εξαρτάται από τη χρήση του αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι κάθε κτίριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνήθειες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Ζ.Ν.Χ.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή Ζ.Ν.Χ. καθορίστηκε η ημερήσια κατανάλωση του Ζ.Ν.Χ. ανά άτομο και ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας του υπό μελέτη κτιρίου. Επίσης για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή του απαιτούμενου ζεστού νερού χρήσης, είναι απαραίτητη και η μέση θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη. Στην τεχνική οδηγία του ΤΕΕ <Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές> δίνονται τυπικές τιμές για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού δικτύου για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Το μέσο μηνιαίο φορτίο για θέρμανση νερού υπολογίζεται ως εξής:

$$L_w = N \cdot V_w \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_w - T_m) \quad (6.22)$$

Όπου:

N : ο αριθμός των ημερών του μήνα

V_w : η μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού (lt)

ρ : το ειδικό βάρος του νερού (1Kg/lit)

C_p : η ειδική θερμότητα του νερού (4189J/Kg·°C)

T_w : η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού (45 °C)

T_m : η θερμοκρασία του κρύου νερού (°C)

Για μια κατοικία η κατανάλωση ζεστού νερού θεωρείται 50 lt/άτομο ημερησίως. Για το προς μελέτη κτίριο θεωρούμε ότι 3 άτομα άρα η ημερήσια κατανάλωση είναι $V_w=150$ lt/άτομο.

ΜΗΝΕΣ	N	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΑΝΙΩΝ T_m (°C) (TOTEE 20701-3/2010)	ΦΟΡΤΙΟ Z.N.X. L_w (MJ)
Ιανουάριος	31	14,2	600,1
Φεβρουάριος	28	13,4	556,1
Μάρτιος	31	13,7	609,8
Απρίλιος	30	15,4	558,1
Μάιος	31	17,8	530,0
Ιούνιος	30	20,9	454,4
Ιούλιος	31	23	428,6
Αύγουστος	31	24,1	407,2
Σεπτέμβριος	30	23,6	403,5
Οκτώβριος	31	21,7	454,0
Νοέμβριος	30	19	490,2
Δεκέμβριος	31	16,1	563,1

Πίνακας 6.10 Μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης

6.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2010 συνήθης πρακτική είναι η εγκατάσταση $1m^2$ απλού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης. Αντίστοιχα, για τη θέρμανση χώρων αντιστοιχεί $1m^2$ επίπεδου απλού ηλιακού συλλέκτη για θερμικό φορτίο 700 W (≈ 600 kcal/h).

Για την κάλυψη των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης απαιτούνται $3m^2$ συλλέκτη. Το φορτίο της θέρμανσης είναι 10941W και για την κάλυψή του απαιτούνται $10941/700=15,63$ m^2 συλλέκτη. Το συνολικό συλλεκτικό πεδίο είναι $18,63$ m^2 . Θα τοποθετηθούν 8 συλλέκτες των $2,5$ m^2 . Έτσι το τελικό συλλεκτικό πεδίο διαμορφώνεται στα 20 m^2 .

6.4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η μέθοδος των καμπυλών f αφορά τον καθορισμό του ποσοστού του ολικού φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο. Για να προσδιοριστεί το ποσοστό, είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι αδιάστατοι συντελεστές X και Y . Ο συντελεστής X είναι το πηλίκο των απωλειών του συλλέκτη προς το ολικό θερμικό φορτίο του μήνα. Ο συντελεστής Y είναι ο λόγος της ολικής ενέργειας που απορροφάται από τη συλλεκτική επιφάνεια προς το ολικό φορτίο του μήνα. Οι δύο συντελεστές δίνονται από τις σχέσεις:

$$X = F_R U_L \cdot (F'_R / F_R) \cdot (\theta_{ref} - \theta_a) \cdot \Delta t \cdot (A_c / L) \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (6.23)$$

$$Y = F_R (\tau\alpha)_\eta \cdot (F'_R / F_R) \cdot (\tau\alpha) / (\tau\alpha)_\eta \cdot H_T \cdot (A_c / L) \cdot K_4 \quad (6.24)$$

όπου,

A_c : η συνολική συλλεκτική επιφάνεια (m^2)

F_R : ο συντελεστής θερμικής απολαβής συλλέκτη

F'_R : ο συντελεστής θερμικής απολαβής συνδυασμού συλλέκτη εναλλάκτη

U_L : ο συντελεστής θερμικών απωλειών συλλέκτη ($J^\circ C m^2$)

Δt : η χρονική περίοδος κάθε μήνα (s)

θ_{ref} : η θερμοκρασία αναφοράς ($100^\circ C$)

θ_a : η μέση ημερήσια θερμοκρασία των ωρών της ημέρας για κάθε μήνα ($^\circ C$)

L : το θερμικό φορτίο για κάθε μήνα (J)

H_T : η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του συλλέκτη για κάθε μήνα ($J/m^2 mo$)

$(\tau\alpha)$: η μέση τιμή του γινομένου διαπερατότητας τζαμιού και απορροφητικότητας της πλάκας του συλλέκτη

$(\tau\alpha)_\eta$: το ίδιο γινόμενο, αλλά για καθέτως προσπίπτουσα ακτινοβολία

K_2 : ο συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής

K_3 : ο συντελεστής ζεστού νερού

K_4 : ο συντελεστής εναλλάκτη θερμότητας φορτίου

Αφού προσδιοριστούν οι συντελεστές X και Y για κάθε μήνα υπολογίζεται το ποσοστό f του φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (6.25)$$

Για συλλέκτη με επιλεκτική επιφάνεια έχουμε τα εξής χαρακτηριστικά μεγέθη: [3]

$$F_R U_L = 5 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_R(\tau\alpha)_n = 0,75$$

$$F'_R/F_R = 0,9$$

$$K_2 = (75/M)^{0,25} = (75/50)^{0,25} = 1,107$$

$$K_3 = 1$$

$$K_4 = 1$$

$$A_c = 20 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 24h * 3600 * N \text{ όπου } N \text{ το πλήθος των ημερών του μήνα}$$

ΜΗΝΕΣ	Δt (s)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΑΛΙΩΝ θ_a ($^{\circ}\text{C}$) (ΤΟΤΕΕ 20701- 3/2010)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ H_T ($\text{KWh/m}^2 \cdot \text{mo}$)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ H_T ($\text{MJ/m}^2 \cdot \text{mo}$)	L_{θ} (MJ)	L_w (MJ)	L (MJ)	$(\tau'_{\alpha})/(\tau_{\alpha})_n$	X	Y	f
Ιανουάριος	2678400	11,9	94	338,4	14624,38	697,51	15321,89	0,92	1,534	0,274	0,169
Φεβρουάριος	2419200	12,2	104	374,4	12844,99	644,09	13489,08	0,92	1,569	0,345	0,229
Μάρτιος	2678400	13,5	139	500,4	11955,30	707,25	12662,55	0,92	1,823	0,491	0,336
Απρίλιος	2592000	16,4	160	576,0	6783,93	652,38	7436,32	0,91	2,903	0,952	0,602
Μάιος	2678400	20,4	182	655,2	4003,63	627,37	4631,00	0,89	4,587	1,700	0,887
Ιούνιος	2592000	24,7	179	644,4	0,00	548,68	548,68	0,88	35,441	13,953	25,017
Ιούλιος	2678400	26,9	187	673,2	0,00	526,05	526,05	0,89	37,081	15,376	36,119
Αύγουστος	2678400	26,7	188	676,8	0,00	504,62	504,62	0,91	38,762	16,477	46,798
Σεπτέμβριος	2592000	23,6	172	619,2	0,00	497,77	497,77	0,92	39,636	15,450	36,956
Οκτώβριος	2678400	20	142	511,2	3002,73	551,38	3554,11	0,93	6,007	1,806	0,860
Νοέμβριος	2592000	16,9	120	432,0	7061,96	584,51	7646,47	0,93	2,807	0,709	0,446
Δεκέμβριος	2678400	13,6	97	349,2	12122,11	660,49	12782,60	0,92	1,804	0,339	0,210

Πίνακας 6.11 Υπολογισμός ποσοστού κάλυψης μηνιαίο φορτίο

6.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Υπολογισμός θερμοδοχείου: [35]

- όγκος αποθήκευσης ZNX: $1-1.5 \cdot \text{όγκο ZNX}$
- όγκος αποθήκευσης νερού θέρμανσης: $A \cdot 50 - V_{STZNX} < V_{ST\theta} < A \cdot 70 - V_{STZNX}$

όπου:

A: η απαιτούμενη συλλεκτική επιφάνεια (m^2)

V_{STZNX} : ο όγκος του δοχείου αποθήκευσης ZNX (lt)

$V_{ST\theta}$: ο όγκος του δοχείου αποθήκευσης νερού θέρμανσης χώρου (lt)

Για το υπό μελέτη κτίριο θα επιλέξουμε θερμοδοχείο tank in tank με μια σερπαντίνα για την περίπτωση που έχουμε το ηλιοθερμικό σύστημα και απλό θερμοδοχείο tank in tank για το σύστημα με τον λέβητα πετρελαίου. Η χωρητικότητάς τους υπολογίζεται ως εξής:

- για ζεστό νερό χρήσης: $V_{STZNX} = 150$ lt
- και για νερό θέρμανσης: $A \cdot 50 - V_{STZNX} < V_{ST\theta} < A \cdot 70 - V_{STZNX}$

$$20 \cdot 50 - 150 < V_{ST\theta} < 20 \cdot 70 - 150$$

$$850 < V_{ST\theta} < 1250$$

$$V_{ST\theta} = 1000 \text{ lt}$$

6.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ

Για την εκλογή του κατάλληλου λέβητα χρησιμοποιείται σαν βάση το ύψος των ολικών θερμικών απωλειών της εγκατάστασης που έχουν ήδη υπολογιστεί. Στο μέγεθος αυτό φυσικά προστίθεται και ένα ποσοστό προσαυξήσεων, έτσι ώστε να καλυφθεί και το μέγεθος της φθοράς του λέβητα (μειωμένη απόδοση μετά από χρήση), καθώς και τυχόν κατασκευαστικές μικροελλείψεις της εγκατάστασης. Το μέγεθος αυτό καλείται συντελεστής προσαύξησης λέβητα z_λ . Η θερμική ικανότητα του λέβητα δίνεται από τον τύπο:

$$\dot{Q}_\lambda = (1 + z_\lambda) \dot{Q}_{ολ} \quad (6.26)$$

Έχουμε:

$$Q_\theta = 10.941 \text{ KW}$$

$$Q_{ZNX} = V_d \cdot \frac{C_p}{3600} \cdot \rho \cdot \Delta T = 150 \cdot \frac{4.18}{3600} \cdot 1 \cdot (65 - 13.4) = 8.987 \frac{\text{KWh}}{\text{day}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{ZNX} = \frac{8.987}{5h} = 1.797 \text{ KW}$$

$$Q_B = 1000 \cdot \frac{4.18}{3600} \cdot 1 \cdot (65 - 40) = 29.03 \frac{\text{KWh}}{\text{day}} = \frac{29.03}{5h} = 5.806 \text{ KW}$$

$$Q_{\text{ολ}} = Q_{\theta} + Q_{ZNX} + Q_B = 10.941 + 1.797 + 5.806 = 18.544 \text{ KW}$$

Έτσι, απαιτείται λέβητας συνολικής θερμικής ισχύος ίσης με:

$$\dot{Q}_{\lambda} = (1 + z_{\lambda}) \dot{Q}_{\text{ολ}} = (1 + 0.2) 18.544 = 22.3 \text{ KW}$$

Θα επιλέξω λέβητα μαντεμένιο 30KW.

Καυστήρα επιλέγουμε ανάλογα με το καύσιμο που έχουμε και να υποστηρίζει λέβητα 30KW.

6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

- Κλειστό δοχείο διαστολής για το σύστημα λέβητα-θερμοδοχείο-ενδοδαπέδια.

Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού είναι $t_v = 65^{\circ}\text{C}$.

Η θερμοκρασία επιστροφής του νερού είναι $t_r = 40^{\circ}\text{C}$.

Η μέση θερμοκρασία λειτουργίας $t_m = \frac{(t_v + t_r)}{2} = \frac{105}{2} = 52.2^{\circ}\text{C}$

Η στατική πίεση εγκατάστασης είναι $P_A = 1.5 \text{ bar}$.

Η τελική πίεση εγκατάστασης είναι $P_E = P_A + 0.7 = 2.2 \text{ bar}$.

Ο συντελεστής διαστολής του νερού είναι $A_f = 0.0131$. [22]

Τον συντελεστή προσαύξησης του περιεχόμενου νερού τον θεωρούμε 10%.

Το περιεχόμενο νερό στο σύστημα είναι 160.65lt στην ενδοδαπέδια, 1000lt στο boiler και 50lt στον λέβητα. Ο ολικός όγκος νερού είναι $V_s = 1210.65 \text{ lt}$. Άρα η διαστολή του νερού είναι $V_A = A_f \cdot V_s = 0.0131 \cdot 1210.65 = 15.86 \text{ lt}$

Ο ελάχιστος όγκος του δοχείου διαστολής δίνεται από τον τύπο:

$$V_N = \frac{(P_E + 1) \cdot V_A}{(P_E - P_A)} = \frac{(2.2 + 1) \cdot 15.86}{(2.2 - 1.5)} = 72.5 \text{ lt}$$

Εκλέγεται κλειστό δοχείο διαστολής χωρητικότητας 80lt/3bar

Επίσης επιλέγεται βαλβίδα ασφαλείας 1/2"/3bar

- Κλειστό δοχείο διαστολής για το σύστημα συλλεκτών-σερπαντίνα θερμοδοχείου.

Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού είναι $t_v = 65^\circ\text{C}$.

Η θερμοκρασία επιστροφής του νερού είναι $t_r = 40^\circ\text{C}$.

Η μέση θερμοκρασία λειτουργίας $t_m = \frac{(t_v + t_r)}{2} = \frac{105}{2} = 52.2^\circ\text{C}$

Η στατική πίεση εγκατάστασης είναι $P_A = 1.5 \text{ bar}$.

Η τελική πίεση εγκατάστασης είναι $P_E = P_A + 0.7 = 2.2 \text{ bar}$.

Ο συντελεστής διαστολής του νερού είναι $A_f = 0.0131$ [22]

Τον συντελεστή προσαύξησης του περιεχόμενου νερού τον θεωρούμε 10%.

Το περιεχόμενο νερό στο σύστημα είναι 100lt στους συλλέκτες, 20lt στη σερπαντίνα του boiler και 10lt στις σωληνώσεις. Ο ολικός όγκος νερού είναι $V_s = 130 \text{ lt}$. Άρα η

διαστολή του νερού είναι $V_A = A_f \cdot V_s = 0.0131 \cdot 130 = 1.703 \text{ lt}$

Ο ελάχιστος όγκος του δοχείου διαστολής δίνεται από τον τύπο:

$$V_N = \frac{(P_E + 1) \cdot V_A}{(P_E - P_A)} = \frac{(2.2 + 1) \cdot 1.703}{(2.2 - 1.5)} = 7.79 \text{ lt}$$

Εκλέγεται κλειστό δοχείο διαστολής χωρητικότητας 8lt/3bar.

Επίσης επιλέγεται βαλβίδα ασφαλείας 1/2"/3bar.

6.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ

Ο κυκλοφορητής που απαιτείται για να κυκλοφορεί το νερό από τον λέβητα στο θερμοδοχείο θα έχει παροχή:

$$G_{min} = \frac{Q_\lambda}{\Delta T} = \frac{30000/1.14}{65-40} = 1056 \text{ lt/h} = 1.056 \text{ m}^3/\text{h}$$

Το μανομετρικό ύψος είναι:

$$H_\kappa = H_{ολ} \cdot 1.15 = 0.6 \cdot 1.15 = 0.7 \text{ mH}_2\text{O}$$

Θα τοποθετηθεί κιτ κυκλοφορητή με ενσωματωμένο θερμοστάτη ώστε να τίθεται σε λειτουργία και να διακόπτεται την κατάλληλη στιγμή. Η παροχή του θα είναι 1.056 m^3/h και το μανομετρικό ύψος 0.7 mH_2O .

Ο κυκλοφορητής που θα τοποθετηθεί για να κυκλοφορεί το νερό από τους ηλιακούς συλλέκτες στο θερμοδοχείο θα έχει παροχή:

$$G_{min} = \frac{Q_\lambda}{\Delta T} = \frac{30000/1.14}{65-40} = 1056 \text{ lt/h} = 1.056 \text{ m}^3/\text{h}$$

Το μανομετρικό ύψος είναι:

$$H_\kappa = H_{ολ} \cdot 1.15 = 1 \cdot 1.15 = 1.15 \text{ mH}_2\text{O}$$

Θα τοποθετηθεί κιτ κυκλοφορητή ηλιακού. Η παροχή του θα είναι 1.056 m^3/h και το μανομετρικό ύψος 1.15 mH_2O .

Κατά τον υπολογισμό της ενδοδαπέδιας θέρμανσης μέσω του προγράμματος Fine, έγινε ο υπολογισμός του κυκλοφορητή που απαιτείται για το σύστημα αυτό και έχει παροχή 3.5 m³/h, μανομετρικό ύψος 4 mH₂O και ισχύς 95W. Θα τοποθετηθεί κι κυκλοφορητή με τρίοδη βάνα ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού στο ενδοδαπέδιο σύστημα σταθερή στους 50°C.

6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Βάση του ποσοστού f , που υπολογίστηκε στην παράγραφο 6.4.1 για κάθε μήνα του χρόνου, το μέσο μηνιαίο ωφέλιμο φορτίο που καλύπτει ο ηλιακός συλλέκτης δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{\omega\phi-mo} = L \cdot f \quad (6.27)$$

Η κατανάλωση καυσίμου δίνεται από τον τύπο:

$$\kappa = \frac{L}{\eta \cdot \text{Hu}} \quad (6.28)$$

Όπου:

L: μηνιαίο φορτίο (MJ)

η : βαθμός απόδοσης (90%)

Hu: θερμογόνο δύναμη καυσίμου (πέλλετ 17MJ, πετρέλαιο 38MJ)

Για την μελέτη μας έχουμε:

ΜΗΝΕΣ	L (MJ)	f	Εξοικονόμηση ενέργειας (MJ)	Υπολειπόμενη ενέργεια (MJ)	Απαιτούμενο καύσιμο πέλλετ (Kg)	Απαιτούμενο καύσιμο πετρέλαιο (lt)
Ιανουάριος	15321,89	0,169	2585,97	12735,9	832,4	448,0
Φεβρουάριος	13489,08	0,229	3088,28	10400,8	679,8	394,4
Μάρτιος	12662,55	0,336	4255,42	8407,1	549,5	370,2
Απρίλιος	7436,32	0,602	4478,97	2957,3	193,3	217,4
Μάιος	4631,00	0,887	4105,71	525,3	34,3	135,4
Ιούνιος	548,68	25,017	13726,49	0,0	0,0	16,0
Ιούλιος	526,05	36,119	19000,35	0,0	0,0	15,4
Αύγουστος	504,62	46,798	23615,33	0,0	0,0	14,8
Σεπτέμβριος	497,77	36,956	18395,86	0,0	0,0	14,6
Οκτώβριος	3554,11	0,860	3057,87	496,2	32,4	103,9
Νοέμβριος	7646,47	0,446	3410,69	4235,8	276,8	223,6
Δεκέμβριος	12782,60	0,210	2689,28	10093,3	659,7	373,8

Πίνακας 6.12 Υπολογισμός μηνιαίας κατανάλωσης καυσίμου

6.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

6.5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε για να αξιολογήσουμε την επένδυσή μας είναι η μέθοδος του κόστους του κύκλου ζωής (LCC). Είναι η ευρύτερα αποδεκτή μέθοδος για την εκτίμηση του οικονομικού οφέλους των έργων εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση δύο τουλάχιστον εναλλακτικών επιλογών για ένα δεδομένο έργο. Η βασική διαδικασία υπολογισμού της μεθόδου LCC είναι σχετικά απλή, αφού μ' αυτήν επιχειρείται ο καθορισμός της οικονομικής αποδοτικότητας των, διάφορων εναλλακτικών λύσεων. Για κάθε εναλλακτική επιλογή υπολογίζονται τα συνολικά κόστη για όλη της διάρκεια ζωής του εκάστοτε έργου. Είναι σύνηθες στις αναλύσεις που αφορούν ενεργειακά έργα να χρησιμοποιείται ένα προεξοφλητικό επιτόκιο (θ), στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι επιδράσεις του πληθωρισμού και της φορολογίας οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\theta = \frac{i+\lambda}{1+\lambda} \quad (6.29)$$

Όπου:

i : είναι ο μέσος όρος των επιτοκίων ($i=7.18\%$)

λ : ο ετήσιος πληθωρισμός ($\lambda=2.5\%$)

Η απλή παρούσα αξία του κόστους στον κύκλο ζωής μιας επένδυσης θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$LCC = \sum_{k=0}^N CF_k \cdot SPPW(d, k) \quad (6.30)$$

Όπου:

$$SPPW(d, k) = (1 + \theta)^{-k} \quad (6.31)$$

CF_k : οι χρηματοροές .

Υπολογισμός αρχικού κόστους επένδυσης		
	Λέβητας-καυστήρας πέλλετ + ηλιακό σύστημα	Λέβητας-καυστήρας πετρελαίου
Τιμή λέβητα-καυστήρα- καπνοδόχου-κυκλοφορητή	3500	2400
Δοχεία διαστολής	220	170
Θερμοδοχείο	1540	1300
Ηλιακοί συλλέκτες (ηλιακά πάνελ-σωληνώσεις- κυκλοφορητής)	3000	0
Ενδοδαπεδιο σύστημα (σωληνώσεις- κυκλοφορητής- γαρμπλόδεμα)	4000	4000
Λοιπά εξαρτήματα σύνδεσης λεβητοστασίου	900	700
Εργασία	2800	2500
Σύνολο	15960	11070

Πίνακας 6.13 Υπολογισμός αρχικού κόστους επένδυσης

Υπολογισμός κόστους λειτουργίας		
	Λέβητας-καυστήρας πετρελαίου	Λέβητας-καυστήρας πέλλετ + ηλιακό σύστημα
Απαιτούμενο καύσιμο ανά έτος (Πίνακας 6.3)	2327,52	3258,29
Κόστος καυσίμου (ευρώ/Lt - ευρώ/Kg)	1,35	0,6
Κόστος λειτουργίας	3142,15	1954,97

Πίνακας 6.14 Υπολογισμός κόστους λειτουργίας

	1η περίπτωση	2η περίπτωση
	α. Λέβητας- καυστήρας πετρελαίου	β. Λέβητας- καυστήρας πέλλετ + ηλιακό σύστημα
Αρχική κατάσταση		
Κόστος εγκατάστασης	11070	15960
Ετήσια λειτουργικά κόστη		
Κόστος λειτουργίας	3142,15	1954,97
Κόστος συντήρησης	50	100

Πίνακας 6.15 Συγκενρωτικό κόστος ανά επένδυση

Στην δική μας περίπτωση θα αξιολογήσουμε δύο εναλλακτικές περιπτώσεις:

1. σύστημα α. λέβητα - καυστήρα πετρελαίου
2. σύστημα β. λέβητα - καυστήρα πέλλετ σε συνδυασμό με ηλιακό σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας.

Η διάρκεια ζωής των παραπάνω συστημάτων είναι τουλάχιστον 15 έτη.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο υπολογίζεται ως εξής:

$$\theta = \frac{7.15\% + 2.5\%}{1 + 2.5\%} = 2.76\%$$

Ο παράγοντας παρούσας αξίας απλής πληρωμής πρώτου έτους είναι:

$$SPPW_1 = (1 + 2.76\%)^{-1} = 0.973$$

Η απλή παρούσα αξία του κόστους στον κύκλο ζωής του πρώτου έτους είναι:

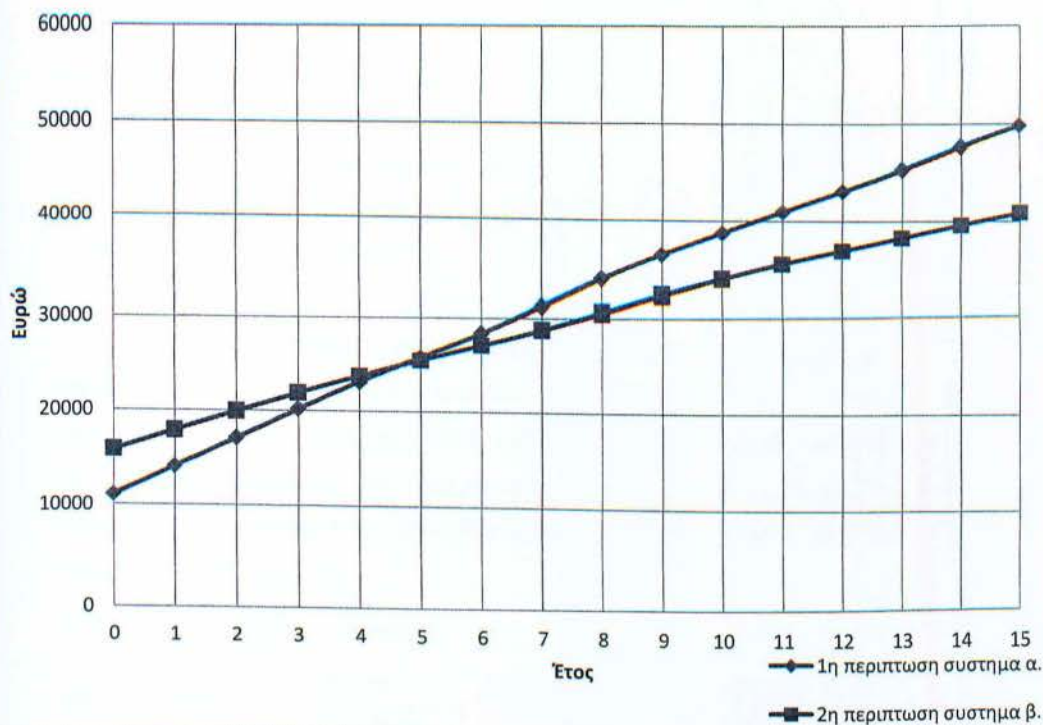
$$LCC1 = 11070 + (3242.15 \cdot 0.973) = 14225.07$$

Με τον παραπάνω τρόπο υπολογίζουμε το κόστος στον κύκλο ζωής για μια 15ετία .

Έτος	SPPW	1η περίπτωση σύστημα α.	2η περίπτωση σύστημα β.
0	-	11070	15960
1	0,973	14176,41	17959,78
2	0,947	17199,39	19905,84
3	0,922	20141,18	21799,64
4	0,897	23003,95	23642,57
5	0,873	25789,83	25436,00
6	0,849	28500,89	27181,26
7	0,826	31139,13	28879,65
8	0,804	33706,51	30532,42
9	0,783	36204,94	32140,80
10	0,762	38636,26	33705,98
11	0,741	41002,28	35229,13
12	0,721	43304,75	36711,36
13	0,702	45545,38	38153,78
14	0,683	47725,83	39557,46
15	0,665	49847,71	40923,44

Πίνακας 6.16 Κόστος κύκλου ζωής επένδυσης

Κόστος κύκλου ζωής επένδυσης σε βαθος 15ετίας



Διάγραμμα 6.1 Πορεία του κόστους του κύκλου ζωής

Βλέπουμε ότι από το τέταρτο με πέμπτο έτος το κόστος της 2ης περίπτωσης, όπου είναι αυτή που επιλέγουμε, είναι μικρότερο από αυτό της 1ης περίπτωσης. Το 15 έτος η επένδυση μας στο σύστημα β. έχει αποφέρει 8924€ σε σχέση εάν επενδύαμε στο σύστημα α. Αν αναλογιστεί κανείς ότι τα παραπάνω συστήματα έχουν το ελάχιστο 25έτη ζωής μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η επιλογής μας ήταν ορθή και η επένδυση μας θα καταστεί κερδοφόρα.

6.5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ NPV (ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ)

Η μέθοδος NPV βασίζεται στην απλή παραδοχή: Αν η σημερινή αξία των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών ροών που θα έχουμε από μια επένδυση είναι μεγαλύτερη από το κόστος της, τότε η επένδυση πρέπει να πραγματοποιηθεί. Αν αντίθετα είναι μικρότερη, τότε πρέπει να απορριφθεί. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) μιας επένδυσης είναι η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των καθαρών

ταμειακών ροών της επένδυσης, προεξοφλημένων στο παρόν με επιτόκιο θ και του αρχικού κεφαλαίου K_0 που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η επένδυση σήμερα.

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+\theta)^t} - K_0$$

(6.32)

Όπου:

K_0 : είναι το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης

KTP : είναι η ετήσια θετική ή αρνητική ταμειακή ροή του έτους $t=0, 1, 2 \dots n$

θ : είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο

Για να αξιολογήσουμε την επένδυση μας σύμφωνα με την μέθοδο NPV θα λάβουμε υπόψη μας σαν αρχικό κεφάλαιο επένδυσης την διαφορά του κόστους εγκατάστασης των συστημάτων α , β και σαν θετική ταμειακή ροή την εξοικονόμηση του κόστους λειτουργίας του συστήματος β έναντι του συστήματος α . Θα υπολογίσουμε την καθαρή παρούσα αξία για 15 χρόνια με επιτόκιο 2.76%. Οπότε ο τύπος θα είναι της μορφής:

$$NPV = \sum_{t=1}^{15} \frac{1137.18\text{€}}{(1+2.76\%)^t} - 4890\text{€}$$

$$NPV = -4890\text{€} + \frac{1137.18}{(1+2.76\%)^1} + \frac{1137.18}{(1+2.76\%)^2} + \dots + \frac{1137.18}{(1+2.76\%)^{15}}$$

$$\Rightarrow NPV = 8924.28\text{€}$$

Η καθαρή παρούσα αξία κάνοντας τους υπολογισμούς για την 15ετία είναι θετική και στα 8924.28€. Η επένδυση με προεξοφλητικό επιτόκιο 2.79% θεωρείται κερδοφόρα αφού όχι μόνο αποσβένει το αρχικό της κεφάλαιο αλλά παρουσιάζει κέρδος 8924.28€.

Για να υπολογίσουμε με ποιο επιτόκιο η επένδυση μας θα ήταν στο σημείο ο θα χρησιμοποιούσαμε τη μέθοδο του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (IRR). Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το προεξοφλητικό επιτόκιο που εξισώνει την παρούσα αξία των ετήσιων ταμειακών ροών μιας επένδυσης, με το αρχικό της κόστος, δηλαδή το επιτόκιο που μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Δηλαδή ο IRR φανερώνει την απόδοση μιας επένδυσης.

$$IRR: \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+IRR)^t} - K_0$$

$$IRR = -4890 + \frac{1137.18}{(1+IRR)^1} + \frac{1137.18}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{1137.18}{(1+IRR)^{15}} = 0$$

$$\Rightarrow IRR = 22.09\%$$

Άρα αν το προεξοφλητικό επιτόκιο ήταν 22.09% η επένδυση μας θα βρισκόταν στο νεκρό σημείο (δηλαδή ούτε κέρδος, ούτε ζημία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε η κατηγορία των ηλιακών θερμικών συστημάτων και πραγματοποιήθηκε προσομοίωση σε μία κατοικία για εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος combi που συνεισφέρει στην παραγωγή όχι μόνο ζεστού νερού χρήσης αλλά και στην θέρμανση χώρων. Συνοπτικά μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

- Τα συστήματα combi είναι ήδη διαδεδομένα στην Ευρώπη και διατίθενται σε ευρύ φάσμα τυπολογιών.
- Οι προσομοιώσεις για τον Ελληνικό χώρο έδειξαν ότι ένα σύστημα θέρμανσης με ηλιακά/βιομάζα μπορεί να συνδυαστεί με συμβατικά θερμαντικά σώματα και επομένως μπορεί να παρεμβληθεί σε ένα ήδη εγκατεστημένο σύστημα αντικαθιστώντας την συμβατική πηγή ενέργειας (π.χ. πετρέλαιο), δίνοντας αξιόλογα ενεργειακά αποτελέσματα και καλύψεις του συνολικού θερμικού φορτίου που φτάνουν έως και 70%.
- 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. Η μορφή pellets, επιτρέπει ευκολία στην χρήση όμοια με αυτή των συμβατικών καυσίμων (μεταφορά, αποθήκευση). Επιπροσθέτως, η προώθηση της τοπικής παραγωγής μπορεί να φέρει σημαντική μείωση στην τιμή της καθώς και ενίσχυση της τοπικής οικονομίας.
- Η διαστασιολόγηση και ο τύπος του λέβητα και του καυστήρα είναι πολύ σημαντικά για την οικονομική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος. Επίσης ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί και στη διαστασιολόγηση του δοχείου διαστολής της εγκατάστασης, για την αντιμετώπιση του φαινομένου της στασιμότητας κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου δεδομένου της σύμπτωσης μηδενικού φορτίου θέρμανσης και μέγιστης ηλιακής απολαβής.
- Η υλοποίηση του συγκεκριμένου έργου καλείται να βελτιστοποιήσει την λειτουργία παρομοίων συστημάτων με σκοπό την τυποποίηση τους και την προώθηση τους στον ευρύτερο τομέα των εμπορικών εφαρμογών. Θα είναι σημαντικό, για την επιτυχή διάδοση του, να εμφανιστούν τα συστήματα αυτά στην αγορά αφού οριστούν και ολοκληρωθούν διαδικασίες δοκιμών και ενδεχομένως,

τυποποίησης. Αυτό θα περιορίσει το κίνδυνο τεχνικών ατοπημάτων, τα οποία αν και εύκολα στην επίλυσή τους, θα μπορούσαν να πλήξουν την αξιοπιστία της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

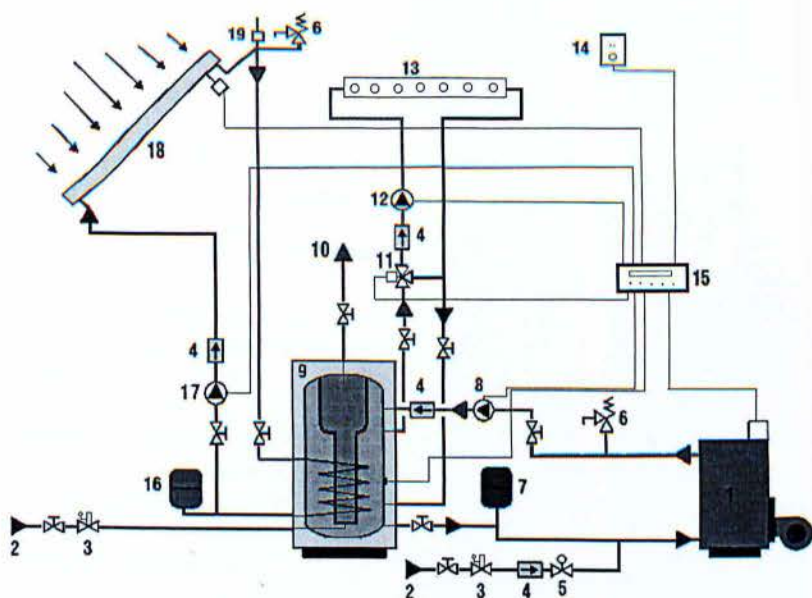
Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ενεργειακά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν βασίζονται σε ρεαλιστικές υποθέσεις. Πιο συγκεκριμένα, δεδομένης της μικρής (προς το παρόν) διάδοσής τους, δεν εξετάστηκαν οι παρακάτω ευνοϊκές παράμετροι:

- Δεν έχει ληφθεί υπ' όψη το γεγονός της ενεργής συμμετοχής του χρήστη στην εξοικονόμηση καυσίμου (μετατοπίζοντας, όσο είναι δυνατό, τη ζήτηση του ζεστού νερού στις ημέρες με ηλιοφάνειας).

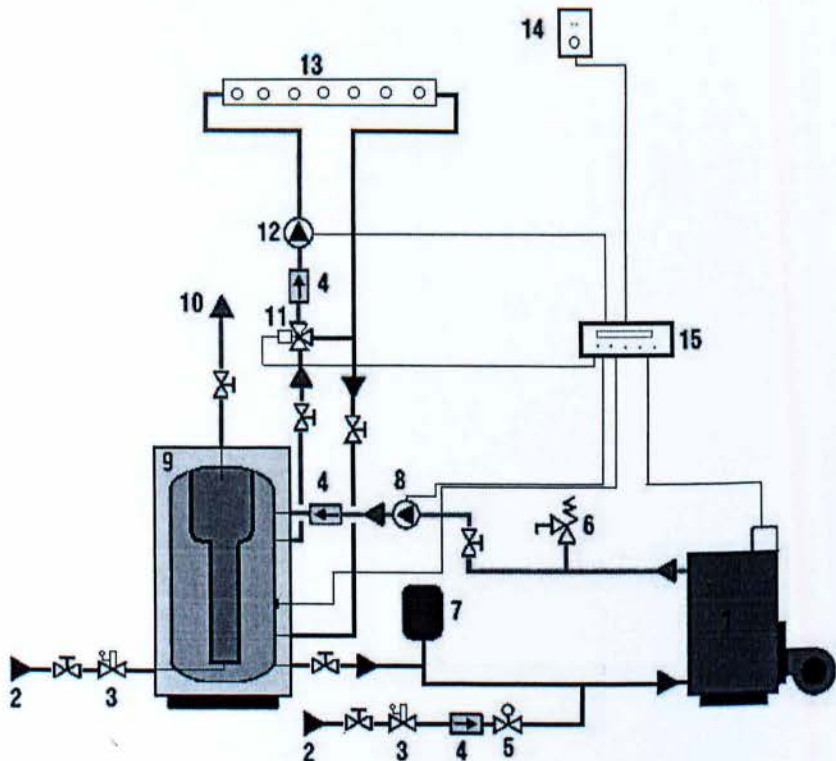
- Δεν εξετάστηκε η περίπτωση των βιοκλιματικών κτιρίων. Ενδεικτικά αναφέρεται πως στην περίπτωση ενός βιοκλιματικού κτιρίου με ενδοδαπέδια θέρμανση στην Αθήνα η κάλυψη των συνολικών θερμικών αναγκών ξεπερνά το 75%.

Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι οι προοπτικές εξέλιξης των συστημάτων combi στη χώρα μας (σε συνδυασμό με την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια) είναι υπαρκτές και αξιόλογες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Γράφημα 1: Υδραυλικό σχέδιο ηλιοθερμικού συστήματος θέρμανσης



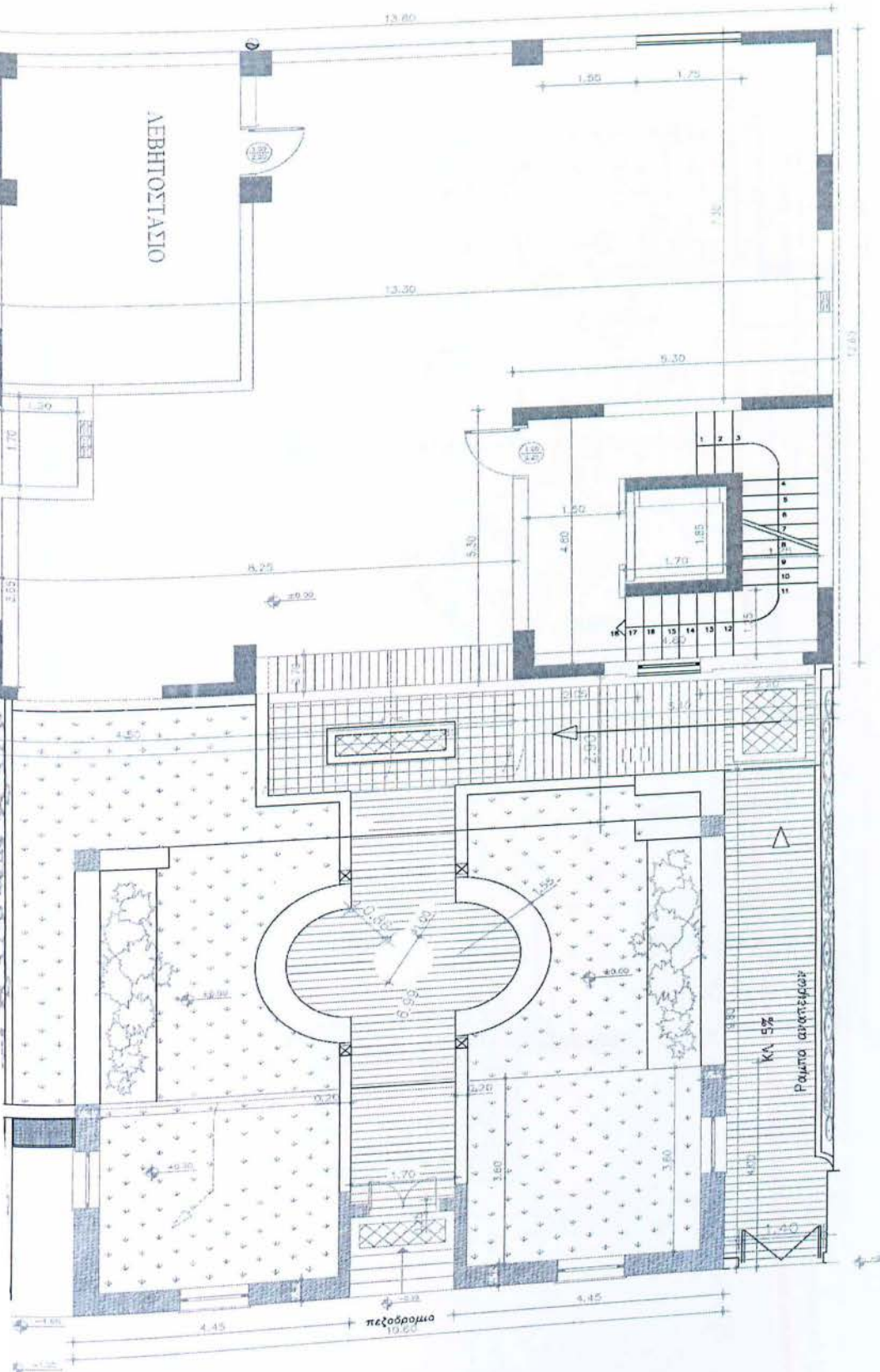
Γράφημα 2: Υδραυλικό σχέδιο κοινού συστήματος θέρμανσης

Υπόμνημα γραφήματος :

1. Λέβητας
2. Δίκτυο πόλεως
3. Μειωτής πίεσης
4. Ανεπίστροφη βαλβίδα
5. Αυτόματος πλήρωσης
6. Ασφαλιστική βαλβίδα
7. Δοχείο διαστολής boiler-λέβητα
8. Κυκλοφορητής λέβητα
9. Boiler tank in tank με ένα εναλλάκτη
10. Ζεστό νερό χρήσης
11. Τρίοδη βάνα ανάμιξης
12. Κυκλοφορητής θέρμανσης
13. Ενδοδαπέδια θέρμανση
14. Θερμοστάτης χώρου
15. Σύστημα ελέγχου εγκατάστασης
16. Δοχείο διαστολής ηλιακών συλλεκτών
17. Κυκλοφορητής ηλιακών συλλεκτών
18. Ηλιακοί συλλέκτες
19. Αυτόματο εξαεριστικό

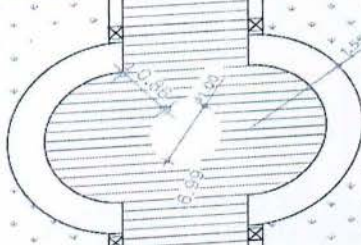
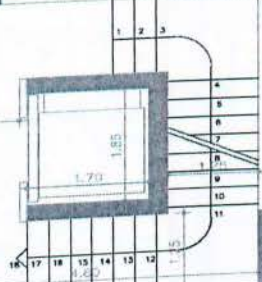


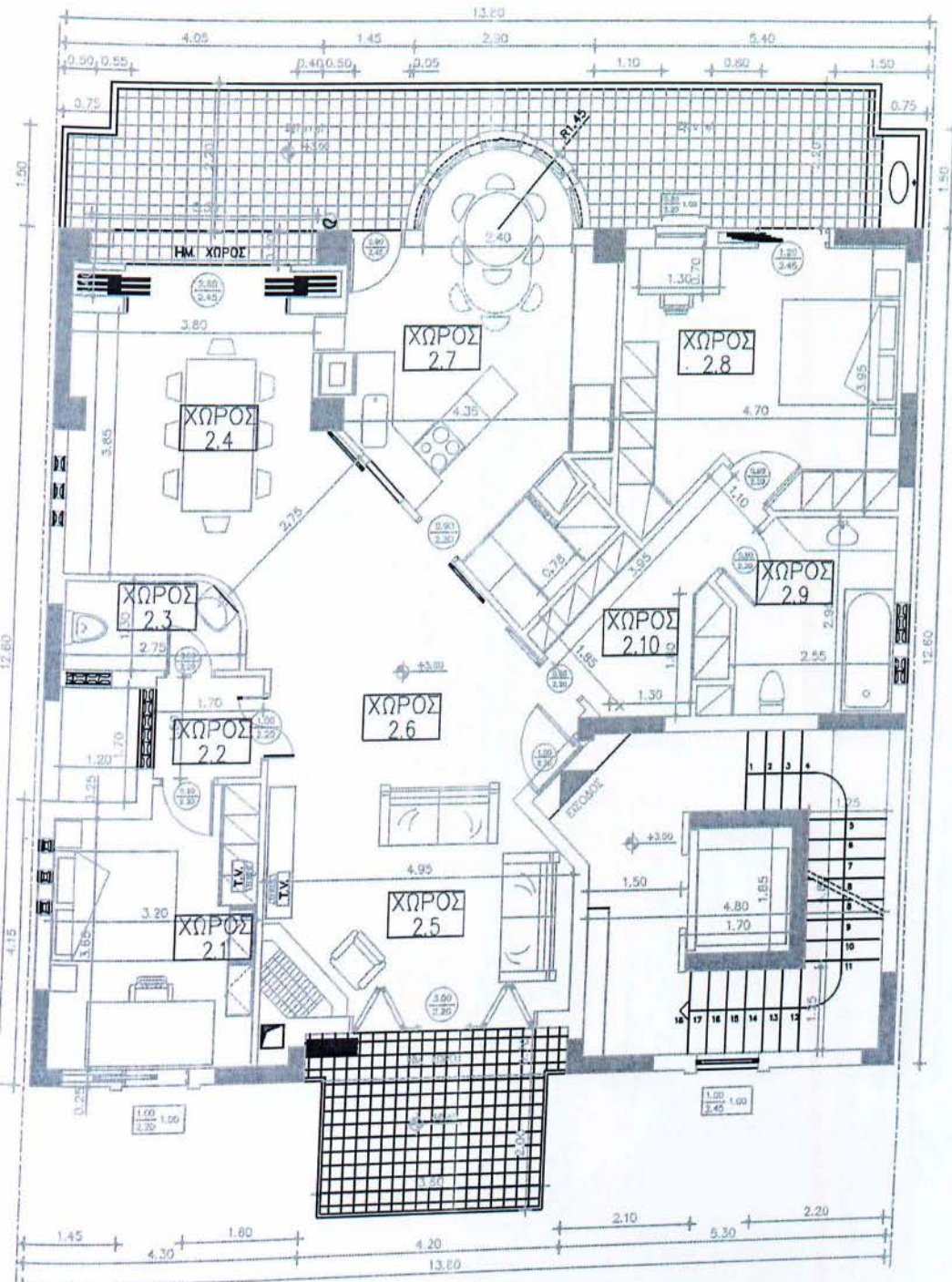
ΑΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ



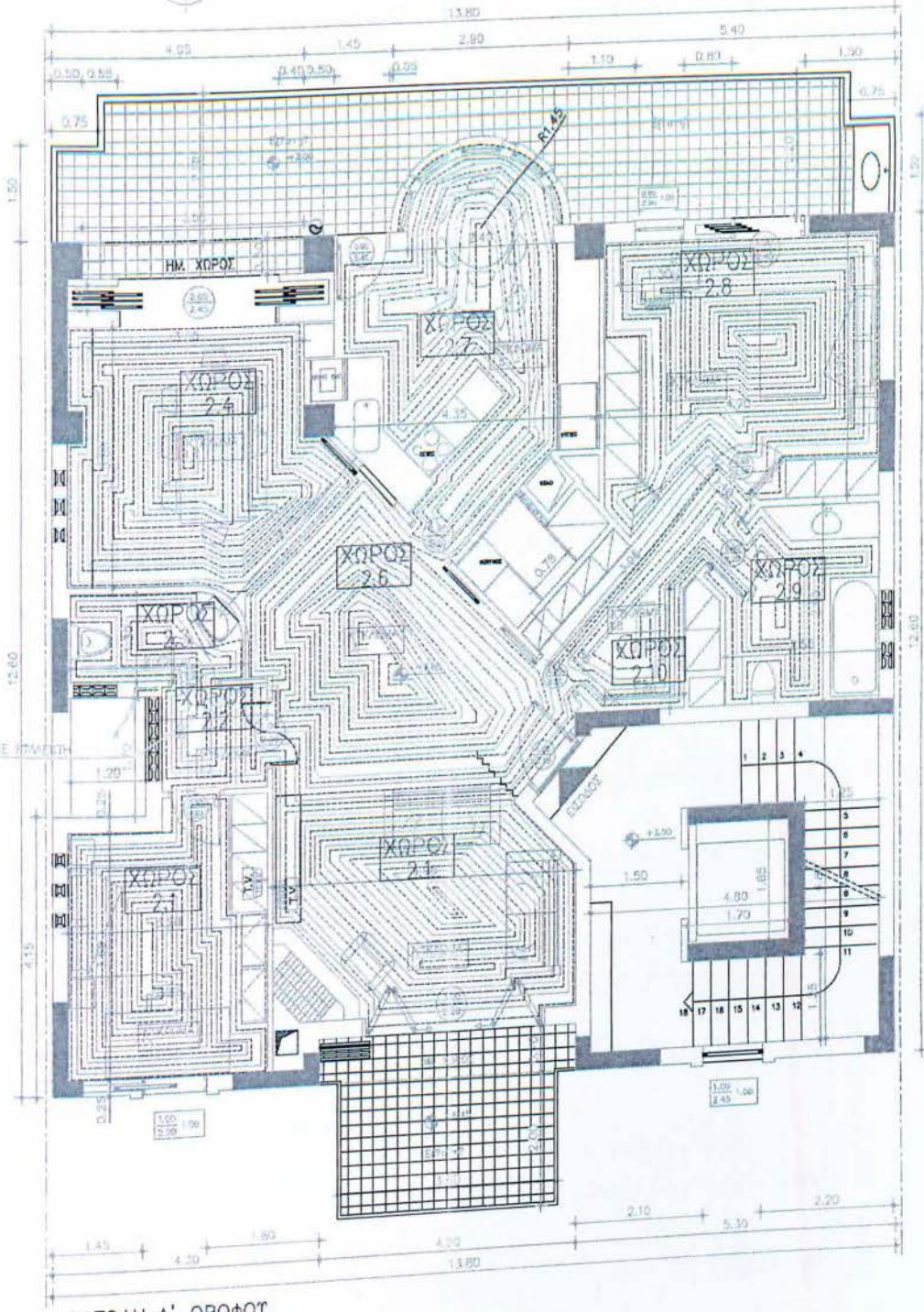
4.45 4.45 19.67 μέτρον

Κλίση 5% Ραμπά αντιστάθμιση





ΚΑΤΟΨΗ Α' ΟΡΟΦΟΤ



ΚΑΤΟYΗ Α' ΟΡΟΘΟΤ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Sprenger-Reckngel, 1992. *Θέρμανση και κλιματισμός*. 2η Έκδοση ed. Αθήνα: Μ. Γκιούρδας
- 2) http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3855/3/zisiss_energy.pdf
(Πρόσβαση 27/12/2012)
- 3) Καλδέλλης Ιωάννης Κ., Καββαδίας Κοσμάς Α., 2001. *Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας*. 1η Έκδοση ed. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε..
- 4) Κοδοσάκης Δημήτρης Ε., 1994. *Διαχείριση φυσικών πόρων και ενεργείας*. 1η Έκδοση ed. Αθήνα: Εκδόσεις Α. Σταμούλη.
- 5) Μπαλάρας Κων. Α., Αργυρίου Αθ. Α., Καραγιάννης Φ. Ε., 2006. *Συμβατές και ήπιες μορφές ενεργείας*. 1η Έκδοση ed. Αθήνα: Εκδόσεις Σέλκα-4Μ.
- 6) http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/pyrheliometer-88003-2315901.jpg (Πρόσβαση 9/2/2013)
- 7) http://www.middletonsolar.com/images/product_4_big.jpg (Πρόσβαση 9/2/2013)
- 8) <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=13842> (Πρόσβαση 30/9/2012)
- 9) <http://www.mgavrieltos.gr> (Πρόσβαση 5/11/2012)
- 10) <http://www.cres.gr/kape/education/thermika%20Hliaka.pdf> (Πρόσβαση 9/2/2013)
- 11) <http://www.homepower.com/articles/how-use-solar-water-heating> (Πρόσβαση 12/12/2012)
- 12) <http://www.assosboilers.com/el/hot-water-storage-tanks/hot-water-boiler-tanks.html> (Πρόσβαση 13/12/2012)
- 13) http://www.newenergysolutions.gr/Catalog/images/999/doxeio_diastromatosis_sailer.png (Πρόσβαση 13/12/2012)
- 14) http://www.thermogas.gr/UserFiles/image/hliothermia_gr/%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%B1_gr%20%2017.JPG (Πρόσβαση 14/12/2012)
- 15) <http://www.ypeka.gr> (Πρόσβαση 7/9/2012)
- 16) <http://www.cres.gr> (Πρόσβαση 7/9/2012)
- 17) <http://www.allaboutenergy.gr/HliakaSistimata.html> (Πρόσβαση 7/9/2012)
- 18) Περγίος Σταμάτης Δ., 2009 *Ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις*. 1η Έκδοση ed. Αθήνα: Εκδόσεις Σέλκα-4Μ.
- 19) Φραγκιαδάκης Ι. Ε., 2006 *Φωτοβολταϊκά συστήματα*, 2η Έκδοση ed. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

- 20) <http://www.thermostahl.gr> (Πρόσβαση 2/3/2013)
- 21) <http://www.interplast.gr> (Πρόσβαση 2/3/2013)
- 22) Βραχόπουλος Μιχάλης Γρ., 2004 Αναλυτική προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων, 1η Έκδοση ed. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε..
- 23) <http://udravlikos.gr/images/new/kleis-anoix.jpg> (Πρόσβαση 5/3/2013)
- 24) <http://kakariz-maragkos.skrouzstore.gr/assets/images/0273/5995/far.jpg>
(Πρόσβαση 5/3/2013)
- 25) <http://www.telethermansia.gr/Upload/2110.jpg> (Πρόσβαση 6/3/2013)
- 26) http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/%CE%92%CE%BF%CE%AE%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CE%95%CE%BA%CF%80%CF%8C%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82%CE%9C%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CF%84%CE%B7%CF%82%CE%98%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82_Version14_7-10-2011.pdf (Πρόσβαση 3/12/2012)
- 27) http://www.solin.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=14&lang=el (Πρόσβαση 3/12/2012)
- 28) http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass.htm
(Πρόσβαση 30/3/2013)
- 29) http://en.wikipedia.org/wiki/Wood_pellet (Πρόσβαση 30/3/2013)
- 30) <http://en.wikipedia.org/wiki/Woodchipper> (Πρόσβαση 30/3/2013)
- 31) <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/151-biomass-pellets-production-stages-part-1-biomass-pretreatment> (Πρόσβαση 30/3/2013)
- 32) <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/161-biomass-pellets-production-stages-part-2-pellet-production> (Πρόσβαση 30/3/2013)
- 33) http://www.modernfuels.gr/?page_id=1092 (Πρόσβαση 30/3/2013)
- 34) <http://www.hellaspellet.com/viewtopic.php?f=5&t=22> (Πρόσβαση 30/3/2013)
- 35) http://www.enforce-een.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2011/10/Solar_7.pdf
(Πρόσβαση 30/3/2013)