



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ ΤΟ ΝΕΡΟ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.

INVESTIGATION OF OPERATION OF WATER – COOLED HEAT PUMPS WITH WATER COOLANT FROM A SOLAR THERMAL SYSTEM.

ΦΙΤΣΙΟΥ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΩΤΤΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΟΖΑΝΗ (ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2021)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ ΤΟ ΝΕΡΟ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.

INVESTIGATION OF OPERATION OF WATER – COOLED HEAT PUMPS WITH WATER COOLANT FROM A SOLAR THERMAL SYSTEM.

ΦΙΤΣΙΟΥ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΩΤΤΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΟΖΑΝΗ (ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2021)

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν στόχο τη διερεύνηση της λειτουργίας μιας υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας με ψυκτικό μέσο το νερό προερχόμενο από ηλιοθερμικό σύστημα.

Η διπλωματική εργασία ξεκινάει με την παρουσίαση των αντλιών θερμότητας σε ένα πιο ευρύ πλαίσιο, επικεντρώνοντας την προσοχή στα βασικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας στην αρχή λειτουργίας της καθώς και στο βαθμό απόδοσής της.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας, ξεκινώντας με την ανάλυση του ορισμού και συνεχίζοντας με τον βαθμό απόδοσης τους.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τα θερμικά ηλιακά συστήματα, αναφέρονται τα βασικά μέρη τους και οι εφαρμογές που βρίσκουν στις μέρες μας. Επίσης, γίνεται μια εισαγωγή στα υβριδικά ηλιακά συστήματα, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

Πιο συγκεκριμένα, στο 4^ο κεφάλαιο εξετάζεται λεπτομερώς ένα σύστημα με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας υποβοηθούμενες από ηλιακούς συλλέκτες.

Στο 5^ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης μιας κατοικίας στη περιοχή της Καστοριάς. Το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού είναι ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από υβριδικούς ηλιακούς συλλέκτες και μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας. Σκοπός της μελέτης είναι η εύρεση του ακριβούς αριθμού των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτούνται για να καλυφθούν αποδοτικά και οικονομικά οι ανάγκες για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης της κατοικίας.

Τέλος, στο 6^ο κεφάλαιο γίνεται μια υπόθεση εργασίας και προκύπτουν ορισμένα αξιοσημείωτα συμπεράσματα που αφορούν τα υβριδικά συστήματα.

Λέξεις κλειδιά: αντλία θερμότητας, γεωθερμία, υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, ηλιοθερμία, θερμικά ηλιακά συστήματα, υβριδικό σύστημα

Abstract

The present dissertation aims to investigate the operation of a water-cooled heat pump with water coolant coming from a solar thermal system.

The dissertation begins with the presentation of heat pumps within a broader context, focusing on the basic parts of a heat pump at the beginning of its operation as well as its degree of efficiency.

The 2nd chapter presents the water-cooled heat pumps in detail, starting with the analysis of their definition and continuing with their degree of efficiency.

The 3rd chapter talks about solar thermal systems, lists their main parts and the applications they find today. An introduction to hybrid solar systems, which are more thoroughly presented in the next chapter, is also made.

More specifically, in the 4th chapter a system of water-cooled heat pumps assisted by solar panels is examined in detail.

The 5th chapter of the dissertation presents the results of the study of a house in the area of Kastoria. The home heating system is a hybrid system consisting of hybrid solar panels and a water-cooled heat pump. The purpose of the study is to find the exact number of hybrid solar panels required to meet the needs for heating and production of domestic hot water efficiently and economically.

Finally, in the 6th chapter a working hypothesis is made and some remarkable conclusions concerning the hybrid systems are drawn.

Keywords: heat pump, geothermal, water-cooled heat pump, solar, thermal solar systems, hybrid system

Copyright © Ελισσάβητ Φίτσιου, 2021,Κοζάνη

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια και ήταν δίπλα μου όποτε το είχα ανάγκη. Επίσης τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας για την εκπαίδευση και τις γνώσεις που μου πρόσφεραν και κυρίως τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου κύριο Θεόδωρο Κώττα καθώς και την υποψήφια διδάκτωρ Αλεξάνδρα Καραμούζα. Οι συμβουλές και η καθοδήγησή τους ήταν πολύτιμες για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Ακόμα, θέλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που έχω δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια και ήταν πάντα πρόθυμοι να με βοηθήσουν, ο καθένας με τον δικό του τρόπο.

Περιεχόμενα

ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	10
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	10
1.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	10
1.3 ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	11
1.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	12
1.5 Ο ΚΥΚΛΟΣ RANKINE	13
1.6 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	15
1.6.1 Ψυκτικό ρευστό	15
1.6.2 Εξατμιστής.....	16
1.6.3 Συμπιεστής.....	17
1.6.4 Συμπυκνωτής	17
1.6.5 Βαλβίδα εκτόνωσης	17
1.6.6 Γυαλί παρατήρησης	17
1.6.7 Φίλτρο ψυκτικού ρευστού	18
1.6.8 Αποδέκτης.....	18
1.6.9 Πιεζοστατικές βαλβίδες	18
1.6.10 Λιπαντικό έλαιο	18
1.7 ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ	18
1.8 Η ΙΔΑΝΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	19
1.9 Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	20
1.10 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	21
ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	23
2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	23
2.2 Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΙΑΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	24
2.3 ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΨΥΚΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	25
2.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	26
ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	30
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ	30
3.2 ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	32
3.3 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	33
3.3.1 Ηλιακός συλλέκτης	33
3.3.2 Δεξαμενή αποθήκευσης.....	36
3.3.3 Αντλία	37
3.3.4 Εναλλάκτης θερμότητας	37

3.3.5 Δοχείο διαστολής.....	37
3.3.6 Ρευστό μεταφοράς της θερμότητας	38
3.3.7 Βαλβίδες.....	38
3.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	39
3.4.1 Παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση	39
3.4.2 Μεγάλα κεντρικά ηλιακά συστήματα.....	40
3.4.3 Θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών με ηλιακή ενέργεια.....	41
3.4.4 Θέρμανση χώρων.....	41
3.4.5 Δροσισμός/Ψύξη χώρων	42
3.5 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	43
3.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	47
3.7 ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	48
ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	50
4.1 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΔΡΟΨΥΚΤΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....	51
4.1.1 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ.....	52
4.1.2 Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΕΝΟΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΔΡΟΨΥΚΤΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....	54
4.1.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ	54
ΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	55
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	110

ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η Αντλία θερμότητας είναι μια μηχανολογική διάταξη που μεταφέρει θερμότητα από ένα μέσο χαμηλής θερμοκρασίας προς κάποιο άλλο υψηλής. Είναι γνωστό ότι η φυσική ροή της θερμικής ενέργειας ρέει μόνο από σώμα υψηλής θερμοκρασίας σε σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Οι αντλίες θερμότητας έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να αναγκάζουν την θερμότητα να ρέει αντίθετα από την φυσική της ροή με μοναδικό κόστος ένα μικρό ποσό κινητικής ενέργειας υψηλής ποιότητας. Σκοπός μιας αντλίας θερμότητας είναι η παροχή θερμότητας στον θερμότερο χώρο και η διατήρηση ενός θερμαινόμενου χώρου σε υψηλή θερμοκρασία. Αυτό επιτυγχάνεται απορροφώντας θερμότητα από μια πηγή χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι ο αέρας του περιβάλλοντος, το έδαφος, το νερό τα βιομηχανικά ή οικιακά απόβλητα, και η παροχή της θερμότητας αυτής στο μέσο υψηλής θερμοκρασίας, όπως μια οικία ή ένα κτίριο του τριτογενούς τομέα.

1.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

➤ Χαμηλό κόστος συντήρησης :

Οι αντλίες θερμότητας, σε σύγκριση με άλλα συστήματα θέρμανσης που υπάρχουν στην αγορά, όπως οι λέβητες πετρελαίου και αερίου, δεν χρησιμοποιούν καυστήρα συνεπώς δεν εμφανίζουν καύση με πλεονέκτημα να μην χρειάζονται κάθε χρόνο συντήρηση από επαγγελματία τεχνικό. Υπάρχουν συγκεκριμένοι έλεγχοι που μπορούν εύκολα να γίνουν από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη. Επομένως εξοικονομούνται χρήματα από το χαμηλότερο κόστος συντήρησης.

➤ Εξοικονόμηση ενέργειας :

Οι αντλίες θερμότητας, εν αντιθέσει με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν «βρόμικα» καύσιμα, μπορούν να κάνουν ένα σύστημα να λειτουργεί μέχρι και έξι φορές πιο αποδοτικά. Αυτό σημαίνει ότι το λειτουργικό κόστος χρήσης μειώνεται.

➤ Εκπομπές άνθρακα :

Έχει παρατηρηθεί ότι οι αντλίες θερμότητας μειώνουν σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι μια φιλική για το περιβάλλον λύση. Αφού μέσω αυτών γίνεται μετατροπή της ενέργειας σε θερμότητα αρκετά αποτελεσματικά σε σύγκριση με άλλα συστήματα θέρμανσης. Είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι μια αντλία θερμότητας με βάση το νερό είναι τουλάχιστον 600% πιο αποτελεσματική σε σχέση με άλλα συστήματα θέρμανσης που διατίθενται στην αγορά.

➤ Μέγιστη ασφάλεια :

Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν καθαρή ενέργεια από το περιβάλλον. Έτσι αυτό τις καθιστά μια ασφαλή λύση για χρήση σε συστήματα τόσο θέρμανσης όσο και ψύξης. Συνεπώς με τη χρήση τέτοιων συστημάτων δεν παρατηρείται εκπομπή ρύπων, δεν υπάρχει κίνδυνος για δημιουργία φλόγας αφού αυτά τα συστήματα δεν έχουν ως βάση την καύση.

➤ Αντοχή στο χρόνο :

Μια αντλία θερμότητας μπορεί εύκολα να λειτουργήσει για περισσότερες από πέντε δεκαετίες με τον κατάλληλο τύπο συντήρησης. Είναι μια αξιόπιστη και σταθερή πηγή θερμότητας με αντοχή στο χρόνο.

➤ Θέρμανση και ψύξη :

Οι αντλίες θερμότητας θερμαίνουν το χώρο κατά τις κρύες περιόδους και αντιστρέφουν τη διαδικασία κατά τη διάρκεια των θερμών, λειτουργώντας σαν μια μονάδα κλιματισμού τους ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης προσφέρουν και ζεστό νερό χρήσης.

➤ Ευελιξία διασύνδεσης:

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούν μια ευέλικτη τεχνολογία. Μπορούν να τοποθετηθούν εξίσου αποτελεσματικά και σε παλιά κτίρια καθώς και να συμπληρώσουν ένα ήδη υπάρχον σύστημα θέρμανσης και ψύξης. Ειδικότερα, μπορούν να λειτουργήσουν είτε σαν το βασικό μέρος λειτουργίας ενός συστήματος είτε σαν συμπληρωματικό μέρος ενός λεβητοστασίου ή ενός συστήματος που λειτουργεί με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ένα σύστημα ηλιακών συλλεκτών υποβοηθούμενο από υδρόψυκτη αντλία θερμότητας για παροχή ζεστού νερού χρήσης.

➤ Μικρός χώρος εγκατάστασης :

Τα περισσότερα είδη αντλιών θερμότητας μπορούν να τοποθετηθούν πολύ εύκολα και σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει τόσο διαθέσιμος χώρος. Ωστόσο, στη περίπτωση που χρειάζεται να εγκατασταθεί μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας οι απαιτήσεις για ελεύθερο χώρο αλλάζουν. Σε αυτή τη περίπτωση, πριν την εγκατάσταση πρέπει να γίνει μια διεξοδική μελέτη. Αφού, η χρήση τέτοιων αντλιών προϋποθέτει στον εξωτερικό χώρο γεωτρήσεις και διάφορες εργασίες.

1.3 ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

➤ Δυσκολία εγκατάστασης :

Οι αντλίες θερμότητας απαιτούν εξειδικευμένους τεχνικούς για την εγκατάστασή τους. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να γίνει λεπτομερής έρευνα προκειμένου να κατανοηθεί η κίνηση της θερμότητας, οι απαιτήσεις που έχει το εκάστοτε κτίριο είτε για θέρμανση είτε για ψύξη και οι γεωλογικές συνθήκες, ειδικά για τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν γεωθερμία.

➤ Υψηλό κόστος εγκατάστασης :

Παρόλο που το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος με αντλίες θερμότητας είναι αρκετά υψηλό, μακροπρόθεσμα αποτελεί μια επένδυση που συμφέρει και επιφέρει τεράστια εξοικονόμηση χρημάτων σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης.

➤ Αμφισβητήσιμη βιωσιμότητα :

Ορισμένα από τα ψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται από τις αντλίες θερμότητας είναι αμφισβητήσιμα ως προς τη βιωσιμότητά τους και συνεπώς εγείρουν περιβαλλοντικές ανησυχίες. Επομένως συνιστάται η χρήση βιοδιασπώμενων υγρών.

➤ Κρύος καιρός :

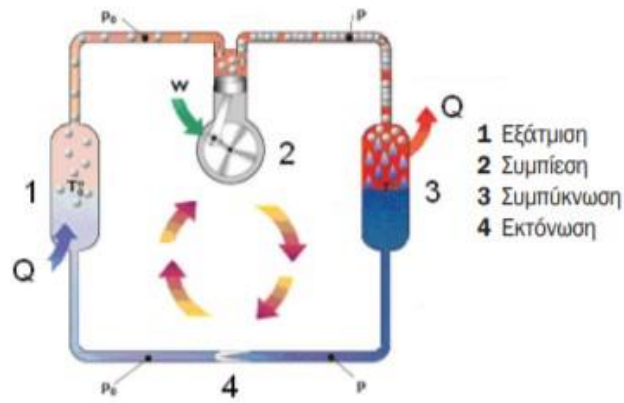
Ορισμένες αντλίες θερμότητας αντιμετωπίζουν διάφορα προβλήματα σε εξαιρετικά κρύες καιρικές συνθήκες. Η πλήρης αποτελεσματικότητά τους ενδέχεται να μην επιτευχθεί υπό τέτοιες συνθήκες. Ο υπερβολικά κρύος καιρός μπορεί να προκαλέσει ζημιά στα εξαρτήματα ορισμένων αντλιών θερμότητας. Για αυτό πρέπει να γίνεται επένδυση στο σωστό προϊόν λαμβάνοντας υπόψη τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή ξεχωριστά.

➤ Ουδετερότητα ως προς το διοξείδιο του άνθρακα :

Οι αντλίες θερμότητας βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσουν, ως εκ τούτου, αυτά τα συστήματα δεν είναι εξ ολοκλήρου ουδέτερα ως προς τις εκπομπές άνθρακα. Ο ηλιακός ηλεκτρισμός προτείνεται ως η αποτελεσματικότερη πηγή για τις αντλίες θερμότητας, όσον αφορά την ουδετεροποίησή τους σε εκπομπές άνθρακα. Οι αντλίες θερμότητας πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες για τα καλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη.

1.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μια αντλία θερμότητας λειτουργεί με βάση τον πλέον συχνά χρησιμοποιούμενο ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμού, γνωστό και ως κύκλο Rankine, ο οποίος είναι ένας αέναος κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού. Ο ψυκτικός αυτός κύκλος περιλαμβάνει τέσσερις διατάξεις: ένα συμπιεστή, ένα συμπυκνωτή, μια βαλβίδα εκτόνωσης, και έναν ατμοποιητή. Το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στο συμπιεστή ως ατμός και συμπιέζεται στην πίεση του συμπυκνωτή. Εξέρχεται από το συμπιεστή σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία, ψύχεται και συμπυκνώνεται, καθώς ρέει διαμέσου των σπειρών του συμπυκνωτή, αποβάλλοντας θερμότητα προς το περιβάλλον μέσο. Στη συνέχεια εισέρχεται σε έναν τριχοειδή σωλήνα, όπου η πίεση του και η θερμοκρασία του ελαττώνονται δραστικά, λόγω του φαινομένου του στραγγαλισμού. Εδώ σημειώνεται ότι η πτώση της πίεσης εκτός από εκτόνωση ονομάζεται και στραγγαλισμός, γι' αυτό και το εκτονωτικό μέσο είναι γνωστό και ως στραγγαλιστής. Το χαμηλής πλέον θερμοκρασίας ψυκτικό εισέρχεται στον ατμοποιητή, όπου και εξατμίζεται απορροφώντας θερμότητα από τον προς ψύξη χώρο. Ο κύκλος ολοκληρώνεται καθώς το ψυκτικό εξέρχεται από τον ατμοποιητή και επανεισέρχεται στο συμπιεστή. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάθε κύκλο αποβάλλεται και προσλαμβάνεται θερμότητα, εφόσον ο κύκλος είναι αδιάκοπος υπάρχει μια συνεχής μεταφορά θερμότητας μεταξύ δύο σημείων.

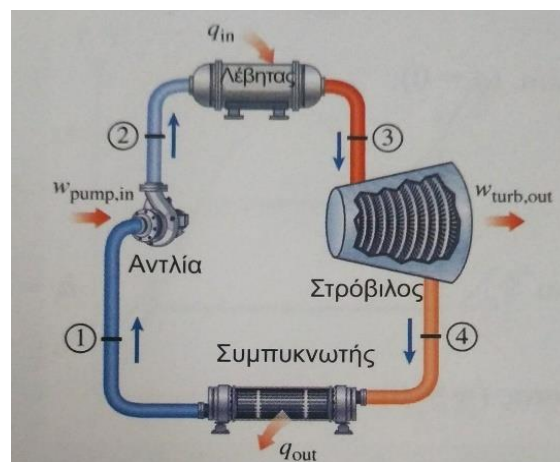


Εικόνα 1: Αρχή λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας. [1]

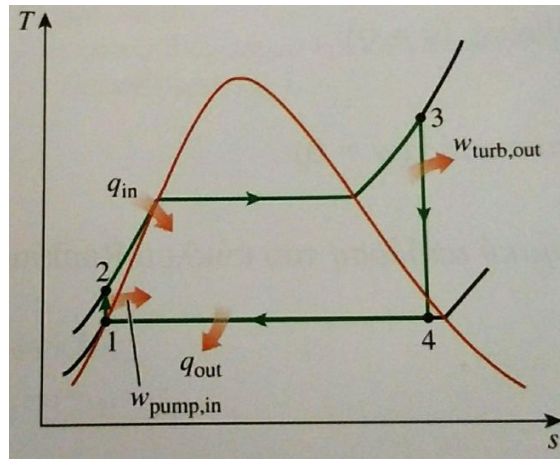
1.5 Ο ΚΥΚΛΟΣ RANKINE

Παρότι ο κύκλος του Carnot θεωρείται ο ιδανικότερος και αποδοτικότερος κύκλος δεν έχει κάποια πρακτική χρησιμότητα. Αντ' αυτού επινοήθηκε ένας άλλος κύκλος, ο κύκλος Rankine ο οποίος έχει μικρότερη θερμοδυναμική απόδοση αλλά έχει εφαρμοστεί στην πράξη. Υπερθερμαίνοντας τον ατμό στο λέβητα και συμπυκνώνοντας τον πλήρως, στον συμπυκνωτή, είναι ο ιδανικός κύκλος για εγκαταστάσεις παραγωγής ισχύος με ατμό. Ο ιδανικός κύκλος Rankine δεν περιέχει καθόλου αναντιστρεπτότητες και αποτελείται από τις ακόλουθες τέσσερις διεργασίες:

- 1-2 Ισεντροπική συμπίεση σε μια αντλία
- 2-3 Προσθήκη θερμότητας υπό σταθερή πίεση σε ένα λέβητα
- 3-4 Ισεντροπική εκτόνωση σε ένα στρόβιλο
- 4-1 Απόρριψη θερμότητας υπό σταθερή πίεση σε ένα συμπυκνωτή



Εικόνα 2: Ο απλός ιδανικός κύκλος Rankine. [4]



Εικόνα 3: Ο απλός ιδανικός κύκλος Rankine. [4]

Αναλυτικά η διαδικασία που πραγματοποιείται στον κύκλο είναι η εξής:

Στην κατάσταση 1 το νερό εισέρχεται στην αντλία ως κορεσμένο υγρό και συμπιέζεται ισεντροπικά στην πίεση λειτουργίας του λέβητα. Κατά τη διαδικασία αυτή παρατηρείται μικρή άνοδος της θερμοκρασίας, λόγω της ελαφράς μείωσης του ειδικού όγκου του νερού.

Εν συνεχεία, στην κατάσταση 2, το νερό εισέρχεται στο λέβητα σε μορφή συμπιεσμένου υγρού και εξέρχεται από αυτόν σε μορφή υπέρθερμου ατμού. Ουσιαστικά ο λέβητας είναι ένας μεγάλος εναλλάκτης θερμότητας, που σκοπό έχει να μεταφέρει υπό σταθερή πίεση τη θερμότητα που προέρχεται από τα αέρια της καύσης στο νερό.

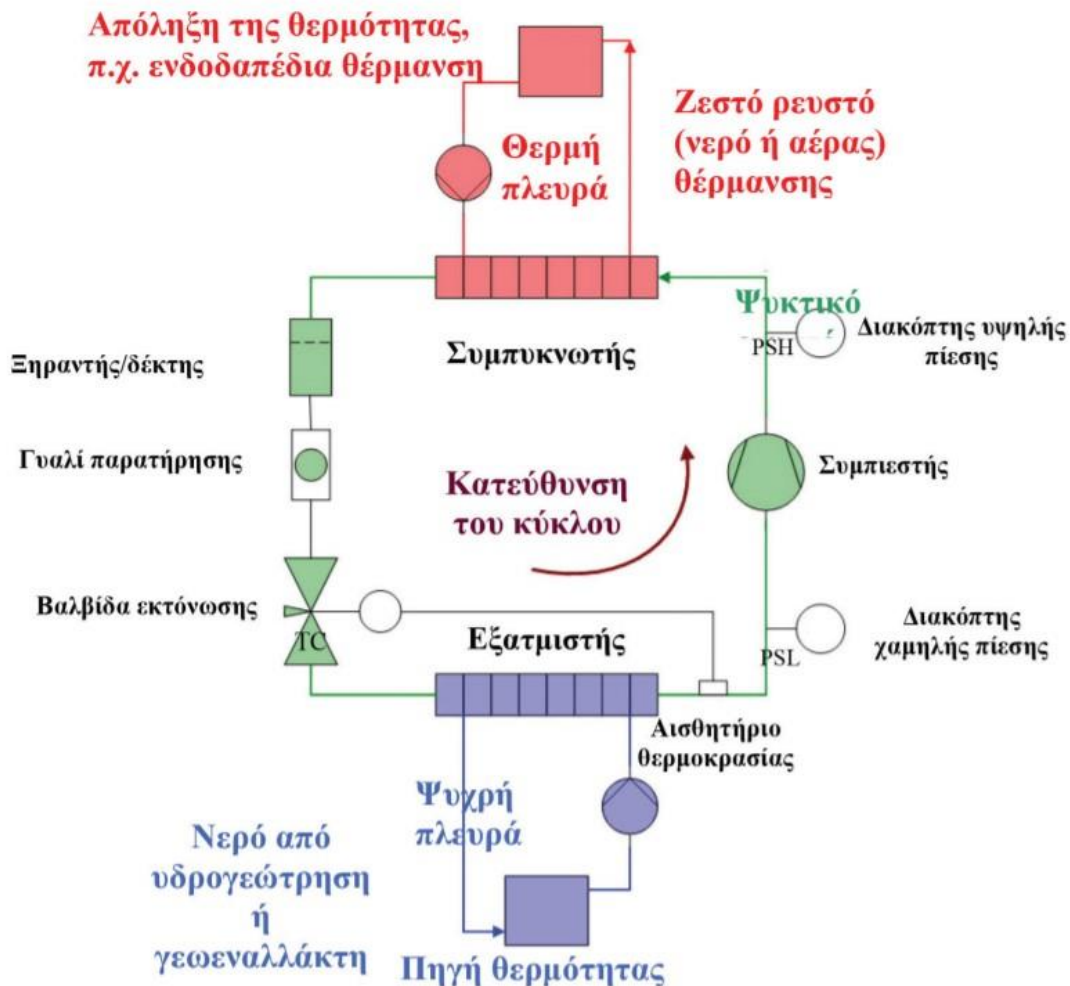
Έπειτα, στην κατάσταση 3, ο υπέρθερμος ατμός εισέρχεται στο στρόβιλο, όπου εκτονώνεται ισεντροπικά παράγοντας έργο, περιστρέφοντας τον άξονα που συνδέεται με μια ηλεκτρογεννήτρια. Κατά τη διαδικασία αυτή έχουμε μείωση των τιμών της πίεσης και της θερμοκρασίας του ατμού στις τιμές του συμπυκνωτή.

Πιο συγκεκριμένα ο υδρατμός, που είναι ένα μίγμα υγρού και ατμού υψηλής ποιότητας, εισέρχεται στον συμπυκνωτή στην κατάσταση 4. Όπως και ο λέβητας έτσι και ο συμπυκνωτής είναι ένας μεγάλος εναλλάκτης θερμότητας απορρίπτοντας θερμότητα προς ένα ψυκτικό μέσο. Στο συμπυκνωτή ο υδρατμός συμπυκνώνεται υπό σταθερή πίεση και εξέρχεται από αυτόν ως κορεσμένο υγρό.

Ολοκληρώνεται ο κύκλος όταν το κορεσμένο υγρό εισέλθει στην αντλία.

Οι πλειοψηφία των εφαρμογών που βασίζονται στον κύκλο Rankine, έχουν αναπτυχθεί κυρίως την τελευταία εικοσαετία, ο λόγος είναι ότι ολοένα και μειώνονται τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων και ακόμα πιο σημαντικός λόγος είναι ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής πλέον δεν περνούν απαρατήρητες. Έτσι μεγαλώνει το ενδιαφέρον για τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας χαμηλών θερμοκρασιών. Εξαιτίας της χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργίας τους, ένας κύκλος Rankine μπορεί να ανακτήσει θερμότητα από πλήθος πηγών. Πιο συγκεκριμένα μηχανολογικές διατάξεις που η λειτουργία τους βασίζεται στον κύκλο Rankine μπορούν να βρουν πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς όπως στη γεωθερμία, ηλιοθερμία στη καύση βιομάζας για την ανάκτηση της θερμότητας.

1.6 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



Εικόνα 4: Λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας υφάλμυρου νερού/νερού. [1]

Η αποτελεσματική λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας βασίζεται στο σωστό συντονισμό των εξαρτημάτων από τα οποία αποτελείται, αυτά είναι τα εξής:

1.6.1 Ψυκτικό ρευστό

Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν ένα μέσο μεταφοράς θερμότητας γνωστό ως ψυκτικό μέσο. Το ψυκτικό μέσο είναι απαραίτητο για τη μεταφορά θερμότητας από την πηγή θερμότητας στο περιβάλλον που θέλουμε να την αποδώσουμε. Ουσιαστικά το ψυκτικό ρευστό απορροφά τη θερμότητα, τη μεταφέρει και τέλος την απελευθερώνει. Η απορρόφηση της θερμότητας γίνεται στον εξατμιστή υπό χαμηλή πίεση και χαμηλή θερμοκρασία και η έκλυση της θερμότητας πραγματοποιείται στον συμπυκνωτή σε υψηλή πίεση και υψηλή θερμοκρασία. Τα ψυκτικά

ρευστά που χρησιμοποιούνται στις αντλίες θερμότητας υποδηλώνονται με το γράμμα R (Refrigerant) ακολουθούμενο από έναν συνδυασμό αριθμών που σχετίζεται με τη χημική δομή τους. Τα σημεία βρασμού των ψυκτικών διαφέρουν ανάλογα με την πίεση, όσο υψηλότερη είναι η πίεση τόσο υψηλότερα είναι τα σημεία βρασμού τους. Ένα ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στις οικιακές αντλίες θερμότητας είναι το R407C του οποίου το σημείο βρασμού, σε ατμοσφαιρική πίεση, είναι στους $-43,9^{\circ}\text{C}$. Επομένως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε πηγές θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των ψυκτικών ρευστών είναι η περιβαλλοντική επίπτωσή που προκαλείται εάν δραπέτεύσουν στην ατμόσφαιρα, αυτό γίνεται είτε με διαρροή είτε με τυχαία απελευθέρωση μέσω της διαδικασίας της συντήρησης και του κατάλληλου χειρισμού των ψυκτικών ουσιών. Πρέπει να διασφαλιστεί ότι οι ψυκτικές ουσίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον ώστε να μη συμβάλλουν στο δυναμικό μείωσης του όζοντος (ΔΜΟ) καθώς επίσης και στο δυναμικό αύξησης της θερμοκρασίας της Γης (ΔΑΘ). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι πλήρως αλογονομένοι χλωροφθοράνθρακες, CFCs, και οι μερικώς αλογονομένοι χλωροφθοράνθρακες, HCFCs, των οποίων η χρήση απαγορεύτηκε αφού επηρεάζουν σημαντικά στη μείωση του όζοντος. Έτσι με την πάροδο των χρόνων, αναπτύσσονται σε μεγαλύτερο βαθμό, αντλίες θερμότητας βασισμένες σε ψυκτικές ουσίες με ποιοτικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά όπως το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρογονάνθρακες.

Ένα ποιοτικό ψυκτικό ρευστό που θα θεωρηθεί κατάλληλο για χρήση θα πρέπει να πληροί όσο το δυνατόν περισσότερα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά, πιο συγκεκριμένα πρέπει να είναι:

- Φιλικό προς το περιβάλλον
- Ενεργειακά αποδοτικό
- Άφλεκτο
- Μη τοξικό
- Εύκολο στο χειρισμό του
- Συμβατό με τα λιπαντικά και τα ελαστομερή
- Χημικά σταθερό
- Εύκολο στην εφαρμογή για διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας και πίεσης
- Ικανό να αυξάνει τη χαμηλή θερμοκρασία του θερμού αερίου από τον συμπιεστή.

1.6.2 Εξατμιστής

Ο εξατμιστής ή ατμοποιητής είναι εναλλάκτης θερμότητας που απορροφά θερμότητα από την πηγή. Ως πηγή θερμότητας θεωρείται το έδαφος, τα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα, η θάλασσα κ.λπ. Τη θερμότητα που απορροφά, στη συνέχεια τη μεταφέρει στο ψυκτικό ρευστό που βρίσκεται σε κατάσταση χαμηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας με σκοπό να εξατμιστεί. Στις αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα και στις αντλίες θερμότητας αέρα-νερού ο εξατμιστής διαμορφώνεται ως πτερυγιόφορος σπειροειδής σωλήνας. Επί της ουσίας, είναι μια σειρά χάλκινων σωλήνων με πτερύγια αλουμινίου πρεσαρισμένα επάνω στους σωλήνες, και ένας ανεμιστήρας που αποδίδει αέρα πάνω στα αλουμινένια πτερύγια. Αντίστοιχα, στις αντλίες θερμότητας νερού-νερού και υφάλμυρου νερού-νερού οι εναλλάκτες θερμότητας είναι πλακοειδείς. Τα πλεονεκτήματα αυτών των εναλλακτών είναι ότι δεν είναι ακριβοί, είναι συμπαγείς, εξοικονομούν χώρο και μονώνονται εύκολα

1.6.3 Συμπιεστής

Το αέριο που δημιουργείται στον εξατμιστή από τη διαδικασία βρασμού αναρροφάται από τον συμπιεστή, όπου συμπιέζεται, με αποτέλεσμα το αέριο να εξέρχεται από το συμπιεστή με υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Βαλβίδες αντεπιστροφής αποτρέπουν το ψυκτικό ρευστό να ρεύσει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Υπάρχουν διάφορα είδη συμπιεστών που χρησιμοποιούνται ανάλογα τις απαιτήσεις της κάθε αντλίας θερμότητας. Τα είδη των συμπιεστών είναι τα ακόλουθα:

- Περιτροφικοί συμπιεστές
- Παλινδρομικοί συμπιεστές
- Σπειροειδείς συμπιεστές
- Συμπιεστές περιστροφικής βίδας
- Φυγοκεντρικοί συμπιεστές

1.6.4 Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που απελευθερώνει τη θερμότητα από το ψυκτικό ρευστό στο μέσο απόδοσης, συνήθως τον αέρα ή το νερό. Έτσι το αέριο χάνει θερμότητα και συμπυκνώνεται σταδιακά σε υγρό. Συνήθως χρησιμοποιούνται πλακοειδείς συμπυκνωτές. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές ζώνες στον συμπυκνωτή: η αφυπερθέρμανση, η συμπύκνωση και η υπόψυξη.

1.6.5 Βαλβίδα εκτόνωσης

Η βαλβίδα εκτόνωσης τοποθετείται ανάμεσα στον συμπυκνωτή και στον εξατμιστή και η λειτουργία της είναι να ρυθμίζει τη ροή του ψυκτικού ρευστού. Εξασφαλίζει ότι το ψυκτικό θα φτάσει στον εξατμιστή υπό τις αρχικές του συνθήκες, δηλαδή σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία. Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής: ένα μέρος του ψυκτικού ρευστού λαμβάνει θερμότητα από το υπολειπόμενο υγρό με σκοπό να εξαερωθεί και να υπάρξει πτώση τόσο της πίεσης όσο και της θερμοκρασίας.

1.6.6 Γυαλί παρατήρησης

Πριν οδηγηθεί το ψυκτικό ρευστό στη βαλβίδα εκτόνωσης περνάει από το γυαλί παρατήρησης προκειμένου να ελεγχθεί ότι έχει συμπυκνωθεί πλήρως, ότι δεν περιέχει δηλαδή καμία φυσαλίδα αέριας φάσης. Η ύπαρξη φυσαλίδων σε αυτή τη φάση ενδεχομένως να οφείλεται στην έλλειψη ψυκτικού ρευστού. Εκτός από την παραπάνω λειτουργία το γυαλί παρατήρησης αλλάζει χρώμα μέσω ενός δείκτη υγρασίας στην περίπτωση που παρατηρηθεί υγρασία στο ψυκτικό υγρό.

1.6.7 Φίλτρο ψυκτικού ρευστού

Το φίλτρο ψυκτικού ρευστού βρίσκεται ανάμεσα στον συμπυκνωτή και στη βαλβίδα εκτόνωσης. Αποτελείται από ένα φίλτρο και ένα ζελατινώδες υλικό. Το φίλτρο συλλέγει τα διάφορα στερεά σωματίδια που μπορεί να υπάρχουν στο ψυκτικό ρευστό και το ζελατινώδες υλικό απορροφά την υγρασία.

1.6.8 Αποδέκτης

Ο αποδέκτης είναι ένα δοχείο στο οποίο αποθηκεύεται η ποσότητα του ψυκτικού υγρού που δεν χρησιμοποιείται στην εκάστοτε διεργασία. Εκτός αυτού, ο αποδέκτης δεσμεύει την υγρασία του ψυκτικού υγρού. Η εμφάνιση υγρασίας τόσο στο ψυκτικό υγρό όσο και στο κύκλωμα της αντλίας θερμότητας μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες.

1.6.9 Πιεζοστατικές βαλβίδες

Υπάρχουν δύο ειδών πιεζοστατικές βαλβίδες, η βαλβίδα (ή διακόπτης) χαμηλής πίεσης και η βαλβίδα υψηλής πίεσης. Τοποθετούνται πριν και μετά τον συμπιεστή αντίστοιχα και είναι συσκευές ασφάλειας. Στη περίπτωση που η πίεση παρουσιάσει αποκλίσεις από τα όρια της, λόγω διαρροών, μικρής πηγής θερμότητας, ή υπερβολικής πίεσης, τότε οι πιεζοστατικές βαλβίδες διακόπτουν τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας.

1.6.10 Λιπαντικό έλαιο

Το λιπαντικό έλαιο βοηθάει στη λίπανση του συμπιεστή. Μέσω της κυκλικής ροής του ψυκτικού ρευστού περνάει και σε άλλα μέρη του κυκλώματος της αντλίας θερμότητας. Αυτό έχει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως ότι βοηθά να εντοπιστούν και να στεγανοποιηθούν οι διαρροές των ψυκτικών ρευστών στους μη ερμητικούς συμπιεστές. Επιπλέον το λιπαντικό έλαιο που περνά στους εναλλάκτες θερμότητας βελτιώνει την ανταλλαγή θερμότητας και κατ' επέκταση και το βαθμό απόδοσης της αντλίας. Σημαντικό είναι να διασφαλίζεται η επιστροφή του ελαίου πίσω στον συμπιεστή. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το κάθε ψυκτικό ρευστό έχει συγκεκριμένες ιδιότητες, αυτό σημαίνει ότι μια πιθανή αλλαγή του μπορεί να οδηγήσει σε άλλα σημαντικότερα προβλήματα, όπως η διαλυτότητα του λαδιού στο ψυκτικό ρευστό.

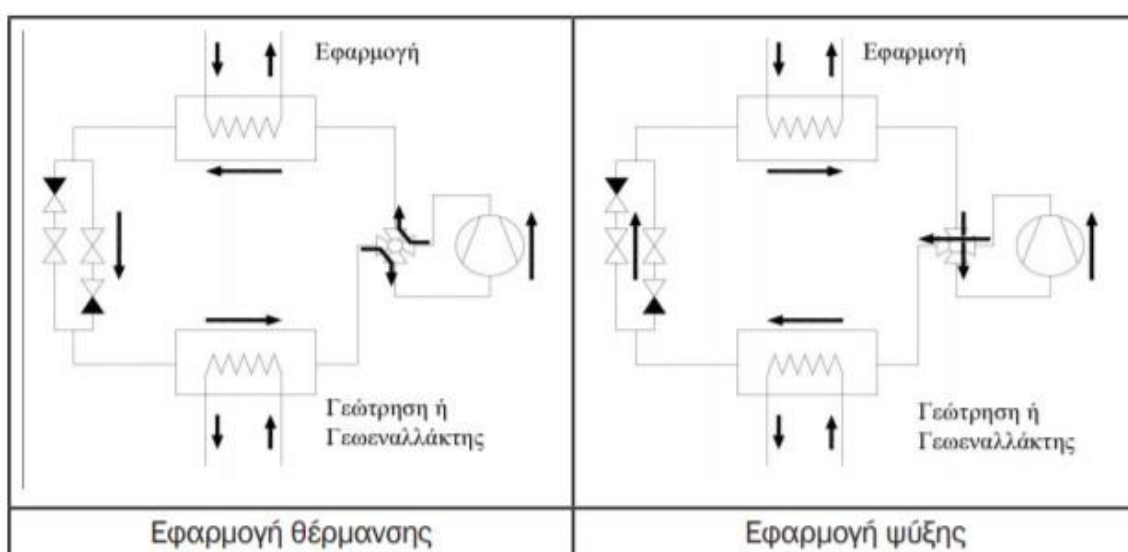
1.7 ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ

Ένα κύριο πλεονέκτημα των αντλιών θερμότητας είναι ότι μπορούν να λειτουργήσουν με τρόπο τέτοιο ώστε να παρέχουν και ψύξη. Αυτό το επιτυγχάνουν με τη βοήθεια ενός εξαρτήματος που

ονομάζεται τετράοδη βαλβίδα. Έτσι το σύστημα μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ θέρμανσης και ψύξης.

Η τετράοδη βαλβίδα αποτελείται από τέσσερις σωλήνες, ένα σωλήνα στο κάτω μέρος και τρεις στο πάνω μέρος. Η διεργασία που επιτελεί η βαλβίδα είναι να αλλάζει την κατεύθυνση της ροής του ψυκτικού ρευστού στο σύστημα. Με αυτή τη διαδικασία υπάρχει εναλλαγή ανάμεσα στη θέρμανση και στην ψύξη. Η βαλβίδα έχει δύο ρυθμίσεις, ο κατασκευαστής είναι αυτός που θα καθορίσει ποια κατάσταση σημαίνει θέρμανση και ποια ψύξη. Από τη στιγμή που θα οριστεί μια κατάσταση για μια συγκεκριμένη λειτουργία παραμένει έτσι για όλη τη διάρκεια ζωής της αντλίας, επομένως υπάρχουν παραλλαγές μεταξύ των βαλβίδων.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια αναστρέψιμη αντλία θερμότητας με τετράοδη βαλβίδα αντιστροφής για εφαρμογή θέρμανσης και εφαρμογή ψύξης.



Εικόνα 5: Αναστρέψιμη αντλία θερμότητας με τετράοδη βαλβίδα αντιστροφής [1].

1.8 Η ΙΔΑΝΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Σύμφωνα με τη διατύπωση των Kelvin-Planck καμία πραγματική θερμική μηχανή δεν μπορεί να έχει θερμική απόδοση 100%. Για να ορίσουμε μια θερμική μηχανή, και πιο συγκεκριμένα, μια αντλία θερμότητας ως ιδανική θα πρέπει να βασίζεται σε μια εξιδανικευμένη διεργασία, η οποία ονομάζεται αντιστρεπτή διεργασία.

Μια αντιστρεπτή διεργασία ορίζεται ως μια διεργασία που μπορεί να αντιστραφεί χωρίς να αφήσει κάποιο ίχνος στο περιβάλλον. Ειδικότερα, αυτό σημαίνει ότι ένα σύστημα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση δίχως να σημειώσει κάποια συνολική μεταβολή στο περιβάλλον.

Επομένως από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι οι αντιστρεπτοί κύκλοι δεν μπορούν να επιτευχθούν στην πράξη, διότι οι μη αντιστρεπτότητες που σχετίζονται με κάθε διεργασία δεν μπορούν να εξαλειφθούν, αφού το περιβάλλον παράγει κάποιο έργο επί του συστήματος και έτσι ούτε το περιβάλλον αλλά ούτε το σύστημα επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση.

Οι αντιστρεπτοί κύκλοι βοηθάνε στο να θέτουν ανώτερα όρια στην απόδοση των πραγματικών κύκλων. Ο πιο γνωστός αντιστρεπτός κύκλος είναι ο κύκλος Carnot, που αποτελείται από δύο ισόθερμες και δύο αδιαβατικές αντιστρεπτές διεργασίες. Η υποθετική θερμική μηχανή ή οποία λειτουργεί με βάση αυτόν τον κύκλο ονομάζεται θερμική μηχανή του Carnot.

Έτσι κατά συνέπεια μια αντλία θερμότητας Carnot βασίζεται στον κύκλο Carnot. Ο βαθμός απόδοσης μιας οποιασδήποτε αντλίας θερμότητας δίνεται από τη σχέση:

$$\text{COP} = \frac{1}{1 - Q_L/Q_H}$$

Όπου Q_L είναι η ποσότητα της θερμότητας που απορροφάται από το μέσο χαμηλής θερμοκρασίας και Q_H είναι η θερμότητα που αποβάλλεται προς το μέσο υψηλότερης θερμοκρασίας.

Εάν αντικατασταθεί η παραπάνω σχέση με το λόγο απόλυτων θερμοκρασιών θα προκύψει η παρακάτω σχέση για τις αντιστρεπτές αντλίες θερμότητας:

$$\left(\frac{Q_H}{Q_L}\right)_{rev} = \frac{T_H}{T_L}$$

$$\text{COP} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

Η σχέση που προκύπτει, είναι ο μέγιστος βαθμός απόδοσης που μπορεί να έχει μια αντλία θερμότητας λειτουργώντας ανάμεσα στα θερμοκρασιακά όρια T_L και T_H . Επί της ουσίας, μια ιδανική αντλία θερμότητας θα πρέπει να έχει βαθμό απόδοσης ίσο με το βαθμό απόδοσης μιας αντιστρεπτής αντλίας θερμότητας, αφού αποτελεί τη μέγιστη θεωρητική τιμή για τα συγκεκριμένα θερμοκρασιακά όρια.

1.9 Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Το μέτρο της απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας εκφράζεται ως προς το συντελεστή ενεργειακής απόδοσης ή βαθμό απόδοσης COP (Coefficient Of Performance). Ορίζεται ως το πηλίκο της θερμότητας που αποδίδεται από την αντλία θερμότητας προς την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για να κινήσει τον συμπιεστή. Δίνεται από την σχέση:

$$\text{COP} = \frac{\text{θερμότητα}}{\text{ηλεκτρική ενέργεια}} = \frac{Q_H}{W}$$

Που μπορεί επίσης να γραφεί και ως:

$$\text{COP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{1 - Q_L/Q_H}$$

Σημειώνεται ότι ο βαθμός απόδοσης δεν είναι σταθερός. Εξαρτάται άμεσα από τη τιμή που έχει η θερμοκρασία τόσο της πηγής όσο και του αποδέκτη. Επίσης τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αντλίας και το ψυκτικό υγρό επηρεάζουν σημαντικά την αποδοτικότητα.

Έτσι για να μπορέσει να αξιολογηθεί η ενεργειακή απόδοση μιας αντλίας χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες συνθήκες, γνωστές και ως συνθήκες Eurovent, ώστε να γίνεται η μέτρηση του COP. Αυτές οι συνθήκες είναι:

Θερμοκρασία θερμού = 20°C

Θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 7°C / 6°C WB (ψυχρού)

Αυτές οι συγκεκριμένες συνθήκες βοηθάνε στην σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών τύπων αντλιών. Υπάρχει δηλαδή ένα μέτρο σύγκρισης με σκοπό να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά και η κατασκευή των διαφορετικών μοντέλων αντλιών.

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο βαθμός απόδοσης των αντλιών θερμότητας μειώνεται καθώς μειώνεται η TL, δηλαδή η θερμοκρασία της πηγής, αφού απαιτείται περισσότερο έργο προκειμένου να απορροφηθεί θερμότητα από μέσα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Καθώς η θερμοκρασία του ψυχρού περιβάλλοντος προσεγγίζει στο μηδέν, η ποσότητα έργου που απαιτείται για την παραγωγή μιας πεπερασμένης ποσότητας θέρμανσης τείνει στο άπειρο και ο COP τείνει στο μηδέν.

Εκτός από τον στιγμιαίο δείκτη COP χρησιμοποιείται ο εποχιακός συντελεστής απόδοσης SCOP(Seasonal), που χαρακτηρίζεται σαν «ετήσιος βαθμός απόδοσης» για τη θέρμανση. Ορίζεται ως το πηλίκο της θερμότητας που αποδίδεται από την αντλία θερμότητας προς τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους. Για να υπολογιστεί η τιμή του SCOP, εκτός από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συμπιεστή, πρέπει να συμπεριληφθούν και η κατανάλωση ενέργειας των βοηθητικών στοιχείων (αντλία γεωεναλλάκτη, απόψυξη του εξατμιστή, αυτοματισμοί κ.λπ.). Δίνεται από τη σχέση:

$$SCOP = \frac{\text{Άθροισμα της αποδιδόμενης θερμότητας}}{\text{Άθροισμα της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος}} = \frac{\Sigma QH}{\Sigma W}$$

Για παράδειγμα όταν μια αντλία έχει SCOP 4, αυτό μεταφράζεται ότι κατά τη διάρκεια του έτους η συγκεκριμένη αντλία θα καταναλώνει 1KWh και θα αποδίδει στο χώρο που έχει επιλεγεί 4KWh.

Όλα τα παραπάνω σχετίζονται άμεσα με αντλίες θερμότητας που βρίσκονται σε λειτουργίες θέρμανσης. Όταν έχουμε λειτουργία ψύξης οι δείκτες που δείχνουν την αποδοτικότητα της αντλίας δεν είναι ίδιοι αλλά αλλάζουν σημαντικά. Ειδικότερα κατά τη λειτουργία ψύξης η αποδοτικότητα της αντλίας εκφράζεται με τον συντελεστή EER (Energy Efficiency Ratio) και τον εποχιακό συντελεστή SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio).

1.10 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα:

- Την πηγή άντλησης και το μέσο απόδοσης της θερμότητας
- Το είδος της κινητήριας μηχανής

- Τη θέση των διαφόρων στοιχείων τους
- Τη δυνατότητα να παράγουν ζεστό και κρύο νερό
- Τη μορφή του ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτείται
- Την τεχνολογία του συμπιεστή
- Τη θερμοκρασία ζεστού νερού που παράγουν

Το κοινό χαρακτηριστικό όλων είναι ότι τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελούνται καθώς επίσης και η αρχή λειτουργίας τους είναι ίδια.

Με βάση την πηγή άντλησης και το μέσο απόδοσης της θερμότητας κατατάσσονται σε:

- Αντλίες Θερμότητας Αέρος – Αέρος
Αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιεί τον εξωτερικό αέρα για να αντλήσει θερμότητα και τον αέρα του εσωτερικού χώρου για να αποβάλλει τη θερμότητα.
- Αντλίες Θερμότητας Αέρος – Νερού
Αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιεί τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος για να αντλήσει θερμότητα και το νερό για να αποβάλλει τη θερμότητα.
- Αντλίες Θερμότητας Νερού – Αέρος
Αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιεί το νερό για να αντλήσει θερμότητα (νερό λίμνης, θάλασσας, υπόγεια νερά κ.λπ.) και τον αέρα για να αποβάλλει τη θερμότητα.
- Αντλίες Θερμότητας Νερού – Νερού
Αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιεί το νερό για να αντλήσει θερμότητα (νερό λίμνης, θάλασσας, υπόγεια νερά κ.λπ.) και το νερό για να αποβάλλει τη θερμότητα.
- Αντλίες Θερμότητας Εδάφους – Αέρος
Αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιεί το έδαφος για να αντλήσει θερμότητα και τον αέρα για να αποβάλλει τη θερμότητα.
- Αντλίες Θερμότητας Εδάφους – Νερού
Αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιεί το έδαφος για να αντλήσει θερμότητα και το νερό για να αποβάλλει τη θερμότητα.

Με βάση το είδος της κινητήριας μηχανής οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε:

- Αντλίες με ηλεκτροκίνητους συμπιεστές
- Αντλίες με συμπιεστές κινούμενους από μηχανές εσωτερικής καύσης (αέριο, πετρέλαιο κ.λπ.)
- Αντλίες με συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας και θερμική ενέργεια μέσης θερμοκρασίας).

Με βάση τη θέση των διαφόρων στοιχείων τους, οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε:

- Αντλίες θερμότητας ενιαίες ή αυτόνομες (Monoblock ή Compact)
Αυτές οι αντλίες εμπεριέχουν ολόκληρο τον εξοπλισμό τους σε κοινό κέλυφος και τοποθετούνται σε εξωτερικό χώρο.
- Αντλίες θερμότητας διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units).
Σε αυτόν τον τύπο αντλίας ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) δεν εξαρτάται από το υπόλοιπο σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, το μηχάνημα που βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο εμπεριέχει το ψυκτικό τμήμα (αντλεί ενέργεια από το περιβάλλον) ενώ το μηχάνημα που βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο εμπεριέχει το υδραυλικό τμήμα (συνδέεται με τις υδραυλικές σωληνώσεις).

Με βάση τη δυνατότητα παραγωγής ζεστού και κρύου νερού κατατάσσονται σε:

- Αντλίες θερμότητας μόνο ψύξης (ψύκτες)
- Αντλίες θερμότητας μόνο θέρμανσης
- Αντλίες θερμότητας ψύξης-θέρμανσης

Με βάσει τη μορφή του ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτείται κατατάσσονται σε:

- Μονοφασικές αντλίες θερμότητας (απαιτούν τάση 230 V)
- Τριφασικές αντλίες θερμότητας (απαιτούν τάση 400 V)

Με βάσει την τεχνολογία του συμπιεστή οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε:

- Inverter, αυτές οι αντλίες μεταβάλλουν την ισχύ και την προσαρμόζουν στις ανάγκες του εκάστοτε χώρου. Με αυτό τον τρόπο λειτουργούν με αρκετά χαμηλή κατανάλωση.
- On-off, αυτές οι αντλίες δεν προσαρμόζονται στις ανάγκες του κάθε χώρου και έτσι δεν μεταβάλλουν την ισχύ με αποτέλεσμα να λειτουργούν συνεχώς και να αποδίδουν το μέγιστο δυνατό.

Με βάσει τη θερμοκρασία ζεστού νερού που παράγουν κατατάσσονται σε:

- Αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών
- Αντλίες θερμότητας μεσαίων θερμοκρασιών (δεν έχουν τη δυνατότητα παραγωγής κρύου νερού για εφαρμογές ψύξης)
- Αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών (δεν έχουν τη δυνατότητα παραγωγής κρύου νερού για εφαρμογές ψύξης)

ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας αντλούν θερμότητα ή αποδίδουν θερμότητα από και προς το έδαφος ή τα επιφανειακά ύδατα. Μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας το χειμώνα μεταφέρει θερμότητα μέσω του εδάφους ή μέσω του νερού (λίμνες, θάλασσες, ποτάμια κ.λπ.) με σκοπό την παροχή θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης σε μια κατοικία ή σε ένα κτίριο του τριτογενούς τομέα. Το καλοκαίρι, η διαδικασία μεταφοράς θερμότητας αντιστρέφεται, δηλαδή η θερμότητα απορροφάται και απελευθερώνεται στο έδαφος ή στα επιφανειακά ύδατα, έτσι παρέχεται και ψύξη. Οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας επωφελούνται από τις σχεδόν σταθερές θερμοκρασίες εδάφους και υπόγειων υδάτων, που είναι εντελώς ανεξάρτητες του αέρα περιβάλλοντος. Αυτές οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες κατά μέσο όρο από τις χειμερινές θερμοκρασίες και χαμηλότερες κατά μέσο όρο από τις καλοκαιρινές θερμοκρασίες. Έτσι μια υδρόψυκτη αντλία δε χρειάζεται να λειτουργεί τόσο απαιτητικά ώστε να εξάγει ή να απελευθερώσει τη θερμότητα όταν επικρατούν μέτριες εξωτερικές θερμοκρασίες. Συνεπώς, η ενεργειακή απόδοση μιας τέτοιας αντλίας είναι σημαντικά υψηλότερη από μια συμβατική αντλία θερμότητας.

Το κόστος εγκατάστασης μιας υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας παρόλο που είναι αρκετά ακριβότερο από το κόστος εγκατάστασης μιας αντλίας αέρα, σε βάθος χρόνου η υδρόψυκτη αντλία είναι προτιμότερη αφού μειώνει σημαντικά τη κατανάλωση ενέργειας και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη εξοικονόμηση χρημάτων. Επίσης, μειώνει σημαντικά και τις εκπομπές άνθρακα και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων.

Οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας λειτουργούν ακριβώς όπως όλες οι αντλίες θερμότητας, δηλαδή βασίζονται στον ψυκτικό κύκλο Rankine, ο οποίος όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα είναι ένας αέναος κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού.

Ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα που βασίζεται στην γεωθερμία (με την ευρύτερη έννοια) αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Τον εναλλάκτη θερμότητας νερού ή γεωεναλλάκτη, ο οποίος είτε απορροφά θερμότητα από το έδαφος είτε απελευθερώνει θερμότητα προς αυτό (εξαρτάται από την εποχή).
- Την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, μέσω της οποίας γίνεται η μετάδοση της θερμότητας στο κτίριο.
- Το εσωτερικό σύστημα διανομής της θερμότητας στο κτίριο (ενδοτοιχείο ή ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης και δροσισμού, σύστημα με fan-coils για θέρμανση και ψύξη, ακόμα και θερμαντικά σώματα).

2.2 Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΙΑΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας μπορεί να παράγει 3KW έως 4KW θερμότητας για κάθε 1KW ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει, επιτυγχάνοντας έτσι την υψηλότερη απόδοση από οποιοδήποτε άλλο σύστημα θέρμανσης. Η μεγάλη αποδοτικότητα της αντλίας μειώνει κατά περίπου τα δύο τρίτα το κόστος θέρμανσης ενός κτιρίου ή μιας κατοικίας σε σύγκριση με το συμβατικό τρόπο ηλεκτρικής θέρμανσης. Για παράδειγμα, ένας σύγχρονος λέβητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου, μπορεί να είναι περίπου 90% αποδοτικός ενώ, μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας μπορεί να επιτύχει αποδοτικότητα πάνω από 400%. Η διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα είναι σημαντική αφού η αντλία σε σχέση με το λέβητα παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι καταναλώνει.

Η απόδοση μιας αντλίας μπορεί να βελτιωθεί με το να μονωθεί το κτίριο ή η κατοικία που χρησιμοποιείται. Σε ένα μονωμένο κτίριο παρατηρείται μεγάλη μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανσή του, διότι η θερμότητα διατηρείται αποτελεσματικότερα χωρίς να διαφεύγει προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ωστόσο, δεν μειώνεται μόνο η απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας, αλλά η ενέργεια μπορεί πλέον και να αποδίδεται το ίδιο αποτελεσματικά με τη χαμηλότερη θερμοκρασία ροής, δηλαδή τη θερμοκρασία στην οποία το ρευστό διαρρέει το σύστημα διανομής θέρμανσης.

Τα συστήματα διανομής θέρμανσης επηρεάζουν σημαντικά το βαθμό απόδοσης μιας υδρόψυκτης αντλίας. Για παράδειγμα, η ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί πιο αποτελεσματικά με μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας επειδή οι μεγαλύτερες επιφάνειες είναι πιο συμβατές στις πιο χαμηλές θερμοκρασίες ροής και συνεπώς, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία που απαιτείται από την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας τόσο πιο αποδοτικά λειτουργεί. Για να γίνει ακόμα πιο αντιληπτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι όταν υπάρχει 1°C μείωση στη θερμοκρασία που εξέρχεται από την αντλία θερμότητας γίνεται εξοικονόμηση 2% στην ενέργεια. Σημαντικό δηλαδή είναι να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά στη θερμοκρασία που παρέχεται από την υδρόψυκτη αντλία και στη θερμοκρασία που έχει το ρευστό όταν φτάνει στο σύστημα διανομής θέρμανσης.

Επιπλέον, ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την αποδοτικότητα της αντλίας είναι η ύπαρξη δεξαμενής αποθήκευσης. Όταν υπάρχει αυτό το μονωμένο δοχείο νερού στο σύστημα, το οποίο

είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να διατηρεί την ελάχιστη ποσότητα νερού στο κύκλωμα όταν το φορτίο θέρμανσης είναι χαμηλό, παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας κατά 10°C. Επομένως, η υδρόψυκτη αντλία θερμότητας απαιτείται να λειτουργεί κατά 10°C υψηλότερα από ό,τι κανονικά ώστε να μπορεί να παρέχει τις απαραίτητες απαιτήσεις θέρμανσης στο κτίριο. Ένας τρόπος για να βελτιωθεί η απόδοση, στην περίπτωση που κρίνεται αναγκαία μια δεξαμενή αποθήκευσης, είναι η δεξαμενή αποθήκευσης να συνδέεται μόνο με δύο σωλήνες και να λειτουργεί ως παράκαμψη παρά να περνά όλη η ροή ρευστού διαμέσου αυτής.

Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα θέρμανσης με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας αποτελείται από αντλίες νερού οι οποίες μεταφέρουν το ρευστό στο έδαφος ή στο νερό καθώς και στο σύστημα διανομής θέρμανσης. Αυτό που παρατηρείται στην προκειμένη περίπτωση είναι το εξής, όταν αυξάνεται η αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας αυξάνεται και το ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται από τις αντλίες νερού. Αυτό εμποδίζει σημαντικά την απόδοση του συστήματος, για αυτό γίνονται συνεχώς προσπάθειες βελτίωσης των αντλιών νερού από τους κατασκευαστές, ώστε να μην γίνεται μεγάλη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά γενικό κανόνα, η συνολική ισχύς μιας αντλίας νερού δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1% της θερμικής παραγωγής. Για παράδειγμα, μια αντλία νερού 100W θα πρέπει να αντιστοιχεί σε ζήτηση θερμότητας 10KW.

Συνεπώς, από τις παραπάνω αναφορές γίνεται αντιληπτό ότι η αποδοτικότητα μιας υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας επηρεάζεται άμεσα από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι διαφέρουν και ποικίλουν ανάλογα με την περίπτωση. Για αυτό το λόγο, θα πρέπει να εξετάζονται λεπτομερώς όλες οι παράμετροι πριν την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος ώστε να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση στο κύκλωμα.

2.3 ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΨΥΚΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν το νερό και το έδαφος τόσο ως πηγές θερμότητας όσο και ως αποδέκτες θερμότητας.

Σχετικά με το νερό, γίνεται χρήση των επιφανειακών υδάτων (θάλασσες, ποτάμια, λίμνες κ.λπ.) και των υπόγειων υδάτων. Στα επιφανειακά ύδατα κατά τη διάρκεια μιας χρονιάς παρατηρείται μεγαλύτερη διακύμανση των θερμοκρασιακών τιμών τους, με αποτέλεσμα όταν γίνεται χρήση τους, από μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, ο βαθμός απόδοσης να αυξομειώνεται. Η πιο καλή επιλογή για την αποδοτικότητα της αντλίας είναι η χρήση των υπόγειων υδάτων, αφού η θερμοκρασία τους είναι σταθερή, για την Ελλάδα από 10°C έως 20°C. Στη περίπτωση που χρησιμοποιούνται τα υπόγεια ύδατα υπάρχουν κάποιες βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται. Αρχικά, απαραίτητο είναι να υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα νερού για παροχή καθώς και να διατηρείται σε σταθερά επίπεδα. Επιπλέον, το βάθος στο οποίο βρίσκεται το νερό θα πρέπει να είναι προσιτό ώστε να είναι εφικτή η εκμετάλλευσή του, η θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων να είναι σχετικά σταθερή, να εξετάζονται τα νερά της πηγής ώστε να ελέγχεται η πιθανή διάβρωση του εναλλάκτη της υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας και τέλος, σημαντικό είναι να γίνονται έλεγχοι για πιθανές διαρροές ψυκτικού υγρού ή λαδιού ώστε να αποτραπούν πιθανές μολύνσεις των υδάτων.

Όσον αφορά το έδαφος, για να αξιοποιηθεί πλήρως από μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, τόσο ως πηγή όσο και ως αποδέκτης θερμότητας, απαραίτητη είναι η ύπαρξη του γεωεναλλάκτη. Ο γεωεναλλάκτης είναι επί της ουσίας ένα κλειστό δίκτυο σωληνώσεων μέσα στο οποίο κυκλοφορεί είτε νερό είτε διάλυμα νερού και αντιπηκτικού, το οποίο αποτρέπει τη δημιουργία πάγου. Οι σωλήνες του γεωεναλλάκτη αποτελούνται από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας και ανάλογα την εγκατάσταση τοποθετούνται είτε σε οριζόντια διάταξη είτε σε κατακόρυφη διάταξη. Η σύνθεση του χώματος καθώς και η θερμική διαχυτότητα είναι δύο μεγέθη που επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της αντλίας. Η θερμοκρασία του στρώματος του εδάφους σε βάθος μεγαλύτερο των 10m παραμένει σταθερή.

2.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

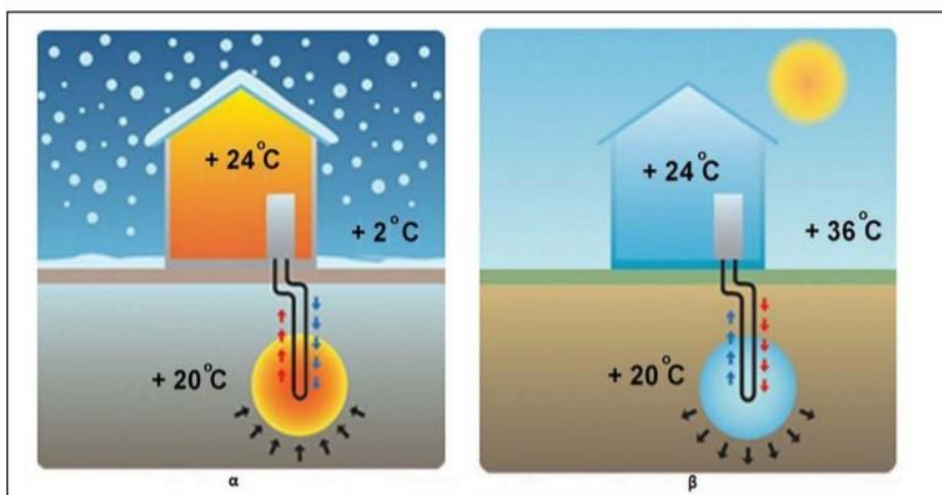
Κάτω από την επιφάνεια της Γης υπάρχουν ανάλογα με το βάθος διάφορα στρώματα που αποτελούνται από διάφορα πετρώματα, διαφορετικής σύστασης και διαφορετικών θερμοκρασιών. Η γεωθερμία αναφέρεται κατά βάση στη θερμότητα που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της Γης (προέρχεται από το πυρήνα της) και αναδύεται από αυτή με τη βοήθεια ορισμένων φυσικών μηχανισμών (ρήγματα στο υπέδαφος, ηφαιστειακές εκροές). Το θερμό νερό το οποίο καλείται και γεωθερμικό ρευστό είναι ένα μίγμα νερού και αιθυλενογλυκόλης.

Με βάση τη θερμοκρασία που έχουν τα ρευστά που αναδύονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια κατηγοριοποιείται σε:

- Υψηλής ενθαλπίας (>150 °C)
(παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας)
- Μέσης ενθαλπίας (80 έως 150 °C)
(ζήρανση, θέρμανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων)
- Χαμηλής ενθαλπίας (25 έως 80 °C)
(θέρμανση θερμοκηπίων, χώρων, παραγωγή γλυκού νερού)

Στο γενικό πλαίσιο του ορισμού της γεωθερμίας συμπεριλαμβάνεται και ο όρος αβαθής γεωθερμία. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο φλοιό της Γης θερμαίνει τους γεωλογικούς σχηματισμούς της. Με τον όρο αβαθής γεωθερμία εννοούμε τη θερμότητα που υπάρχει αποθηκευμένη στους υδροφορείς και στα πετρώματα με τιμή θερμοκρασίας μικρότερη από 25°C. Το βάθος εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας δεν είναι μεγάλο, εκτιμάται περίπου στα 150m, χρησιμοποιείται κατά βάση για τη παραγωγή ζεστού νερού καθώς επίσης και για θέρμανση, ψύξη χώρων. Αυτό που κάνει την αβαθή γεωθερμία να ξεχωρίζει είναι ότι οι θερμοκρασιακές τιμές του εδάφους παρουσιάζουν μια σχετική σταθερότητα, αυτό αποδίδεται στη μεγάλη θερμοχωρητικότητα που έχει το έδαφος. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι όσο το βάθος μεγαλώνει η σταθερότητα αυτή παρουσιάζει μικρότερη διακύμανση. Σε βάθος από 10m έως 100m παρατηρείται μια σταθερότητα των τιμών ανάμεσα στις θερμοκρασίες 18°C με 22°C, αυτό βέβαια εξαρτάται και από τη γεωγραφική θέση της περιοχής. Για παράδειγμα, η μέση θερμοκρασία του υπεδάφους της Χώρας στα 8m είναι για τη Βόρεια Ελλάδα 12°C με 14°C.

Επομένως, αυτή η σταθερότητα που παρουσιάζει η αβαθής γεωθερμία στις θερμοκρασιακές τιμές του εδάφους αξιοποιείται αποτελεσματικά από πολλές εφαρμογές. Τα συστήματα με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας.



Εικόνα 6: Σταθερή θερμοκρασία εδάφους ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών. [10]

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στα συστήματα γεωθερμίας που εκμεταλλεύονται τη θερμική ενέργεια που βρίσκεται στο έδαφος ή στο νερό (υπόγειο ή επιφανειακό) γίνεται μια κατηγοριοποίηση που αφορά κυρίως την θέση που βρίσκεται ο γεωεναλλάκτης και τον τρόπο που τοποθετείται. Ειδικότερα έχουμε:

- Τα γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος
 - οριζόντια γεωθερμικά συστήματα (εκσκαφή)
 - κατακόρυφα γεωθερμικά συστήματα (γεωτρήσεις)
- Τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος

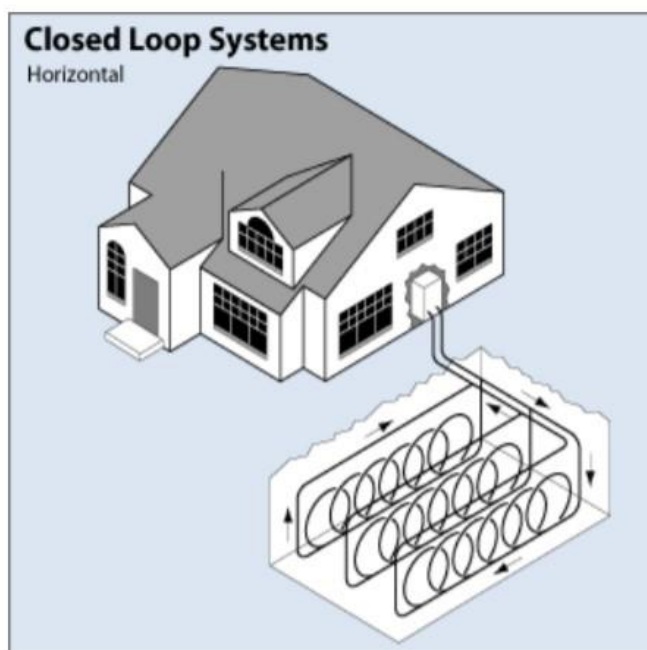
Η πρώτη κατηγορία, βασίζεται στην κατασκευή ενός γεωεναλλάκτη, δηλαδή ενός δικτύου με πλαστικούς σωλήνες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας και αντοχής, που τοποθετείται τις περισσότερες φορές σε βάθος υπεδάφους 1m με 2m. Μέσα στο γεωεναλλάκτη κυκλοφορεί είτε νερό είτε διάλυμα νερού και αντιψυκτικού το οποίο είναι φιλικό προς το περιβάλλον (κυρίως σε περιπτώσεις που υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες υπεδάφους). Ο γεωεναλλάκτης συνδέεται με την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας και έτσι το κύκλωμα ολοκληρώνεται. Τέτοια συστήματα έχουν μεγάλο χρόνο ζωής, πάνω από 50 χρόνια, και παρουσιάζουν και αξιοπιστία, αυτό συμβαίνει διότι το ρευστό κυκλοφορεί αδιάκοπα κάτω από συγκεκριμένες πιέσεις με σκοπό τη μεταφορά της θερμότητας. Ο κυκλοφορητής αποτελεί σημαντικό μέρος αυτού του κυκλώματος αφού διασφαλίζει την ομαλή τροφοδοσία της αντλίας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ένα κλειστό σύστημα δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις για συντήρηση και ο λόγος είναι ότι δεν υπάρχουν επικαθίσεις αλάτων.

Σε ένα κλειστό κύκλωμα οι σωλήνες του γεωεναλλάκτη τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα.

Ο γεωεναλλάκτης που βρίσκεται σε οριζόντια διάταξη τοποθετείται είτε σε μια είτε σε πολλές στρώσεις σωλήνων, το βάθος εγκατάστασης κυμαίνεται από 1.2-1.8m. Από την άλλη όταν γίνεται τοποθέτηση ενός κατακόρυφου γεωεναλλάκτη απαιτείται μια προεργασία με γεωτρήσιμο. Το βάθος εγκατάστασης είναι από 50-150m. Τα πλεονεκτήματα ενός κατακόρυφου συστήματος είναι περισσότερα από τα πλεονεκτήματα ενός οριζόντιου συστήματος. Πιο

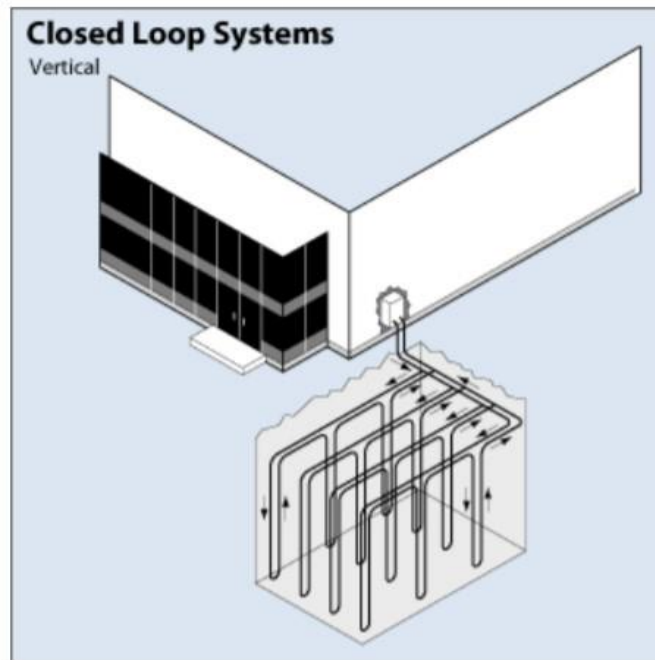
συγκεκριμένα, τα κατακόρυφα συστήματα είναι μια ιδανική επιλογή επειδή δεν απαιτούν μεγάλη διαθεσιμότητα σε ελεύθερο χώρο και επίσης λόγω του μεγαλύτερου βάθους εγκατάστασης δεν επηρεάζονται από τις εποχικές μεταβολές.

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει ένα οριζόντιο κλειστό σύστημα, αυτό που φαίνεται αρχικά είναι οι σωλήνες από το σπίτι να καταλήγουν στο έδαφος. Εκεί βρίσκονται κατανεμημένες σε τρεις διακλαδώσεις. Η κάθε διακλάδωση αποτελείται από έξι αλληλεπικαλυπτόμενα κάθετα συστήματα-βρόγχους σωληνώσεων. Έπειτα όλες οι αρχικές σωληνώσεις καταλήγουν στο τέλος των διακλαδώσεων συνδυάζονται και ο τελικός σωλήνας οδηγείται στο σπίτι.



Εικόνα 7: Κλειστό οριζόντιο σύστημα. [12]

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει ένα κάθετο κλειστό σύστημα, αυτό που φαίνεται αρχικά είναι οι σωλήνες να κατευθύνονται από το κτήριο μέσα στο έδαφος. Εκεί διακλαδώνονται σε τέσσερις σειρές. Σε κάθε σειρά το σύστημα των σωλήνων παραμένει οριζόντιο με εξαίρεση ότι εκτρέπεται σε τρεις βαθείς κάθετους σχηματισμούς. Στο τέλος της σειράς, η σωληνώση κάνει καμπύλη και επιστρέφει στην αρχή της σειράς και καταλήγει πάλι ως ενιαίος σωλήνας πίσω στο κτήριο.

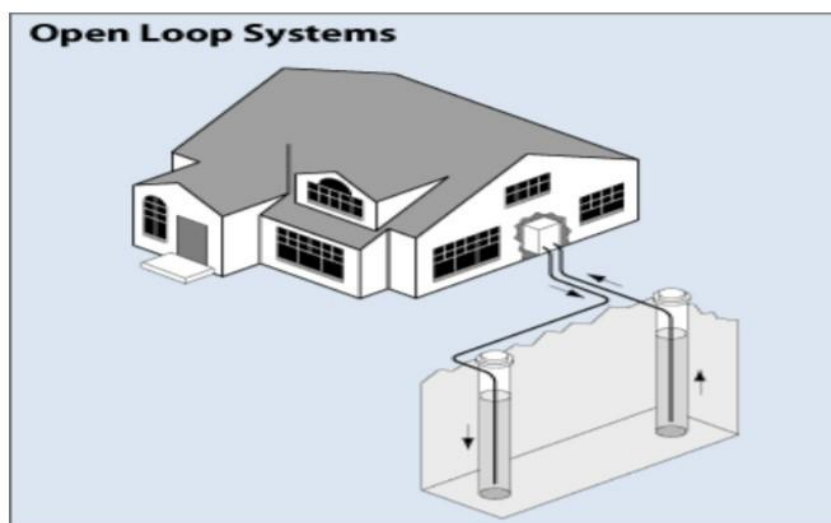


Εικόνα 8: Κλειστό κάθετο σύστημα. [12]

Όσον αφορά τη δεύτερη κατηγορία, δηλαδή τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος, κάνουν χρήση των επιφανειακών υδάτων ή με τη βοήθεια των υδρογεωτρήσεων χρησιμοποιούν τα υπόγεια ύδατα και ανάλογα την εποχή αποτελούν είτε πηγή θερμότητας είτε σημείο όπου αποδίδεται η θερμότητα του κτιρίου. Αυτό που γίνεται είναι άντληση του νερού από υπόγειο ταμιευτήρα με χρήση γεώτρησης και ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού/νερού που βρίσκεται ανάμεσα στη υδρόψυκτη αντλία θερμότητας και στο ανοικτό κύκλωμα, προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα πριν το νερό επιστρέψει στον ταμιευτήρα από άλλη γεώτρηση. Αυτή η κατηγορία συστήματος είναι ιδανική για περιοχές όπου ο υδροφόρος ορίζοντας δεν έχει μεγάλο βάθος, έτσι δεν απαιτούνται μεγάλες γεωτρήσεις. Συνεπώς, με αυτό τον τρόπο αξιοποιείται η ιδιότητα της σταθερής θερμοκρασίας που έχουν τα νερά του υπόγειου ταμιευτήρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ανεξάρτητα από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Πολύ σημαντικό είναι η επιστροφή του νερού πίσω στην πηγή. Έτσι, στην αβαθή γεωθερμία ανοικτού κυκλώματος υπάρχουν το λιγότερο δύο γεωτρήσεις. Από την μία θα πρέπει να γίνεται η άντληση του νερού και από την άλλη το νερό θα πρέπει να επιστρέφει πίσω στον ταμιευτήρα.

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει ένα ανοικτό κύκλωμα, αυτό που φαίνεται αρχικά είναι ένας σωλήνας ο οποίος από το σπίτι καταλήγει μέσα στο έδαφος και από εκεί σε έναν ταμιευτήρα όπου και αποδίδεται το νερό που μεταφέρει. Ένας άλλος σωλήνας φαίνεται να αντλεί από τον ταμιευτήρα και να το οδηγεί πίσω στο σπίτι.



Εικόνα 9: Σύστημα ανοιχτού κυκλώματος. [12]

Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός από τα συστήματα κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος υπάρχουν και δύο ειδικότερες μορφές κυκλωμάτων.

Αρχικά αναφέρονται τα συστήματα απευθείας εκτόνωσης τα οποία δε χρησιμοποιούν νερό ή διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό αλλά είναι κλειστά κυκλώματα που αποτελούνται από σωλήνες χαλκού με σκοπό την απευθείας μετάδοση θερμότητας από το έδαφος στο ψυκτικό μέσο, συνεπώς απαιτούνται μικρότερα μήκη και διάμετροι σωληνώσεων για την εγκατάσταση του συστήματος. Οι σωληνώσεις χαλκού εξασφαλίζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από ότι οι αγωγοί πολυαιθυλενίου που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά κλειστά κυκλώματα. Το πρόβλημα είναι ότι υπάρχει κίνδυνος οξείδωσης, για να αποφευχθεί αυτό συνήθως καλύπτονται με έναν εξωτερικό μανδύα πολυαιθυλενίου.

Τέλος, υπάρχουν και τα υβριδικά συστήματα. Σε αυτά τα συστήματα μαζί με τον γεωεναλλάκτη γίνεται και εγκατάσταση άλλων εναλλακτικών βοηθητικών συστημάτων (θερμαντήρες, ψύκτες), έτσι μπορούν να εκμεταλλευτούν διάφορες μορφές ενέργειας συμπληρώνοντας τυχόν επιπλέον ανάγκες που θα προκύψουν στο κτίριο. Τέτοιου είδους συστήματα είναι αρκετά αποδοτικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής ενός υβριδικού συστήματος αποτελεί μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας υποβοηθούμενη από ηλιακή διάταξη. Το οποίο θα αναφερθεί εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα.

ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ

Η ηλιακή ενέργεια ή ηλιοθερμία είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία και μπορεί να μετατραπεί σε θερμότητα και ηλεκτρισμό μέσω ηλιοθερμικών και φωτοβολταϊκών συλλεκτών. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή

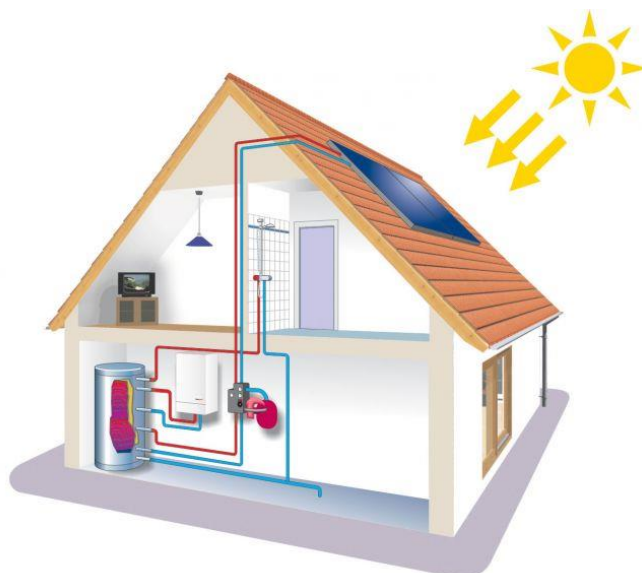
ενέργειας που είναι φιλική προς το περιβάλλον. Σε αντίθεση με άλλες πηγές ενέργειας όπως τα ορυκτά καύσιμα, η ηλιακή ενέργεια διατίθεται σχεδόν παντού στη Γη κάθε μέρα. Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να παρέχουν ζεστό νερό χρήσης και θέρμανσης χώρου, ενώ τα φωτοβολταϊκά μπορούν να παρέχουν ηλεκτρικό ρεύμα σε κτιριακές εγκαταστάσεις οικονομικά, αποδοτικά και με ασφάλεια.

Πιο συγκεκριμένα η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται κυρίως με τρεις βασικούς τρόπους.

- Με τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, μέσω ειδικών διατάξεων που ονομάζονται ηλιακοί συλλέκτες και τη μετατρέπουν σε θερμότητα σε κάποια θερμομονωμένη δεξαμενή όπου και την αποθηκεύουν. Ειδικότερα, υπάρχουν δύο ειδών ενεργητικά ηλιακά συστήματα για τη θέρμανση νερού. Το σύστημα άμεσης κυκλοφορίας και το σύστημα έμμεσης κυκλοφορίας. Σε ένα σύστημα άμεσης κυκλοφορίας, το νερό κυκλοφορεί απευθείας από αντλίες μέσω των συλλεκτών και στη συνέχεια στο κεντρικό σύστημα νερού του κτιρίου. Αυτό το σύστημα λειτουργεί καλά σε περιοχές με ήπιο κλίμα όπου το νερό σπάνια παγώνει. Σε ένα σύστημα έμμεσης κυκλοφορίας, ένα αντιψυκτικό μείγμα κυκλοφορεί διαμέσου των συλλεκτών με τη βοήθεια των αντλιών. Αυτό το αντιψυκτικό μείγμα μεταφέρει τη θερμότητα από τους συλλέκτες με σκοπό τη θέρμανση του νερού πριν αυτό να κυκλοφορήσει στο κεντρικό σύστημα νερού.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Σε αυτόν τον τρόπο γίνεται αξιοποίηση όλων των δομικών και αρχιτεκτονικών στοιχείων μιας κατοικίας ή ενός οποιουδήποτε κτιρίου με στόχο τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας την αποθήκευσή της και τη διανομή της στους χώρους του κτιρίου υπό μορφή θερμότητας.
- Με την κατευθείαν μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Όλοι οι παραπάνω τρόποι για να αξιοποιηθούν πλήρως αποτελεσματικά και αποδοτικά θα πρέπει να διαστασιοποιηθούν καταλλήλως. Τέτοια συστήματα αποτελούν ιδανικές λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας κυρίως στη χώρα μας, αφού η ηλιοφάνεια είναι αρκετά έντονη κατά τη διάρκεια του έτους.

Γενικά τα θερμικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σε ενεργητικά και παθητικά, και τα δύο συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα με διαφορετικό τρόπο όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι στα επόμενα κεφάλαια, όπου γίνεται λόγος για θερμικά ηλιακά συστήματα θα αναφερόμαστε μόνο στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα.



Εικόνα 10: Θερμικό ηλιακό σύστημα σε κατοικία. [19]

3.2 ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα βασικά μέρη που απαρτίζουν ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα είναι ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, το δοχείο αποθήκευσης θερμότητας και οι σωληνώσεις. Η διαδικασία που συμβαίνει σε ένα τέτοιο σύστημα είναι η εξής: Αρχικά, η ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει στον συλλέκτη τον διαπερνά, παγιδεύεται και εν συνεχεία απορροφάται από την ειδική επιφάνεια που υπάρχει στο εσωτερικό του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του ρευστού. Το ρευστό αυτό που κάνει είναι αφού θερμανθεί με τη παραπάνω διαδικασία να μεταφέρει αυτή την ενέργεια υπό μορφή θερμότητας στο δοχείο αποθήκευσης. Σημειώνεται, ότι γίνεται ένας διαχωρισμός στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα που σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο που η ηλιακή ενέργεια συσσωρεύεται στον συλλέκτη. Έτσι, προκύπτουν τα συστήματα αέρα και τα συστήματα νερού. Η πρώτη κατηγορία δεν είναι τόσο αποδοτική όσο η δεύτερη. Τα συστήματα νερού αποτελούν την πιο διαδεδομένη τεχνολογία στις μέρες μας. Ο γνωστός σε όλους μας ηλιακός θερμοσίφωνας αποτελεί ένα τέτοιο σύστημα.

Γενικά, ανεξάρτητα από τις δύο κατηγορίες των ηλιακών συστημάτων, τα ηλιακά συστήματα αποτελούνται όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως από δύο βασικά μέρη, το τμήμα συλλογής και το τμήμα αποθήκευσης. Στο τμήμα συλλογής, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από επιφάνεια μεγάλου συντελεστή απορρόφησης αφού πρώτα διαπεράσει από ηλιοδιαπερατή επιφάνεια. Η ενέργεια αυτή, τις περισσότερες φορές δεν αποθηκεύεται εντός της επιφάνειας, αποθηκεύεται στο τμήμα αποθήκευσης, δηλαδή σε ξεχωριστό τμήμα μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Το τμήμα συλλογής συνδέεται με το τμήμα αποθήκευσης με σωληνώσεις. Σε μεγαλύτερα συστήματα όταν τα δύο μέρη βρίσκονται χωριστά γίνεται χρήση αντλίας για τη κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου. Το βασικό μέρος του τμήματος συλλογής είναι ο συλλέκτης και για το τμήμα αποθήκευσης είναι το θερμοδοχείο ή συσσωρευτής θερμότητας. Το υπόλοιπο σύστημα αποτελείται από δίκτυο σωληνώσεων, όργανα ελέγχου και όργανα ασφαλείας.

3.3 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

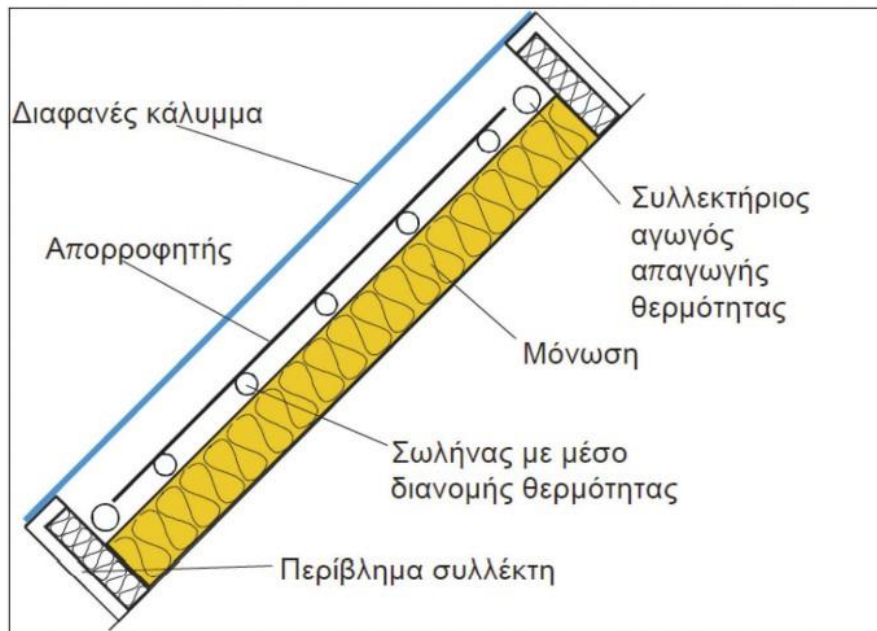
Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελούνται όλες οι διατάξεις θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι τα εξής:

3.3.1 Ηλιακός συλλέκτης

Η λειτουργία του ηλιακού συλλέκτη είναι να μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφά σε θερμότητα, όπου σαν τελικό σκοπό έχει να αποδώσει τη θερμότητα στο ρευστό μεταφοράς θερμότητας, που διατρέχει τον συλλέκτη.

Υπάρχουν διάφορα είδη συλλεκτών με πιο διαδεδομένο τον επίπεδο ηλιακό συλλέκτη. Αυτός ο τύπος συλλέκτη αποτελείται από μια επιφάνεια που είναι μεταλλική σε μαύρο χρώμα και ονομάζεται απορροφητική πλάκα. Η πλάκα είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να απορροφά όσο γίνεται περισσότερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, λειτουργώντας αποδοτικά και σε συννεφιασμένες μέρες. Στην επιφάνεια της απορροφητικής πλάκας υπάρχουν οι σωληνώσεις μέσα στις οποίες διαρρέει το ρευστό θερμότητας, όλα αυτά θερμομονώνονται. Μια αποτελεσματική τακτική για τη μείωση των θερμικών απωλειών στο συλλέκτη είναι να καλυφθεί η απορροφητική πλάκα με διαπερατά τζάμια, δηλαδή γυαλιά. Έτσι δημιουργούνται στρώματα αέρα που παρέχουν επιπλέον μόνωση χωρίς να επηρεάζουν την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται, επιπλέον η χρήση τζαμιών εγκλωβίζει την ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο και δεν μπορεί να απελευθερωθεί. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό σαν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πολλές φορές αντί για τα τζάμια επιλέγονται πλαστικά καλύμματα τα οποία αν και δεν είναι τόσο αποδοτικά είναι φθηνότερα, ανθεκτικά και αρκετά ελαφριά σε σχέση με τα τζάμια. Σημειώνεται ότι γίνεται κατηγοριοποίηση των επίπεδων συλλεκτών σε συλλέκτες αέρα και υγρού. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται λόγω του ρευστού που θερμαίνουν.

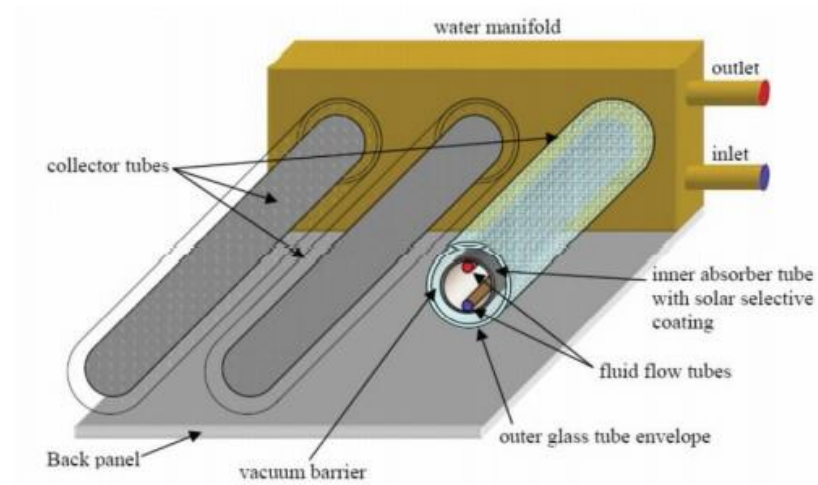
Αξίζει να αναφερθεί ότι το πόσο αποδοτικός είναι ένας συλλέκτης σχετίζεται άμεσα και από την ποιότητα των υλικών που τον απαρτίζουν. Είναι πολύ σημαντικό να επιλεγθούν υλικά κατάλληλα τόσο για την ίδια την απορροφητική επιφάνεια όσο και για τα διαφανή υλικά που την καλύπτουν. Επιπλέον ένας άλλος λόγος μείωσης της αποδοτικότητας του συλλέκτη είναι η πιθανή συμπύκνωση υγρασίας που μπορεί να παρουσιαστεί στην εσωτερική πλευρά του καλύμματος. Για να αποφευχθεί αυτό ορισμένοι συλλέκτες χρησιμοποιούν σωλήνες αερισμού οι οποίοι αφαιρούν την υγρασία του αέρα μέσω κάποιων ξηραντικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη αποτελεί ο ηλιακός θερμοσίφωνας που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση νερού οικιακής χρήσης. Η στιγμιαία απόδοσή του είναι της τάξης του 75-85%, ενώ για μακροχρόνια λειτουργία η απόδοσή τους είναι 30-40%.



Εικόνα 11: Εγκάρσια τομή ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη. [1]

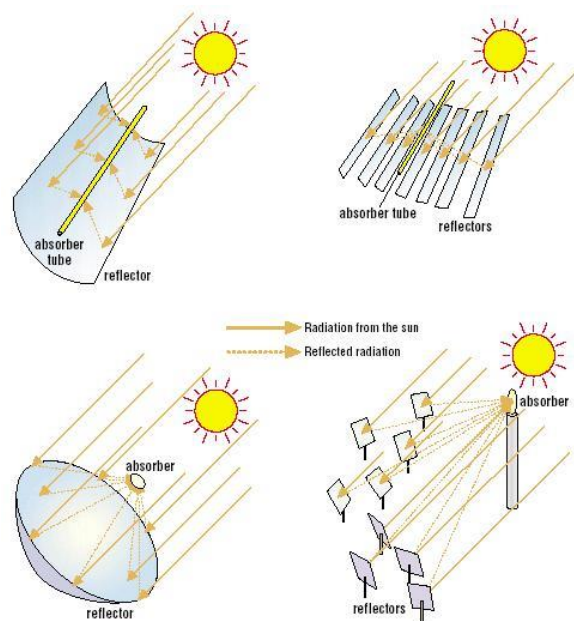
Μια εναλλακτική πρόταση για την επιλογή ηλιακού συλλέκτη αποτελεί ο συλλέκτης με σωλήνες κενού. Αυτός ο συλλέκτης αποτελείται από σειρές παράλληλων διαφανών γυάλινων σωλήνων που ο καθένας τους περικλείει έναν απορροφητικό σωλήνα (αντί για απορροφητική πλάκα) καλυμμένο με επιλεκτική επίστρωση. Οι γυάλινοι σωλήνες έχουν κυλινδρικό σχήμα έτσι είναι αποτελεσματικοί ακόμη και όταν ο ήλιος δέει, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία είναι υπό γωνία 90° προς το σωλήνα απορρόφησης θερμότητας. Λόγω του ειδικού τους σχήματος, αποτελούν κατάλληλες επιλογές για περιοχές που έχουν ψυχρό κλίμα με αρκετή συννεφιά. Η λειτουργία που πραγματοποιείται είναι η εξής: Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά των εξωτερικό γυάλινο σωλήνα, προσπίπτει στον απορροφητικό σωλήνα και μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται στο ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στον απορροφητικό σωλήνα. Το ρευστό περνάει μέσα από τον εναλλάκτη θερμότητας και απελευθερώνει θερμότητα σε νερό που βρίσκεται αποθηκευμένο σε μια δεξαμενή ηλιακής αποθήκευσης. Ο αριθμός των αρθρωτών σωλήνων δεν είναι συγκεκριμένος, αλλάζει ανάλογα με τις ανάγκες για ζεστό νερό. Επίσης κάθε γυάλινος σωλήνας μπορεί να ποικίλει σε διάμετρο μεταξύ 25mm έως 75mm και 1500 έως 2400mm σε μήκος. Η διαφορά μεταξύ της διαμέτρου εξαρτάται από τον κατασκευαστή.

Κάθε σωλήνας αποτελείται από δύο στρώματα, ένα εξωτερικό παχύ γυαλί και ένα εσωτερικό λεπτό γυαλί. Τα γυαλιά καλύπτονται με ένα ειδικό στρώμα που απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία, αποτρέποντας ταυτόχρονα τις θερμικές απώλειες. Οι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από βοριοπυριτικό γυαλί ή γυαλί σόδας, το οποίο είναι ισχυρό και διαθέτει υψηλή θερμική αντίσταση. Οι σωλήνες ονομάζονται σωλήνες κενού διότι ο αέρας αφαιρείται μεταξύ των τοιχωμάτων των δύο σωλήνων. Το κενό λειτουργεί ως θερμομόνωση και καθιστά τους σωλήνες κενού ακόμη πιο αποτελεσματικούς αποτρέποντας τις απώλειες θερμότητας, αφού δεν υπάρχει αέρας που να απάγει τη θερμότητα ή να κυκλοφορεί και να προκαλεί απώλειες μεταφοράς της θερμότητας.



Εικόνα 12: Σχηματική παράσταση συλλέκτη με σωλήνες κενού. [1]

Τέλος υπάρχουν και οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες. Αυτός ο τύπος συλλέκτη είναι κατάλληλος στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει μεγάλη έκταση για την εγκατάσταση, διότι έχουν την ιδιότητα να παράγουν ανά μονάδα επιφάνειας μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Έτσι, αποτελούν ιδανική επιλογή όταν απαιτούνται υψηλότερα θερμικά φορτία. Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες χρησιμοποιούν κάτοπτρα, είτε παραβολικά είτε ημισφαιρικά, για να εστιάσουν τις ακτίνες του ήλιου σε έναν σωλήνα ή σε ένα σημείο. Μέσα σε αυτό το συλλέκτη η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 200°C. Αυτός ο τύπος συλλέκτη είναι αρκετά ακριβός διότι είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε να περιστρέφεται για να ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

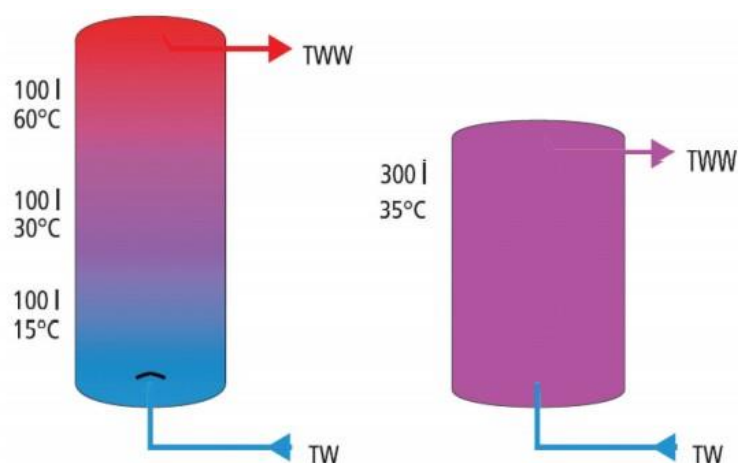


Εικόνα 13: Διάφοροι τύποι συγκεντρωτικών ηλιακών συλλεκτών. [20]

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η επιλογή του κατάλληλου τύπου ηλιακού συλλέκτη σχετίζεται άμεσα με τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται, σε συνδυασμό πάντα με τα υπόλοιπα τεχνικά και οικονομικά δεδομένα της εγκατάστασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μειονέκτημα που έχουν ορισμένοι τύποι ηλιακών συλλεκτών είναι ότι σε συννεφιασμένες και βροχερές ημέρες καθώς επίσης και κατά τη διάρκεια της νύχτας, δεν λειτουργούν τόσο αποδοτικά.

3.3.2 Δεξαμενή αποθήκευσης

Μια δεξαμενή αποθήκευσης αποτελεί αναπόσπαστο μέρος για ένα ολοκληρωμένο ηλιακό σύστημα. Οι δεξαμενές αποθήκευσης είναι καλά μονωμένες ώστε να μπορούν να αποθηκεύουν την ηλιακή ενέργεια για μιάμιση περίπου μέρα. Οι δεξαμενές αποθήκευσης χωρίζονται ανάλογα τον τύπο αποθήκευσης σε ομοιόμορφης θερμοκρασίας και σε θερμικά διαστρωμένη αποθήκευση. Ο πρώτος τύπος χρησιμοποιείται συνήθως στα συστήματα νερού ενώ ο δεύτερος συναντάται στα συστήματα αέρος. Πολλές φορές η ηλιακή ενέργεια δεν είναι επαρκής, για αυτό το λόγο στις δεξαμενές αποθήκευσης γίνεται χρήση μιας εμβαπτισμένης ηλεκτρικής αντίστασης θέρμανσης ώστε να εξασφαλίζεται το ζεστό νερό χρήσης. Η διαδικασία λειτουργίας μια δεξαμενής γίνεται με τη βοήθεια μιας αντλίας και ενός εμβαπτισμένου σωλήνα που βρίσκεται στην κορυφή της. Η αντλία αντλεί το νερό από το κάτω μέρος της δεξαμενής οδηγώντας το είτε στο συλλέκτη είτε στον εναλλάκτη θερμότητας όπου θερμαίνεται και επιστρέφει στο άνω μέρος της δεξαμενής. Ο εμβαπτισμένος σωλήνας τροφοδοτεί ζεστό νερό στο τμήμα κάτω από το θερμοστοιχείο και εξασφαλίζει έτσι τη σωστή διαστρωμάτωση του ζεστού νερού.



Εικόνα 14: Θερμική διαστρωμάτωση σε μια δεξαμενή αποθήκευσης. [1]

Οι δεξαμενές αποθήκευσης διαχωρίζονται ανάλογα την πίεση που δέχονται σε δεξαμενές υπό πίεση και σε δεξαμενές κανονικής πίεσης. Οι πρώτες είναι διαθέσιμες σε μεγέθη από 20 έως 450 λίτρα και κατασκευάζονται από χάλυβα με επίστρωση υάλου. Όλοι οι συμβατικοί θερμαντήρες

νερού με ηλεκτρικό ρεύμα ή φυσικό αέριο λειτουργούν υπό πίεση. Οι δεξαμενές σε κανονική πίεση διατίθενται σε μεγέθη από 750 έως 35.000 λίτρα, κατασκευάζονται από ανοξείδωτο ατσάλι, υαλόνημα ή πλαστικό με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, χρησιμοποιούνται για αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων νερού στα συστήματα θέρμανσης χώρων.

Σημαντικό είναι πριν τον σχεδιασμό ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού οικιακής χρήσης να καθορίζεται η ποσότητα του ζεστού νερού που χρησιμοποιείται μια τυπική μέρα.

3.3.3 Αντλία

Στα ηλιακά συστήματα νερού και όχι φυσικής κυκλοφορίας βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη των αντλιών. Οι αντλίες βοηθάνε το ρευστό να μεταφέρει τη θερμότητα από τους ηλιακούς συλλέκτες στις δεξαμενές αποθήκευσης, στους εναλλάκτες θερμότητας ή στις δεξαμενές αποστράγγισης. Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας σχετίζεται με τις προδιαγραφές για την υδροστατική πίεση, τις παροχές του ρευστού, τα υλικά κατασκευής και την πίεση λειτουργίας. Όσον αφορά τα υλικά της αντλίας εξαρτώνται άμεσα από τη θερμοκρασία λειτουργία της και από τον τύπο του ρευστού που χρησιμοποιείται. Σκοπός όλων των αντλιών είναι να μεταφέρουν το ρευστό με τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

3.3.4 Εναλλάκτης θερμότητας

Οι εναλλάκτες θερμότητας μεταφέρουν τη θερμική ενέργεια από τους βρόχους του υποσυστήματος των συλλεκτών στους βρόχους του υποσυστήματος της ηλιακής αποθήκευσης ή στους βρόχους των φορτίων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν με σκοπό τη μείωση της υδροστατικής πίεσης στις δεξαμενές αποθήκευσης. Όταν το σύστημα απαιτεί δύο αντλίες γίνεται χρήση ενός συστήματος εναλλάκτη θερμότητας διπλού βρόχου. Ενώ όταν το σύστημα απαιτεί μια αντλία τότε χρησιμοποιείται ένα σύστημα μονού βρόχου. Σε μεγάλες εφαρμογές θερμικών ηλιακών συστημάτων χρησιμοποιούνται είτε οι πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας είτε οι κελύφους με σωληνώσεις. Πραγματική αντιρροή μεταξύ των θερμών και των ψυχρών ρευστών επιτυγχάνεται με τους πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας, οι οποίοι είναι και αρκετά αποδοτικοί.

Πριν την επιλογή ενός εναλλάκτη για κάποιο σύστημα πρέπει να καθορίζονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Ο τύπος, τα υλικά, τα ρευστά, η ικανότητα εναλλαγής, η θερμοκρασία και η πίεση σχεδιασμού, η αποτελεσματικότητα, η πτώση πίεσης και η παροχή των ρευστών, οι απαιτήσεις απόδοσης, η μόνωση, η μέθοδος προστασίας έναντι της υψηλής πίεσης και της θερμοκρασίας, καθώς επίσης και ο ενιαίος ή διπλός διαχωρισμός μεταξύ του πόσιμου νερού και των μη πόσιμων υγρών.

3.3.5 Δοχείο διαστολής

Ένα δοχείο που είναι μεταλλικό και χωρίζεται στη μέση από ελαστική μεμβράνη ονομάζεται δοχείο διαστολής. Στο πάνω μέρος του δοχείου υπάρχει υδατικό διάλυμα και στο κάτω μέρος υπάρχει άζωτο. Η λειτουργία ενός τέτοιου δοχείου είναι να δέχεται την αύξηση όγκου στην

αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού μεταφοράς της ενέργειας και σε περίπτωση “στεγανοποίησης” της εγκατάστασης χρησιμεύει στο να δέχεται όλο το υγρό, που περιέχεται στο εσωτερικό του συλλέκτη. Υπάρχει πλήθος δοχείων διαστολής ανάλογα τις ανάγκες του συστήματος. Για τη σωστή επιλογή υπολογίζεται ο ελάχιστος απαιτούμενος όγκος του δοχείου και επιλέγεται είτε δοχείο ίδιου όγκου είτε δοχείο με όγκο ελάχιστα μεγαλύτερο. Τα δοχεία διαστολής πρέπει να συνδέονται στις πλευρές εισόδου των αντλιών, όσο γίνεται πιο κοντά στην αντλία και κάτω από τον σωλήνα με τον οποίο συνδέεται.

3.3.6 Ρευστό μεταφοράς της θερμότητας

Ως ρευστό μεταφοράς χρησιμοποιείται το νερό ή κάποια άλλη ουσία. Μέσω αυτού γίνεται η μεταφορά της θερμικής ενέργειας από τα υποσυστήματα των συλλεκτών, μέσω των εναλλακτών θερμότητας, στις δεξαμενές ηλιακής αποθήκευσης. Ένα ρευστό μεταφοράς της θερμότητας πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες και χαρακτηριστικά:

- υψηλή ειδική θερμότητα και πυκνότητα
- χαμηλό ιξώδες και σημείο πήξης
- υψηλή επιφανειακή τάση
- σχετικά χαμηλή πίεση ατμού, μέχρι τους 93,3 °C
- υψηλή θερμική σταθερότητα
- χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά
- χημικά αδρανές
- μη διαβρωτικό
- μη τοξικό
- άμεσα διαθέσιμο
- φθηνό

Το συνηθέστερο ρευστό που χρησιμοποιείται και έχει τα περισσότερα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ένα υδατικό διάλυμα γλυκόλης αιθυλενίου ή προπυλενίου.

3.3.7 Βαλβίδες

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα διαθέτουν βαλβίδες ή αλλιώς βάνες υπεύθυνες τόσο για την ασφάλεια του προσωπικού όσο και για την ασφάλεια ολόκληρου του εξοπλισμού. Έτσι το σύστημα διαθέτει τις συρταρωτές βάνες, που απομονώνουν τμήματα σωλήνων και παρουσιάζουν χαμηλή πτώση πίεσης, τη βαλβίδα αντεπιστροφής που εμποδίζει το ρευστό να διατρέξει το σωλήνα αντίθετα από την κανονική του ροή, επίσης αποτρέπει και τον θερμοσιφονισμό. Στο θερμικό ηλιακό σύστημα υπάρχουν και οι βάνες ελέγχου της ροής, που χρησιμοποιούνται για να ρυθμίζουν τη ροή στη προδιαγεγραμμένη τιμή της. Τέλος, υπάρχουν και οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης και θερμοκρασίας που διατηρούν την πίεση και τη θερμοκρασία μέσα στα επιτρεπτά όρια

3.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

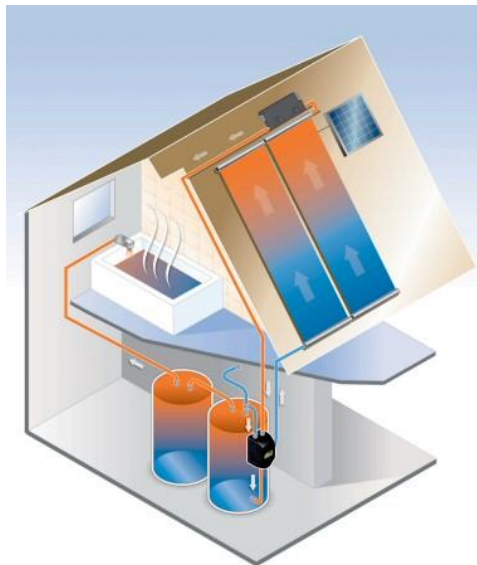
Στις μέρες μας η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αξιοποιηθεί με τρόπο τέτοιο ώστε να μας δώσει οικονομικά και αποδοτικά πλήθος εφαρμογών. Μερικές από τις εφαρμογές των ηλιακών συλλεκτών, κάποιες από τις οποίες θα αναλυθούν λεπτομερώς στην συνέχεια, είναι :

- Η προετοιμασία ζεστού νερού στις κατοικίες, στα εμπορικά κτίρια και στη βιομηχανία.
- Η θέρμανση νερού σε κολυμβητικές δεξαμενές (πισίνες)
- Η θέρμανση χώρων σε κτίρια
- Ο κλιματισμός χώρων και η ψύξη για αποθήκευση (τρόφιμα κ.λπ.)
- Η ξήρανση γεωργικών προϊόντων
- Η απόσταξη νερού
- Το μαγείρεμα με ηλιακή ενέργεια

3.4.1 Παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση

Τα ηλιοθερμικά συστήματα μπορούν αποδοτικά και αρκετά οικονομικά να παρέχουν σε μια κατοικία την απαραίτητη ποσότητα ζεστού νερού χρήσης. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού, που σχετίζεται άμεσα με το κόστος. Στην αγορά διατίθενται τα απλά θερμοσιφωνικά συστήματα, στα οποία το νερό κυκλοφορεί με φυσικό τρόπο και η δεξαμενή αποθήκευσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ηλιακό συλλέκτη. Από την άλλη υπάρχουν και τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας τα οποία είναι πιο αποδοτικά και κατ' επέκταση έχουν μεγαλύτερο κόστος. Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν αντλίες και αισθητήρες/ελεγκτές με σκοπό να μεταφέρουν το ζεστό νερό από τους συλλέκτες σε ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης.

Δεν παράγουν όλα τα ηλιακά συστήματα την ίδια ποσότητα ζεστού νερού. Αυτό συμβαίνει διότι το κάθε ηλιακό σύστημα έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά. Έτσι ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος, καθώς επίσης και το κλίμα της περιοχής και τον προσανατολισμό του ηλιακού συλλέκτη προκύπτει η αντίστοιχη ποσότητα ζεστού νερού χρήσης. Γίνεται αντιληπτό ότι η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, σε σχέση με τον ηλεκτρισμό, είναι μια αρκετά οικονομική επένδυση σε βάθος χρόνου.



Εικόνα 15: Θέρμανση νερού μέσω ηλιακών συστημάτων σε κατοικία. [9]

3.4.2 Μεγάλα κεντρικά ηλιακά συστήματα

Πλήθος εφαρμογών βρίσκουν τα μεγάλης κλίμακας κεντρικά ηλιακά συστήματα. Αυτά τα συστήματα είναι συνήθως από 1000m^2 μέχρι 8000m^2 , χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η χρήση τους στη παραγωγή ενέργειας μέσω τηλεθέρμανσης, στην εποχιακή – διεποχιακή αποθήκευση θερμότητας και στην αφαλάτωση ή στην ηλιακή ψύξη. Στη Χώρα μας αρκετές ξενοδοχειακές μονάδες επιλέγουν αυτά τα συστήματα με σκοπό τη κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης. Τη περίοδο από το 1993 έως και το 2000 δημιουργήθηκαν αρκετές πιλοτικές εγκαταστάσεις που στόχο είχαν την παροχή ηλιακού κλιματισμού και τη παροχή ενέργειας σε βιομηχανικές διεργασίες. Τα κεντρικά ηλιακά συστήματα μεγάλης κλίμακας δεν βρήκαν μεγάλη ανταπόκριση και αυτό συνέβει εξαιτίας κάποιων αστοχιών στη σχεδίαση τους σε υφιστάμενα κτίρια. Για να αποτραπεί αυτό θα πρέπει ο εθνικός σχεδιασμός να περιλαμβάνει το σχεδιασμό και την εφαρμογή διαρκών ενισχυτικών μέτρων για την προώθηση των μεγάλων κεντρικών ηλιακών συστημάτων.



Εικόνα 16: Μεγάλα θερμικά ηλιακά πεδία. [1]

3.4.3 Θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών με ηλιακή ενέργεια

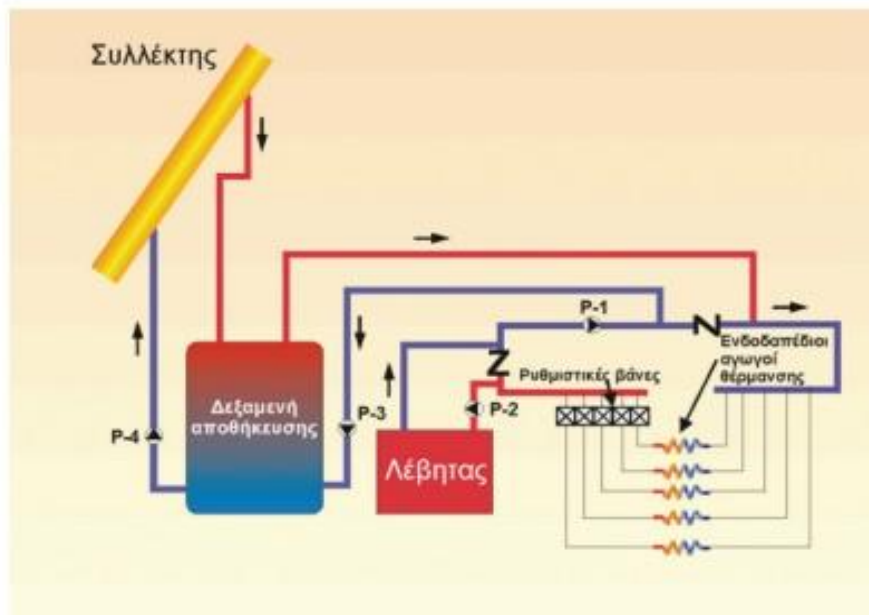
Ένας έξυπνος και αποδοτικός τρόπος χρήσης των κολυμβητικών δεξαμενών και τους χειμερινούς μήνες είναι η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Μέσω των συλλεκτών επιτυγχάνεται αρκετά οικονομικά η θέρμανση κλειστών ή στεγασμένων κολυμβητικών δεξαμενών με ετήσια περίοδο λειτουργίας. Υπάρχουν ηλιακά συστήματα που εξοικονομούν έως και 60% της απαιτούμενης ενέργειας. Επομένως, είναι μια αρκετά κερδοφόρα λύση.



Εικόνα 17: Θερμικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης πισίνας. [1]

3.4.4 Θέρμανση χώρων

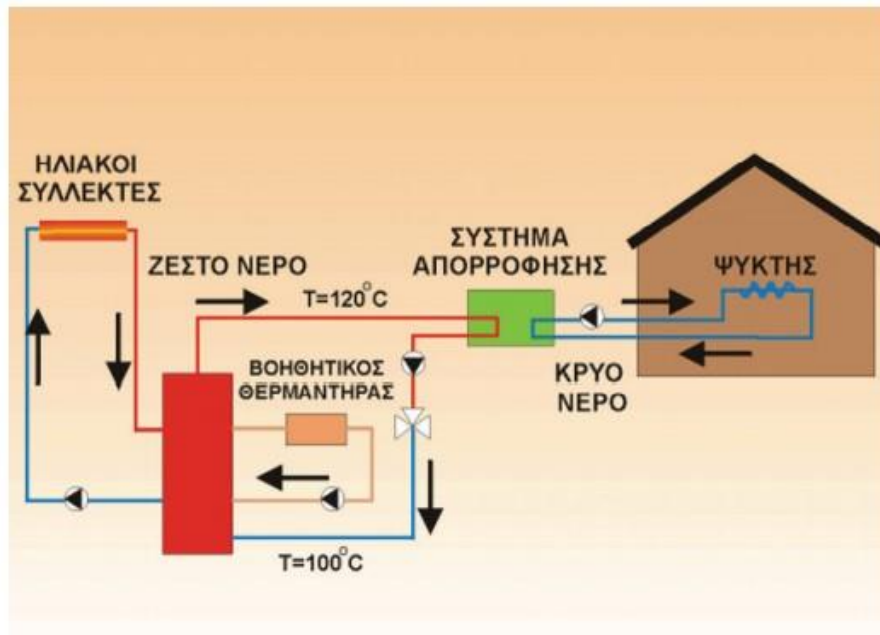
Η θέρμανση χώρων με ηλιακή ενέργεια μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με θέρμανση αέρα είτε με θέρμανση υγρού μέσω των ηλιακών συλλεκτών. Τα συστήματα αέρα αποτελούνται από συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς και ελεγκτές και θερμαίνουν τον αέρα μιας οικίας χωρίς εναλλάκτες θερμότητας. Τα ηλιακά συστήματα με υγρό αποτελούνται από συλλέκτες, δεξαμενές αποθήκευσης, αντλίες, σωλήνες, εναλλάκτες θερμότητας (στα συστήματα κλειστού βρόχου) και ελεγκτές. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος θέρμανσης χώρων είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση. Το δάπεδο αποτελεί πλέον τον τελικό αποδέκτη του ζεστού νερού και έτσι λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα. Πιο συγκεκριμένα, αφού θερμανθεί το δάπεδο από κάτω, απλώνεται ένα σύστημα σωληνώσεων δια μέσω του οποίου μεταφέρεται το ζεστό νερό σε όλη την επιφάνεια. Η θερμότητα με τη βοήθεια των σωλήνων κατανέμεται έτσι ώστε να καλύπτει κυρίως τις ανάγκες για θέρμανση όπου χρειάζεται. Η τιμή της θερμοκρασίας του νερού στις σωλήνες είναι χαμηλότερη. Έτσι, μέσω της ενδοδαπέδιας θέρμανσης ο χώρος ζεσταίνεται ομοιόμορφα. Τα ηλιακά συστήματα σχεδιάζονται για να παρέχουν το 40%-80% των ετήσιων αναγκών θέρμανσης ενός νοικοκυριού. Τα ηλιακά συστήματα καλό είναι να έχουν και ένα εφεδρικό σύστημα θέρμανσης ώστε σε περιόδους με περιορισμένη ηλιακή ακτινοβολία, να καλύπτεται το σύνολο των αναγκών θέρμανσης.



Εικόνα 18: Ηλιακό σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης. [1]

3.4.5 Δροσισμός/Ψύξη χώρων

Ένας εναλλακτικός τρόπος κλιματισμού ενός χώρου είναι μέσω συστημάτων ηλιακής ψύξης. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από υλικά τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Βασικό μέρος της λειτουργίας τους αποτελούν οι ψύκτες. Οι ψύκτες παράγουν κρύο νερό (7°C - 10°C) χρησιμοποιώντας ζεστό νερό (70°C - 110°C). Το κρύο νερό που παράγουν είναι και αυτό που βοηθάει στο δροσισμό των χώρων. Αξίζει να αναφερθεί, ότι γίνεται μια κατηγοριοποίηση σε αυτά τα συστήματα σε κλειστά και ανοιχτά. Τα πρώτα, τα οποία είναι και τα πιο γνωστά, είναι ουσιαστικά ψύκτες που λειτουργούν παρέχοντας κρύο νερό. Αυτό το νερό χρησιμοποιείται είτε στα κεντρικά κλιματιστικά είτε διανέμεται σε συγκεκριμένους χώρους με τη βοήθεια ενός δικτύου με σκοπό την ενεργοποίηση των τοπικών μονάδων σε αυτούς τους χώρους. Από την άλλη, η δεύτερη κατηγορία δηλαδή τα ανοιχτά συστήματα χρησιμοποιούν μόνο νερό ως ψυκτικό μέσο και αυτό που κάνουν είναι να επιτρέπουν πλήρη κλιματισμό παρέχοντας ψυχρό αέρα.



Εικόνα 19: Ενεργητικό ηλιακό σύστημα για δροσίμο χώρων. [1]

3.5 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

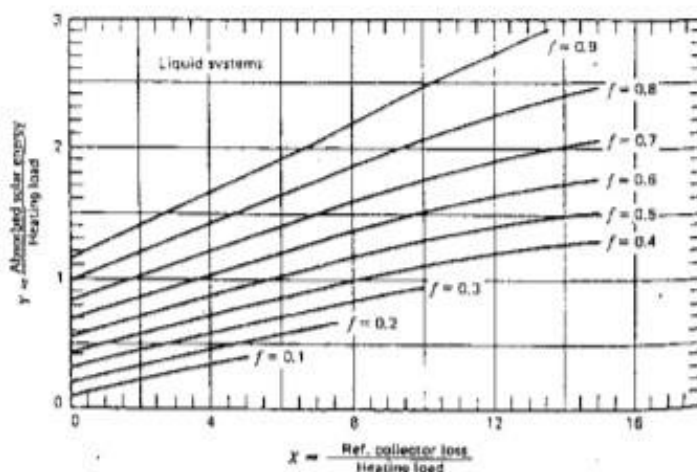
Για να κατασκευαστεί ένα ηλιοθερμικό σύστημα το οποίο θα είναι ενεργειακά αποδοτικό και αξιόπιστο θα πρέπει προηγουμένως να διαστασιολογηθεί καταλλήλως. Ειδικότερα, θα πρέπει να σχεδιαστεί λεπτομερώς με βάσει τις ανάγκες του εκάστοτε κτιρίου και να γίνει η σωστή επιλογή του εξοπλισμού. Όλη αυτή η μελέτη είναι πολύ σημαντική ώστε να ξεκινήσει η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος. Η διαστασιολόγηση ενός ηλιοθερμικού συστήματος αποτελεί μια αρκετά περίπλοκη διαδικασία, εξαιτίας των πολλών διαφορετικών μεταβλητών που πρέπει να εξεταστούν. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες προσεγγιστικές μεθοδολογίες διαστασιολόγησης τέτοιων συστημάτων με ποικίλους βαθμούς πολυπλοκότητας. Ο πλέον ακριβέστερος τρόπος διαστασιολόγησης είναι μέσω ενός υπολογιστικού μοντέλου. Η ηλιακή ακτινοβολία, τα θερμικά φορτία, οι ενεργειακές ισορροπίες στα διάφορα υποσυστήματα και οι λειτουργίες ελέγχου είναι μερικά από τα δεδομένα που απαιτούνται για να κατασκευαστούν τέτοια μοντέλα. Εφόσον έχει δημιουργηθεί το υπολογιστικό μοντέλο είναι πολύ εύκολο να μεταβληθούν οι διάφορες παράμετροι του συστήματος προκειμένου να καθοριστεί η επίδρασή τους στη απόδοση του. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση τέτοιων υπολογιστικών μοντέλων δεν είναι κατάλληλη για σύνθετα συστήματα καθώς επίσης και για συστήματα τα οποία μπορεί να μεταβληθούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να γίνεται χρήση των αρθρωτών υπολογιστικών προγραμμάτων προσομοίωσης, τα οποία χωρίζουν το σύστημα σε έναν αριθμό υποσυστημάτων και διαθέτουν ενσωματωμένες υπορουτίνες με τις οποίες τα προσομοιάζουν δυναμικά. Παρόλο που τέτοιου είδους προγράμματα δίνουν λεπτομερείς πληροφορίες για τα ηλιακά συστήματα είναι αρκετά σύνθετα στη χρήση τους και συνήθως απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ για την ανάλυση αρκετά διεξοδικών δεδομένων. Έτσι, όλες οι παραπάνω απαιτήσεις των υπολογιστικών μοντέλων και προγραμμάτων έχουν επιβάλει την αναγκαιότητα για την ανάπτυξη απλούστερων μεθόδων διαστασιολόγησης.

Μια τέτοια μέθοδος είναι η F-chart, είναι μια γρήγορη υπολογιστική μέθοδο και αρκετά αξιόπιστη. Χρησιμοποιείται αποτελεσματικά και για συστήματα θέρμανσης χώρου αλλά και για

συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται μέσω αυτής της μεθόδου είναι αρκετά ακριβείς, καθώς η απόκλιση τους σε σχέση με την κάλυψη από τον ήλιο του ολικού φορτίου, είναι περίπου 2%. Σε σχέση με πραγματικά στοιχεία απόδοσης ηλιακών εγκαταστάσεων σε κατοικίες η απόκλιση είναι περίπου 8%. Η μέθοδος F-chart εξοικονομεί τόσο χρόνο όσο και χρήμα, βρίσκει χρήση και σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν ωριαία μετεωρολογικά στοιχεία για ένα μέρος. Έτσι, μέσω αυτής της αποτελεσματικής μεθόδου μπορεί να καθοριστεί το ποσοστό του ολικού φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο, μέσω των καμπυλών f . Ειδικότερα, βασίζεται στον υπολογισμό του κλάσματος του φορτίου (συμβολίζεται με f) που καλύπτεται από τη ηλιακή ενέργεια. Σημειώνεται ότι η μέθοδος των καμπυλών f δεν ισχύει για παθητικά συστήματα και για συστήματα που χρησιμοποιούν αντλίες θερμότητας.

Περιγραφή μεθόδου.

Αυτή η μεθοδολογία συνίσταται για τον καθορισμό του ποσοστού f του ολικού θερμικού φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο κάθε μήνα με τη βοήθεια των καμπυλών f καθορίζοντας τις συντεταγμένες X , Y του παρακάτω σχήματος, βάσει μετεωρολογικών στοιχείων του τόπου της εγκατάστασης.



Εικόνα 20: Καμπύλες f . [8]

Οι συντεταγμένες X , Y (αδιάστατες) καθορίζονται από τους τύπους:

X = απορριπτόμενη ενέργεια από συλλέκτη στους 100°C / συνολικό θερμικό φορτίο μήνα.

$$X = \frac{(F'_R / F_R) * (F_R * U_L) * (T_{ref} - T_a) * \Delta t * A_c * K_2 * K_3}{L}$$

Y = απορροφώμενη ενέργεια από συλλέκτη / συνολικό θερμικό φορτίο μήνα.

$$Y = \frac{(F'_R/F_R) * (F_R * (\tau * \alpha)_n) * ((\tau * \alpha)/(\tau * \alpha)_n) * \bar{H}_T * A_c * K_4}{L}$$

Όπου:

A_c : ολικό εμβαδόν επιφάνειας συλλέκτη (m^2).

F'_R/F_R : διορθωτικός συντελεστής εναλλάκτη.

$FR * UL$, $FR * (\tau * \alpha)_n$ χαρακτηριστικά μεγέθη συλλέκτη που προκύπτουν από την καμπύλη απόδοσής του.

T_{ref} : θερμοκρασία αναφοράς ($100^{\circ}C$).

T_a : μέση ημερήσια θερμοκρασία μηνός($^{\circ}C$).

Δt : χρονική περίοδος μηνός σε sec.

L : συνολικό θερμικό φορτίο μήνα (J).

H_T : μέση τιμή ολικής ακτινοβολίας που πέφτει στο συλλέκτη τον ορισμένο μήνα.

$(\tau * \alpha)/(\tau * \alpha)_n$: διορθωτικός συντελεστής.

K_2 : συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής αποθήκευσης θερμότητας.

K_3 : συντελεστής ζεστού νερού.

K_4 : συντελεστής εναλλάκτη θερμότητας φορτίου.

Οι καμπύλες αυτές είναι γραφική παράσταση της σχέσης:

$$f = 1.029 * Y - 0.065 * X - 0.245 * Y^2 + 0.0018 * X^2 + 0.0215 * Y^3$$

Αφού λοιπόν βρούμε τις συντεταγμένες X , Y για κάθε μήνα βρίσκουμε την κάλυψη f και κατά συνέπεια το ποσό ενέργειας που παίρνει η εγκατάσταση από τον ήλιο ($f * L$). Έτσι αθροίζοντας τα ποσά αυτά και για τους δώδεκα μήνες και διαιρώντας με το άθροισμα των μέσων μηνιαίων φορτίων μπορούμε να βρούμε την μέση ετήσια κάλυψη.

(α) Υπολογισμός K_2 .

Ο συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής βρίσκεται από τον τύπο:

$$K_2 = (M/75)^{-0,25}$$

M είναι η χωρητικότητα της δεξαμενής σε l/m^2 επιφάνειας συλλέκτη

(β) Υπολογισμός K3.

Το K3 που είναι ο συντελεστής του ζεστού νερού βρίσκεται από τον τύπο:

$$K3 = (11,6 + 1,18 * T_w + 3,86 * T_m - 2,32 * T_a)/(100-T_a)$$

όπου τα σύμβολα έχουν την γνωστή σημασία.

Αν η εγκατάσταση είναι για θέρμανση ή θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού τότε

$$K3 = 1.$$

(γ) Υπολογισμός K4.

Ο συντελεστής εναλλάκτη φορτίου βρίσκεται από τον παρακάτω τύπο και χρησιμοποιείται για να ληφθεί υπόψη το μέγεθος του εναλλάκτη θερμότητας υγρού - αέρα αν ο χώρος θερμαίνεται με ζεστό αέρα. Αν γίνεται με νερό ή έχουμε παραγωγή μόνο ζεστού νερού δεν υπάρχει προφανώς εναλλάκτης φορτίου και K4=1.

$$K4 = 0,39 + 0,65 * \exp(-0,139/[\varepsilon L * C_{\min}/(U * A)^b])$$

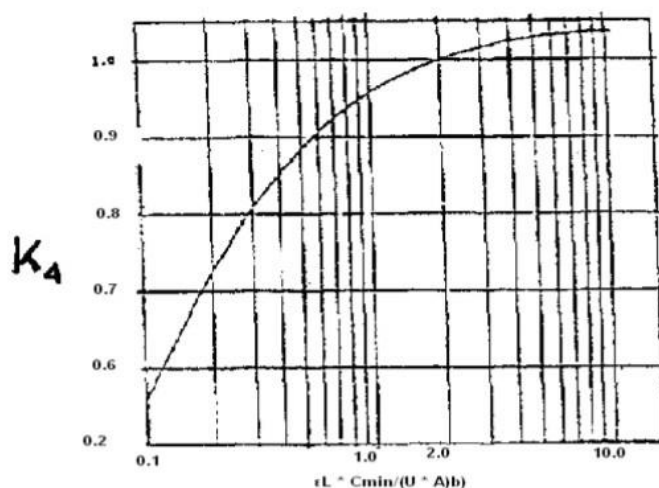
εL = ισχύς που μεταφέρει πράγματι ο εναλλάκτης / max ισχύς που θα μπορούσε να μεταφέρει ο εναλλάκτης

και

$$\text{max ισχύς} = I_{\max} = C_{\min} * (T1 - T'1)$$

όπου T1, T'1 οι θερμοκρασίες των 2 ρευμάτων στην είσοδο του εναλλάκτη.

Όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα για τον υπολογισμό του K4 χρειάζεται η ποσότητα $\varepsilon L * C_{\min}/(U * A)^b$. Το εL είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσης του εναλλάκτη φορτίου και $C_{\min}=(m * c_p)_{\min}$ =ελάχιστη θερμοχωρητική παροχή εναλλάκτη (συνήθως είναι αυτή του αέρα) ενώ $(U * A)^b$ είναι ο συνολικός συντελεστής απωλειών κτιρίου.



Εικόνα 21: Διορθωτικός συντελεστής k4. [8]

Σημαντική Παρατήρηση.

Στη χώρα μας η θέρμανση κτιρίων και η παραγωγή ζεστού νερού γίνεται κυρίως με επίπεδους συλλέκτες σε θερμοκρασίες κάτω των 100οC. Με δεδομένο το γεγονός ότι η απόδοση των ηλιακών αυξάνεται όσο η θερμοκρασία του διερχόμενου ρευστού μειώνεται, το σύστημα θέρμανσης κτιρίου ή/και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε το ρευστό του πρωτεύοντος κυκλώματος να έχει την χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Τέτοια συστήματα για τη θέρμανση κτιρίων (χαμηλών θερμοκρασιών) είναι αυτά που χρησιμοποιούν ζεστό αέρα ή ζεστό νερό χαμηλής θερμοκρασίας (ενδοδαπέδιο σύστημα, fan-coils). Για την παραγωγή ζεστού νερού η βέλτιστη λύση είναι η χρησιμοποίηση δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού.

3.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα φωτοβολταϊκό (Φ/Β) σύστημα μετατρέπει άμεσα και αποδοτικά την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό, αποτελώντας έτσι μέρος των εφαρμογών για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η μετατροπή πραγματοποιείται με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Μια ομάδα φωτοβολταϊκών κυττάρων ονομάζεται μονάδα, μια ομάδα μονάδων δημιουργεί μια φωτοβολταϊκή συστοιχία. Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούνται από υλικά ημιαγωγών όπως πυρίτιο, γερμάνιο, αρσενίδιο του γαλλίου, αλλά τα σύγχρονα κύτταρα χρησιμοποιούν σχεδόν εξολοκλήρου πυρίτιο λόγω του κόστους, της διαθεσιμότητας και της αποδοτικότητας. Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να γίνουν με διάφορους τρόπους όπως: επίγεια, τοποθετημένες σε στέγη και ενσωματωμένες στο κτίριο. Επομένως, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μια κερδοφόρα λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αξίζει να γίνει αναφορά και για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία είναι μια έξυπνη και πρακτική λύση για περιοχές που δεν έχουν πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από διάφορες μεμονωμένες φωτοβολταϊκές μονάδες. Το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρισμό για να φορτίζει μπαταρίες κατά τη διάρκεια της ημέρας, με σκοπό να γίνεται χρήση αυτής της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας τη νύχτα ή όταν ο ήλιος δεν είναι διαθέσιμος.



Εικόνα 22: Φωτοβολταϊκά πάνελ σε κατοικία. [23]

3.7 ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Ο υβριδικός ηλιακός συλλέκτης, παράγει ηλεκτρισμό και ζεστό νερό για κατοικίες και κτίρια του τριτογενούς τομέα. Αυτός ο τύπος συλλέκτη, μειώνει σημαντικά τις απαιτήσεις για διαθέσιμο χώρο εγκατάστασης, αφού αντί για δύο συμβατικούς ηλιακούς συλλέκτες μπορεί να εγκατασταθεί ένας υβριδικός. Ο υβριδικός συλλέκτης σχεδιάζεται έτσι ώστε να είναι συμβατός με πολλά συστήματα και κατ' επέκταση να μπορεί να καλύπτει τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου. Επιπλέον, λόγω της κυκλοφορίας του ρευστού στον υβριδικό συλλέκτη ψύχονται τα φωτοβολταϊκά κύτταρα με αποτέλεσμα να σημειώνεται αύξηση στην αποτελεσματικότητά του.

Ειδικότερα, αυτός ο τύπος ηλιακού συλλέκτη που έχει την ιδιότητα να συνδυάζει τα πλεονεκτήματα ενός φωτοβολταϊκού και ενός θερμικού συστήματος λειτουργεί ως εξής:

Το ενδιαφέρον βρίσκεται στην καινοτομία που παρουσιάζει. Ουσιαστικά, συνδυάζονται επιτυχώς δύο τεχνολογίες και έτσι τα θερμικά και φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν μαζί ως ένα ενιαίο σύστημα. Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συλλέκτη μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του. Για να αποφευχθεί αυτό, ο υβριδικός συλλέκτης ψύχεται συνεχώς από το υγρό που κυκλοφορεί στην κάτω πλευρά του. Αυτό σημαίνει, ότι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Η θέρμανση του ρευστού γίνεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, το ρευστό κυκλοφορεί μέσω αυτού του εναλλάκτη και θερμαίνεται από τη θερμότητα που διαχέεται από τα φωτοβολταϊκά κύτταρα. Επομένως, οι υβριδικοί συλλέκτες χρησιμοποιούν όλη τη προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια και αποφεύγουν τη σπατάλη θερμότητας.

Συνοψίζοντας, η μπροστινή πλευρά του υβριδικού συλλέκτη παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, όπως οποιουδήποτε άλλου φωτοβολταϊκού συλλέκτη, χρησιμοποιείται για την ηλεκτρική τροφοδοσία των οικιακών εγκαταστάσεων, βοηθώντας έτσι να μην υπάρχει ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής. Επιπλέον, μέσω αυτών των συλλεκτών μειώνεται το ποσό των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας αφού μπορεί να παραχθεί πλέον η ενέργεια τοπικά. Το θερμικό σύστημα που βρίσκεται από κάτω διατηρεί τη θερμότητα, που διαφορετικά θα σπαταλούσε, την οποία αξιοποιεί για τη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το νερό θερμαίνεται με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας και αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης των υβριδικών συλλεκτών είναι η σύνδεσή τους σε πισίνα. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν είναι ότι μπορούν να καλύψουν την ηλεκτρική κατανάλωση της αντλίας φίλτρου και έτσι να παρατηρηθεί σημαντική μείωση στα έξοδα ρεύματος, επίσης παρέχεται και δωρεάν θέρμανση για την πισίνα. Επομένως, αυτός ο συλλέκτης παράγει τόσο ηλεκτρικό όσο και ζεστό νερό οικιακής χρήσης. Είναι πιο αποτελεσματικός, αυξάνει την ενεργειακή αυτονομία και επιτυγχάνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε σύγκριση με του κλασικούς συμβατικούς συλλέκτες.



Εικόνα 23: Υβριδικός ηλιακός συλλέκτης για παραγωγή ηλεκτρισμού και ζεστού νερού χρήσης. [18]



Εικόνα 24: Υβριδικός ηλιακός συλλέκτης. [21]

ΥΔΡΟΨΥΚΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

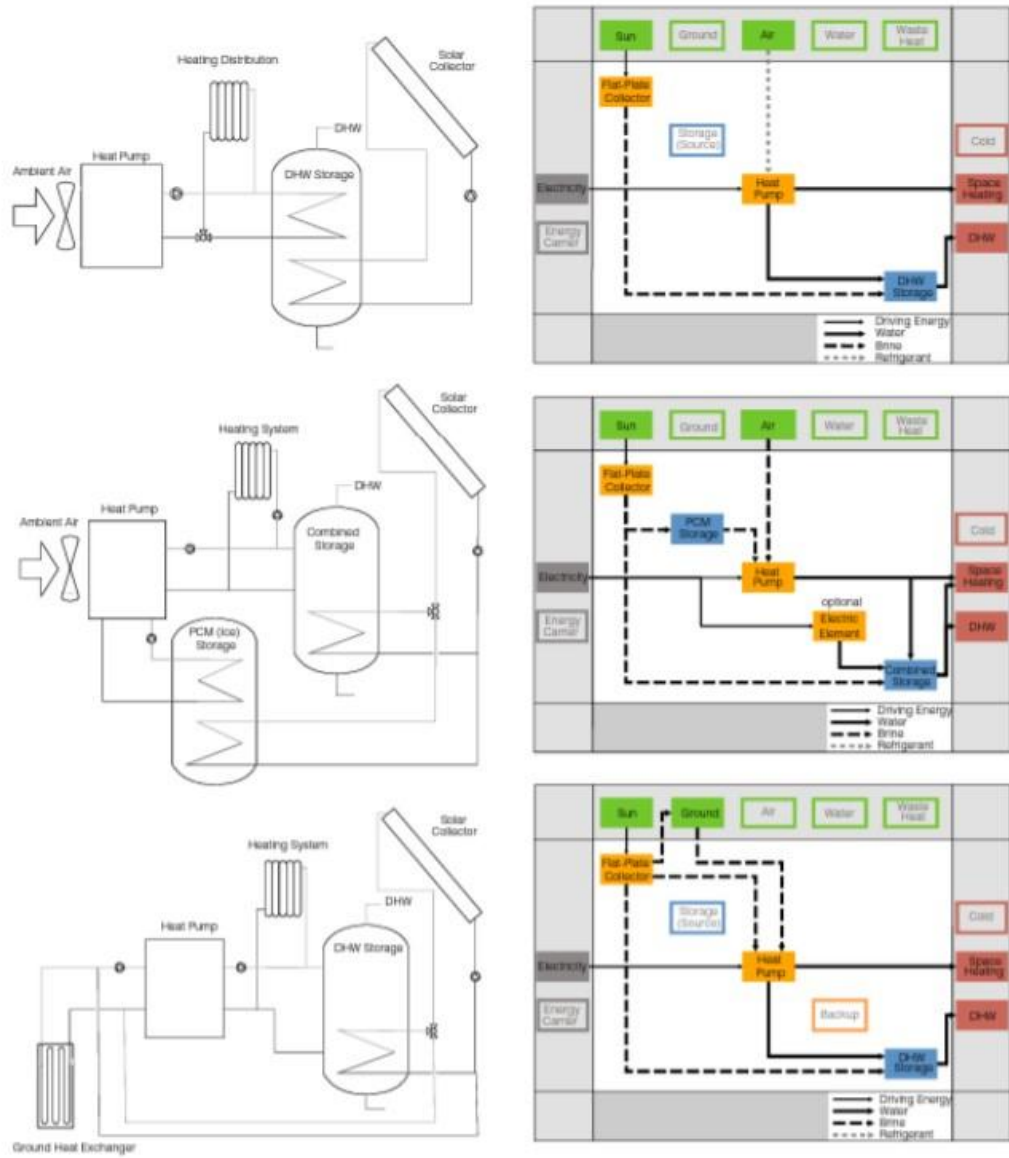
Οι ενεργειακοί πόροι με τη πάροδο των χρόνων τείνουν να εξαντληθούν, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας συνεχώς αυξάνεται. Έτσι, η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μονόδρομος. Ενεργειακοί πόροι όπως η γεωθερμική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια είναι σημαντικοί. Συνεπώς, Η βελτίωση της θερμομόνωσης ενός κτιρίου και η ενσωμάτωση τεχνολογιών βασισμένες σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και τη παροχή ζεστού νερού χρήσης είναι ο πιο ελπιδοφόρος τρόπος για εξοικονόμηση ενέργειας, για μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων καθώς επίσης και για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενες ενότητες, τα συστήματα με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας ανταλλάσσουν θερμότητα με το έδαφος ή τα επιφανειακά ύδατα για τη παροχή βασικών αναγκών. Η θερμότητα εξάγεται ή απορρίπτεται μέσω ενός γεωεναλλάκτη. Σημαντικό είναι η ποσότητα θερμότητας που εγχέεται ή που αντλείται να ισορροπείται σε ετήσια βάση για να διασφαλιστεί ότι η θερμοκρασία του εδάφους δε θα αλλάξει μακροπρόθεσμα. Εάν αυτό το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο δε διατηρηθεί, η θερμοκρασία του εδάφους μπορεί να παρουσιάσει διακυμάνσεις, κάτι που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αποτυχία λειτουργίας του συστήματος. Κυρίως σε εφαρμογές που παρέχεται μόνο θέρμανση μπορεί να παρατηρηθεί αυτή η ετήσια ανισορροπία φορτίου, που μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας εδάφους με τη πάροδο των ετών. Αυτό είναι κάτι που επηρεάζει άμεσα το βαθμό απόδοσης (COP) της υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το μήκος της γεώτρησης πρέπει να επεκταθεί.

Μια από τις κυριότερες λύσεις σε αυτό το πρόβλημα είναι η εγκατάσταση συστημάτων που συνδυάζουν τη γεωθερμία (με την ευρεία έννοια) με την ηλιοθερμική ενέργεια. Ο συνδυασμός αυτών των δύο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα με πλήθος εφαρμογών. Αυτή η συμπληρωματική θερμότητα από τους ηλιακούς συλλέκτες μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την επαναφόρτιση των γεωτρήσεων αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία του εδάφους, και επομένως επιτυγχάνεται η μείωση του μήκους του γεωεναλλάκτη, είτε για τη παροχή θερμότητας σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού.

Γενικότερα, ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας και από ηλιακούς συλλέκτες είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που είναι σε θέση να καλύπτει κάθε στιγμή αποδοτικά και αποτελεσματικά τις απαιτήσεις που έχει ένα κτίριο για θέρμανση, ψύξη και σε ζεστό νερό χρήσης. Για παράδειγμα, όταν η υδρόψυκτη αντλία παρουσιάσει κάποια δυσλειτουργία οι ηλιακοί συλλέκτες καλύπτουν αυτή τη βλάβη. Χαρακτηριστικό ενός υβριδικού συστήματος είναι ότι επιλέγει με βάση την αποδοτικότητα πως θα λειτουργήσει.

4.1 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΔΡΟΨΥΚΤΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ



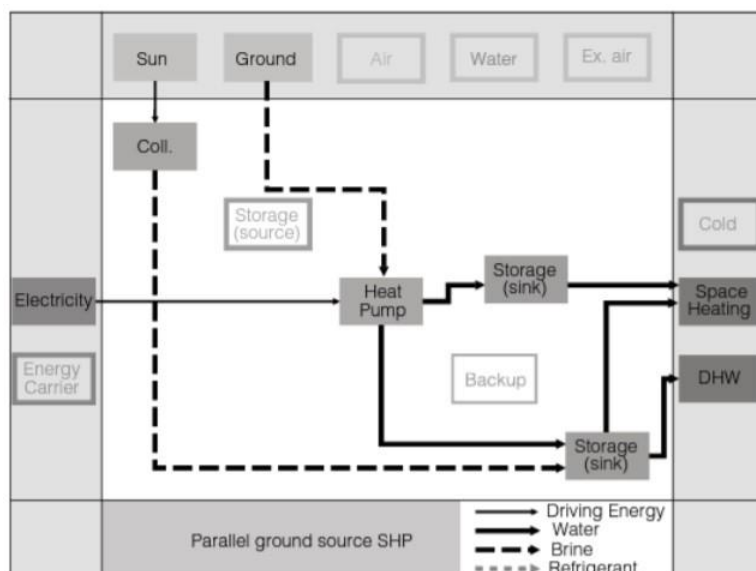
Εικόνα 25: Διάφορες διαμορφώσεις ενός υβριδικού συστήματος με υδρόψυκτη αντλία υποβοηθούμενη από ηλιακούς συλλέκτες. Στα αριστερά φαίνονται απλοποιημένα υδραυλικά σχήματα και οι αντίστοιχες απεικονίσεις τους στα δεξιά. [7]

Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να συνδεθούν με μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας με διάφορους τρόπους.

4.1.1 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ

Η παράλληλη σύνδεση των ηλιακών συλλεκτών με μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους και λιγότερο περίπλοκους συνδυασμούς αυτών των δύο συστημάτων. Σε αυτή τη σύνδεση και τα δύο συστήματα μπορούν να παρέχουν επαρκή θερμότητα είτε για άμεση χρήση είτε για μελλοντική χρήση με τη βοήθεια μιας δεξαμενής αποθήκευσης. Υπάρχουν δύο συστήματα παράλληλης σύνδεσης. Στο ένα από τα δύο, η ηλιακή θερμότητα χρησιμοποιείται μόνο για παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Ενώ στο άλλο η ηλιακή θερμότητα εκτός από την παροχή ζεστού νερού χρήσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση χώρων ενός κτιρίου.

- Συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή θερμότητα μόνο για τη παροχή ζεστού νερού χρήσης.



Εικόνα 26: Σε αυτή τη σύνδεση η ηλιακή θερμότητα χρησιμοποιείται μόνο για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. [7]

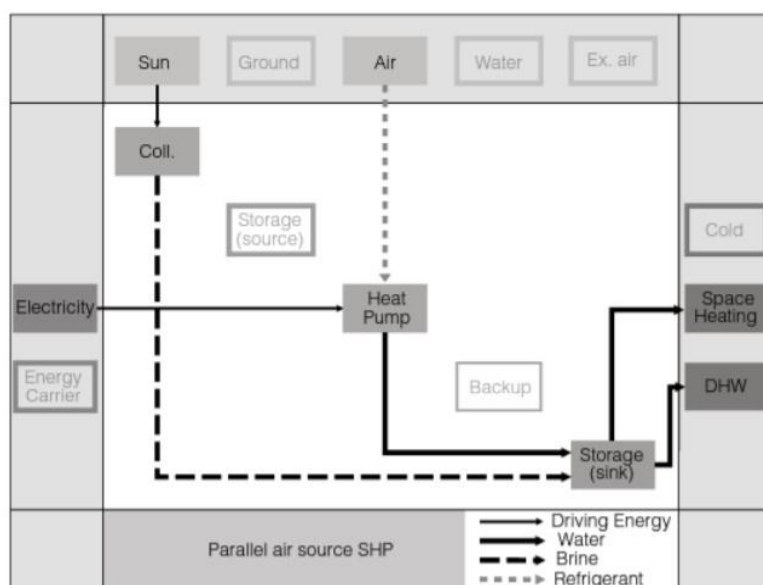
Σε αυτά τα συστήματα η θερμότητα μπορεί να αποθηκευτεί σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού. Η θερμοκρασία στη δεξαμενή είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία στους ηλιακούς συλλέκτες ή στις υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται συνήθως στα εξής:

- Στον εναλλάκτη θερμότητας
- Όταν γίνεται αποθήκευση θερμότητας η δεξαμενή αποθήκευσης αυξάνει τη θερμοκρασία
- Στην αποθήκευση περίσσειας θερμότητας.

Συνίσταται, να αποθηκεύεται η θερμότητα στη δεξαμενή αποθήκευσης μόνο εάν είναι απαραίτητο. Διαφορετικά, συνίσταται η άμεση χρήση της υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας για της θέρμανση. Η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να είναι σημαντική για την αύξηση της διάρκειας ζωής της αντλίας θερμότητας μειώνοντας τον κύκλο ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του συμπιεστή. Η αποθήκευση θερμότητας μπορεί επίσης να είναι χρήσιμη για τη παροχή θερμότητας όταν δεν υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια για τη κίνηση του συμπιεστή της αντλίας.

Υπάρχουν δύο μοντέλα για παράλληλη σύνδεση των υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας με ηλιακούς συλλέκτες, τα οποία χρησιμοποιούν την ηλιακή θερμότητα για παροχή ζεστού νερού χρήσης και την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας για υποβοήθηση στην παροχή ζεστού νερού χρήσης.

- Το πρώτο μοντέλο για τη παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης αποτελείται από δύο εναλλάκτες θερμότητας. Ο ένας εναλλάκτης βρίσκεται στη κορυφή του συστήματος και τροφοδοτείται από την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας και ο άλλος βρίσκεται στο κάτω μέρος και τροφοδοτείται με τη βοήθεια της ηλιακής θερμότητας. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η μεταφορά θερμότητας στο πάνω εναλλάκτη είναι ίση με τη θερμική ισχύ της υδρόψυκτης αντλίας.
 - Στο άλλο μοντέλο για τη παροχή ζεστού νερού χρήσης η υδρόψυκτη αντλία θερμότητας τροφοδοτεί άμεσα τη δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού.
- Συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή θερμότητα τόσο για τη παροχή ζεστού νερού χρήσης όσο και για τη θέρμανση χώρων.



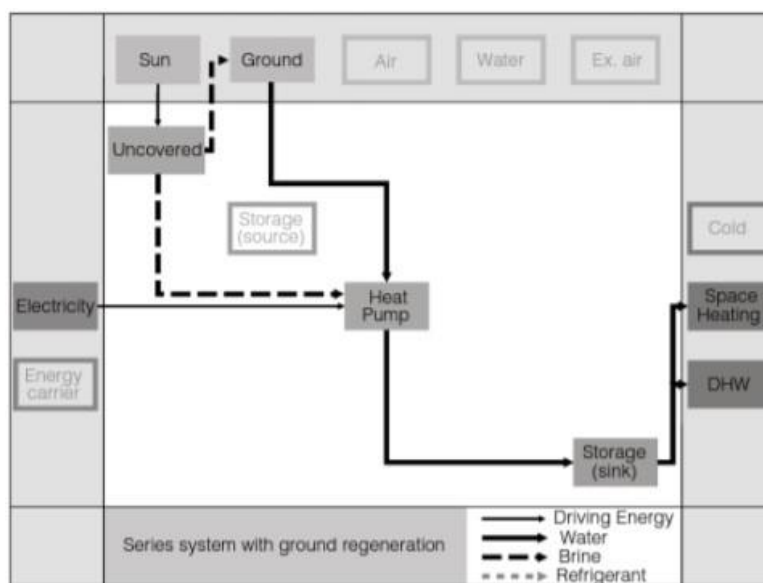
Εικόνα 27: Σε αυτή τη περίπτωση η ηλιακή θερμότητα χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όσο και για τη θέρμανση χώρων. [7]

Σε αυτά τα συστήματα υπάρχουν δύο ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης. Μια δεξαμενή για την παροχή ζεστού νερού χρήσης και μια άλλη που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων. Η θερμοκρασία που απαιτείται για τη παροχή ζεστού νερού χρήσης διαφέρει από τη θερμοκρασία που απαιτείται για τη θέρμανση χώρων. Χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές δεξαμενές αποθήκευσης δίνεται η δυνατότητα διατήρηση αυτών των δύο διαφορετικών θερμοκρασιακών τιμών. Κάνοντας χρήση τέτοιων συστημάτων η μεταφορά θερμότητας γίνεται ευκολότερη για τη κάθε διεργασία. Τέλος, μειώνονται η θερμικές απώλειες καθώς επίσης και ο αριθμός των εξαρτημάτων και των εγκαταστάσεων του συστήματος.

4.1.2 Ο ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΕΝΟΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΔΡΟΨΥΚΤΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Ο εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SPF) ενός υβριδικού συστήματος με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας και ηλιακούς συλλέκτες παρουσιάζει αύξηση όταν το σύστημα βρίσκεται σε παράλληλη σύνδεση. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι σε θέση να παρέχουν σημαντικά ποσά θερμότητας, ειδικά κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών ωρών λειτουργούν πολύ πιο αποδοτικά σε σχέση με μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας. Έτσι ένα τέτοιο υβριδικό σύστημα αποτελεί την πιο αποτελεσματική και αποδοτική λύση για μία κατοικία ή ένα κτίριο του τριτογενούς τομέα.

4.1.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ



Εικόνα 28: Διάγραμμα ροής ενέργειας για αναγεννητικό σύστημα διπλής πηγής σε σειρά. [7]

Σε ένα τέτοιο σύστημα, ο ηλιακός συλλέκτης τροφοδοτεί με θερμότητα τον εξατμιστή της υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας. Στόχος είναι η αύξηση των θερμοκρασιακών τιμών της πηγής θερμότητας ή η αντικατάστασή της.

ΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

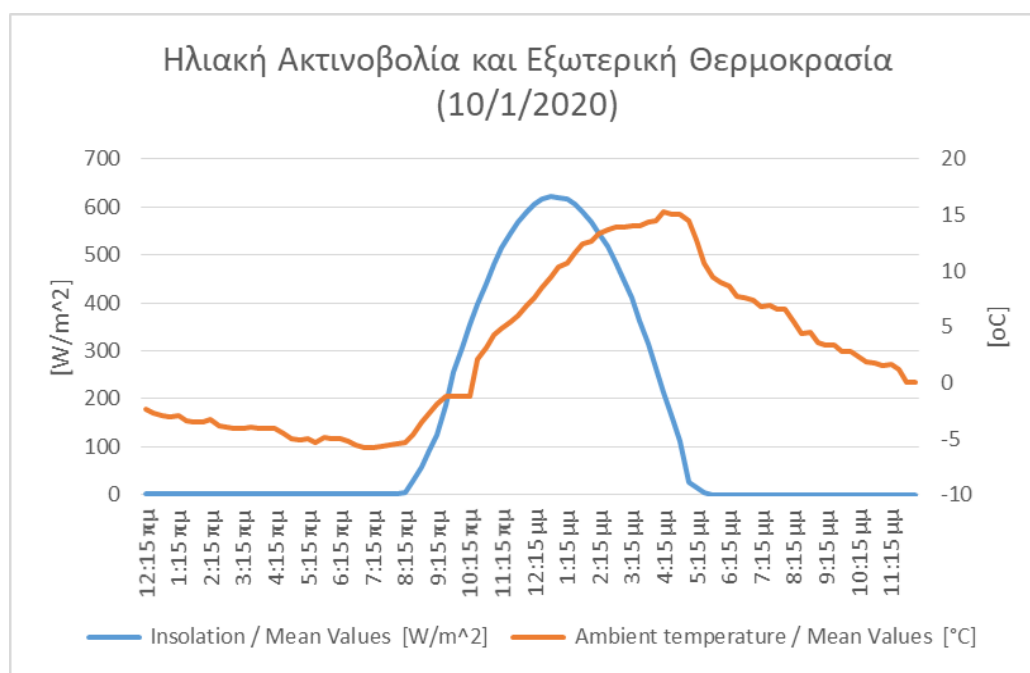
Η παρούσα αναφορά σκοπό έχει να παρουσιάσει τη διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να υπολογιστεί ο ακριβής αριθμός υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που χρειάζεται ένα συγκεκριμένο σπίτι για να καλύψει τις ανάγκες του για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης οικονομικά και αποδοτικά. Σημειώνεται ότι το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού είναι ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας και υβριδικούς ηλιακούς συλλέκτες.

Αρχικά, ως δεδομένο θεωρήσαμε ένα σπίτι στη περιοχή της Καστοριάς (130 τ.μ.) που οι θερμικές του απώλειες είναι $P=10\text{KW}$ και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία του πρέπει να είναι $T=20^{\circ}\text{C}$. Με τη βοήθεια του μετεωρολογικού σταθμού που υπάρχει στο [sunnyportal](https://www.sunnyportal.com) πήραμε ορισμένα χρήσιμα δεδομένα για τη μελέτη μας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάσαμε τα μεγέθη της ηλιακής ακτινοβολίας και της εξωτερικής θερμοκρασίας για έξι μέρες του έτους 2020. Οι μέρες που εξετάσαμε είναι με τη σειρά οι εξής:

- Ιανουάριος (10/1/2020)
- Φεβρουάριος (18/2/2020)
- Μάρτιος (17/3/2020)
- Οκτώβριος (1/10/2020)
- Νοέμβριος (9/11/2020)
- Δεκέμβριος (29/12/2020)

Επιλέξαμε τις συγκεκριμένες μέρες ώστε να προκύψει μια ολοκληρωμένη μελέτη που να εξετάζει τόσο μέρες με ηλιοφάνεια όσο και μέρες με ελάχιστη ηλιοφάνεια, με αρκετή συννεφιά. Στη μελέτη μας εξετάσαμε τρεις διαφορετικές θερμοκρασιακές τιμές που έχει το νερό που εισέρχεται στο σπίτι από την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας. Ειδικότερα, έχουμε τις τιμές $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$, $T(\text{heat pump})=25^{\circ}\text{C}$, $T(\text{heat pump})=15^{\circ}\text{C}$. Επίσης, έχουμε θεωρήσει ότι σαν δεδομένο ο τύπος του υβριδικού συλλέκτη είναι επιλεκτικός και η γωνία κλίσης εγκατάστασης του είναι 45° με νότιο προσανατολισμό. Τέλος, στη μελέτη έγινε σύγκριση της ημέρας (10/1/2020) με την ημέρα (12/1/2020) η οποία, με βάσει τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού ήταν η μέρα του Ιανουαρίου με την λιγότερη ηλιοφάνεια.

Ιανουάριος (10/1/2020)



Εικόνα 29: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας για την ημέρα 10/1/2020.

Με βάσει τις τιμές που πήραμε από το διάγραμμα της ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίσαμε την συνολική θερμική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί συλλέκτες/m² κατά τη διάρκεια της ημέρας. Πιο συγκεκριμένα, πήραμε για κάθε ώρα ξεχωριστά τη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας και την πολλαπλασιάσαμε με τον παρακάτω τύπο:

$$B \cdot 0,25 \cdot K_t \cdot K_i$$

Όπου,

B: η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε ώρα ξεχωριστά.

0,25: ο συντελεστής μετατροπής σε Wh.

K_t: Μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας.

Αυτός ο συντελεστής διαφέρει ανάλογα την περιοχή που εξετάζεται και τον μήνα. Για να βρούμε τον ακριβή συντελεστή για τη περιοχή της Καστοριάς τον μήνα Ιανουάριο συμβουλευτήκαμε τον πίνακα 4.3 του TOTEE-20701-3 και προέκυψε η τιμή 0,45.

K_i: ο συντελεστής αξιοποίησης ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες.

Αυτός ο συντελεστής εξαρτάται άμεσα από το τύπο και τη γωνία κλίσης της εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών αλλά και τη περιοχή. Με βάσει τον πίνακα 5.8 του TOTEE-20701-1 και λαμβάνοντας ως δεδομένα ότι οι υβριδικοί συλλέκτες μας είναι επιλεκτικοί και η γωνία κλίσης τους 45° προέκυψε η τιμή 0,344.

Έτσι προκύπτει τελικά ο τύπος:

$$B \cdot 0,25 \cdot 0,45 \cdot 0,344$$

Αθροίζοντας όλες τις τιμές που προκύπτουν για κάθε ώρα έχουμε την συνολική τιμή της θερμικής ενέργειας που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/m² κατά τη διάρκεια της ημέρας σε Wh.

$$Q_{th} = 530,720577 \text{ Wh}$$

Για τη μετατροπή τους σε KWh πολλαπλασιάζουμε την τιμή με το 0,001.

$$Q_{th} = 0,530720577 \text{ KWh}$$

Στη συνέχεια, υπολογίσαμε τη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/m². Αρχικά, εξετάσαμε τη περίπτωση που το σύστημα διαθέτει υδρόψυκτη αντλία θερμότητας με θερμοκρασία νερού εισόδου **50°C** και επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία σπιτιού 20°C. Με βάσει αυτά τα δεδομένα είναι γνωστό ότι η αντλία καταναλώνει 2,28 KW ηλεκτρικής ενέργειας και αποδίδει στο σύστημα 24,72 KW θερμικής ενέργειας. Επομένως έχουμε:

$$Q_{el} = 2,28 \cdot Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 2,28 \cdot 0,530720577 / 24,72$$

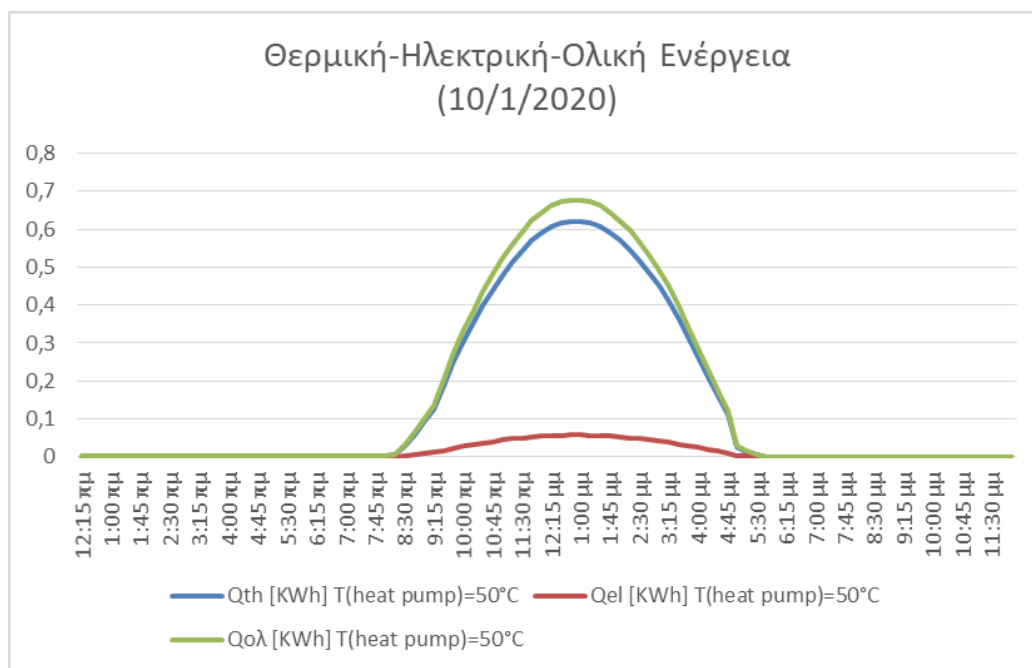
$$Q_{el} = 0,048949956 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες είναι το άθροισμα της θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,530720577 + 0,048949956$$

$$Q_{ολ} = 0,579670533 \text{ KWh}$$



Εικόνα 30: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 10/1/2020.

Αφού, υπολογίσαμε τη συνολική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/ m^2 συνεχίσαμε υπολογίζοντας το ποσό της ενέργειας που χρειάζεται το σπίτι για να καλύψει τις ανάγκες για θέρμανση και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αυτό το κάναμε με τελικό σκοπό να βρούμε τον ακριβή αριθμό των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών (m^2) που χρειάζονται.

Αρχικά, βρήκαμε για κάθε ώρα ξεχωριστά τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας του σπιτιού και της εξωτερικής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος με βάση τις τιμές του διαγράμματος της εξωτερικής θερμοκρασίας.

$$\Delta T = 20 - C$$

Όπου:

C: η τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, υπολογίσαμε την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι κάθε ώρα και ακολούθως προσθέσαμε όλες τις τιμές που προέκυψαν ώστε να βρούμε την ημερήσια συνολική ενέργεια. Ο τύπος που χρησιμοποιήσαμε είναι:

$$0,25 \cdot P \cdot \Delta T / 30$$

Όπου,

0,25: ο συντελεστής μετατροπής σε Wh.

P: θερμικές απώλειες του σπιτιού κατά τη διάρκεια της ημέρας (θεωρήσαμε ως δεδομένο ότι ισούται με 10KW).

ΔT : η διαφορά θερμοκρασίας.

Επομένως έχουμε:

$$Q_{\text{house}} = 133,7625 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 133,7625/0,579670533$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 230,7560801$$

Δηλαδή χρειάζονται 231 m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 231 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 231 * 0,048949956$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 11,307439836 \text{ KWh}$$

Επιπρόσθετα, για να υπολογίσουμε τον ακριβή αριθμό των m² σε φωτοβολταϊκά αρχικά, υπολογίσαμε την ηλεκτρική ισχύ που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες διαιρώντας την ολική ηλεκτρική ενέργεια με ένα συγκεκριμένο συντελεστή, που διαφέρει ανάλογα τον μήνα, και έπειτα το αποτέλεσμα αυτής της διαίρεσης το πολλαπλασιάσαμε με το 2 και το διαιρέσαμε με το 0,3.

Αναλυτικά:

(Για τον μήνα Ιανουάριο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 2)

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/2$$

$$P(\text{pv}) = 11,307439836/2$$

$$P(\text{pv}) = 5,653719918 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m² σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2 / 0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 5,653719918 * 2 / 0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 37,69146612$$

Δηλαδή χρειάζονται 38 m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Στη περίπτωση που το σύστημα μας λειτουργεί με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας που έχει θερμοκρασία νερού εισόδου 25°C τότε, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει η αντλία είναι 3,82 KW και η τιμή της θερμικής ενέργειας που αποδίδει είναι 23,18 KW. Συνεπώς, η συνολική θερμική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/m² κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι διπλάσια από αυτή που παρήγαγαν στη περίπτωση της αντλίας με θερμοκρασία νερού εισόδου 50°C.

$$Q_{\text{th}} = 0,530720577 * 2$$

$$Q_{\text{th}} = 1,061441154 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$Q_{el} = 3,82 \cdot Q_{th} / 23,18$$

$$Q_{el} = 3,82 \cdot 1,061441154 / 23,18$$

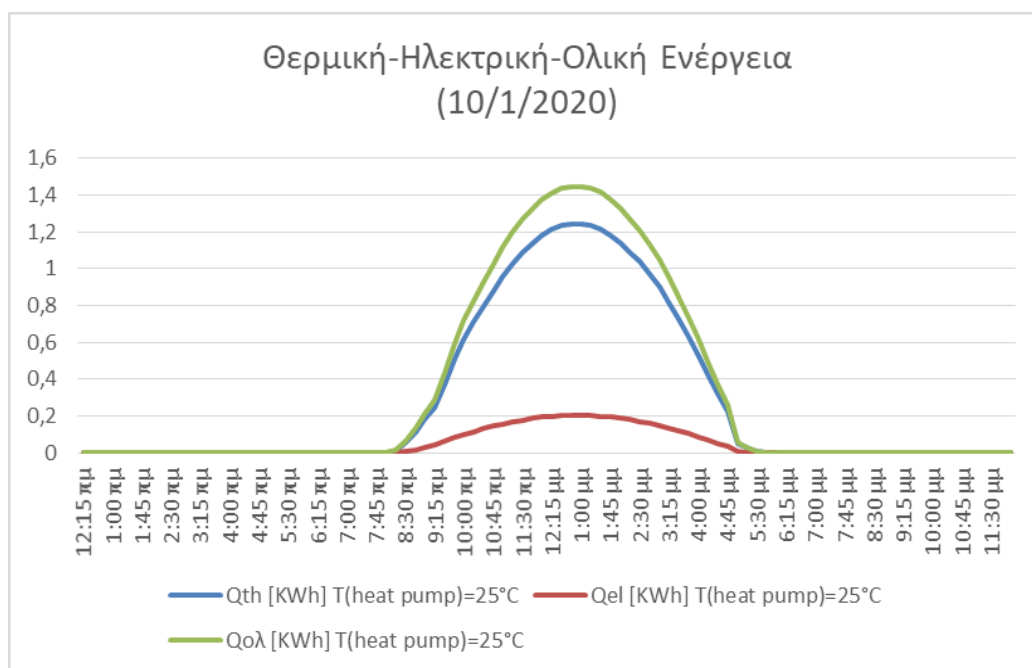
$$Q_{el} = 0,174922572 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,061441154 + 0,174922572$$

$$Q_{ολ} = 1,236363726 \text{ KWh}$$



Εικόνα 31: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργεια για $T(\text{heat pump})=25^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 10/1/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}} / Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 133,7625 / 1,236363726$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 108,1902495$$

Δηλαδή χρειάζονται 109m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 109 \cdot Q_{el}$$

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 109 \cdot 0,174922572$$

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 19,066560348 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(pv) = Q_{el}(\text{ολικό})/2$$

$$P(pv) = 19,066560348/2$$

$$P(pv) = 9,533280174 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2] = P(pv)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2] = 9,533280174*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2] = 63,55520116$$

Δηλαδή χρειάζονται $64m^2$ φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Τέλος, στη περίπτωση που το σύστημα μας λειτουργεί με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας που έχει θερμοκρασία νερού εισόδου 15°C τότε, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει η αντλία είναι $5,26 \text{ KW}$ και η τιμή της θερμικής ενέργειας που αποδίδει είναι $21,74 \text{ KW}$. Συνεπώς, η συνολική θερμική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/ m^2 κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι περίπου τριπλάσια και ελάχιστα παραπάνω από αυτή που παρήγαγαν στη περίπτωση της αντλίας με θερμοκρασία νερού εισόδου 50°C .

$$Q_{th} = 0,530720577*2*5/3$$

$$Q_{th} = 1,76906859 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$Q_{el} = 5,26*Q_{th}/21,74$$

$$Q_{el} = 5,26*1,76906859/21,74$$

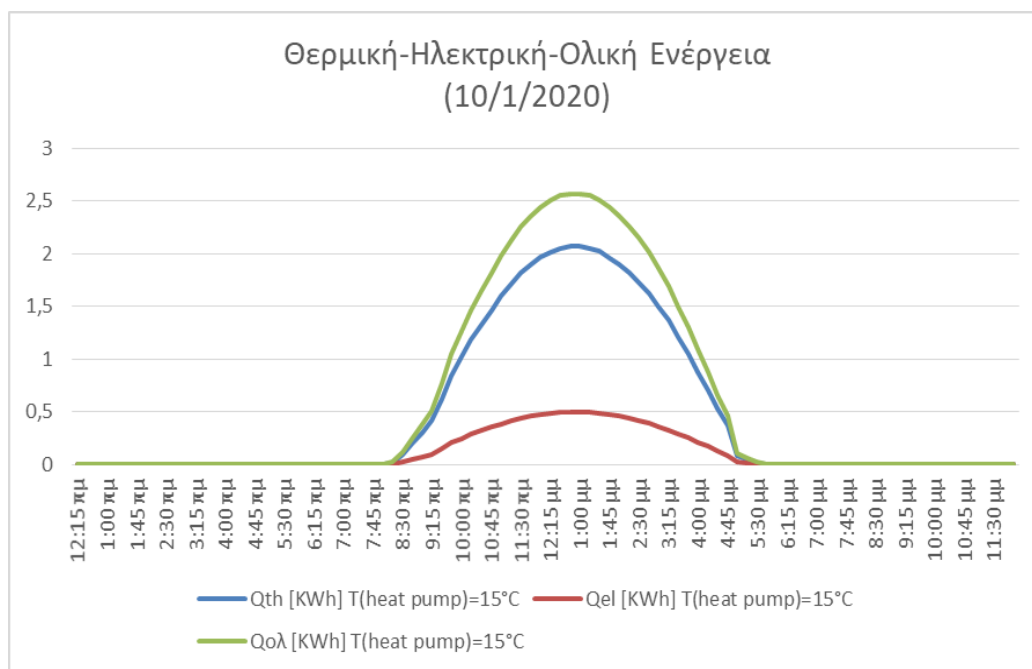
$$Q_{el} = 0,428026715 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,76906859 + 0,428026715$$

$$Q_{ολ} = 2,197095305 \text{ KWh}$$



Εικόνα 32: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 10/1/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 133,7625/2,197095305$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 60,8815192$$

Δηλαδή χρειάζονται 61m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 61 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 61 * 0,428026715$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 26,109629615 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/2$$

$$P(\text{pv}) = 26,109629615/2$$

$$P(\text{pv}) = 13,0548148075 \text{ KW}$$

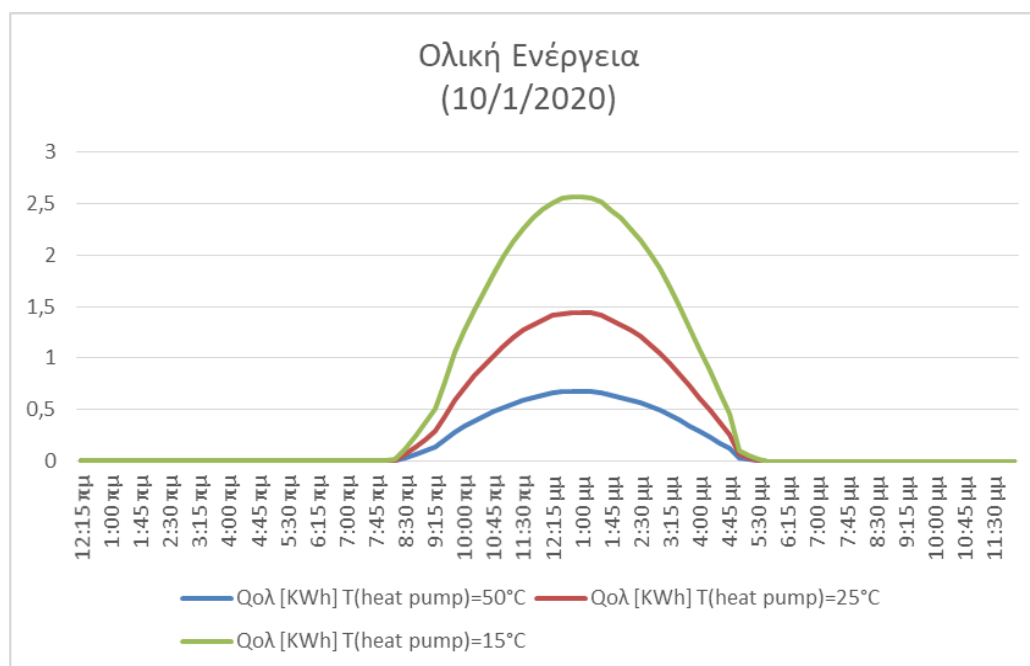
Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 13,0548148075 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 87,0320987167$$

Δηλαδή χρειάζονται 88m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

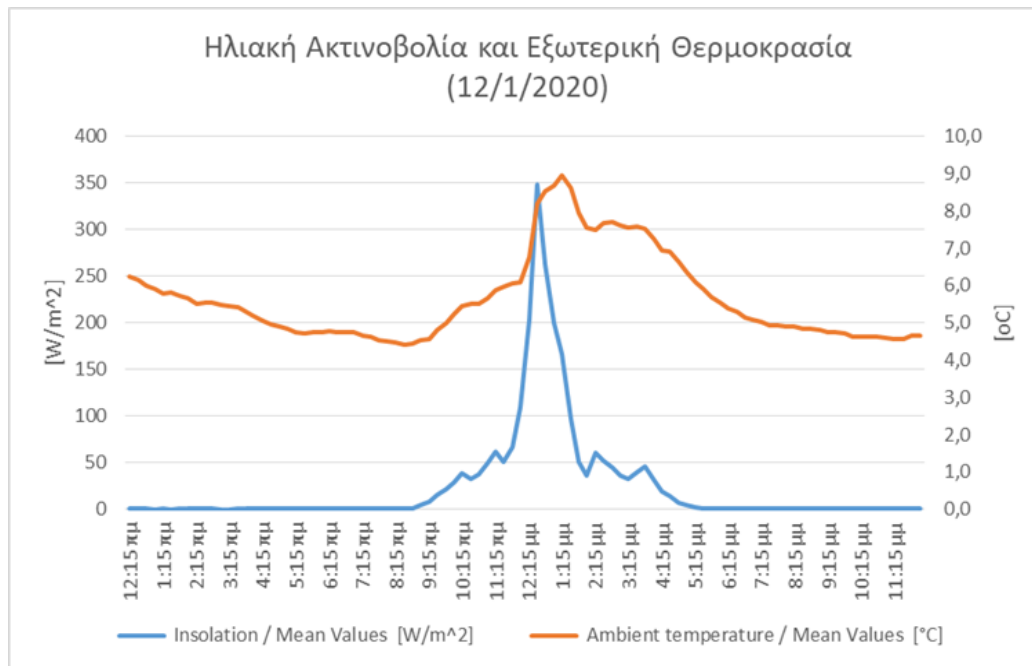


Εικόνα 33: Διάγραμμα σύγκρισης της ολικής ενέργειας για τις περιπτώσεις $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$, $T(\text{heat pump})=25^{\circ}\text{C}$, $T(\text{heat pump})=15^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 10/1/2020.

Όλη η παραπάνω διαδικασία είναι ίδια και ακολουθείται έτσι ακριβώς και για τις υπόλοιπες ημέρες που εξετάσαμε.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι ο Ιανουάριος είναι ένας μήνας ο οποίος παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις τόσο στις θερμοκρασιακές τιμές όσο και στα καιρικά φαινόμενα. Ενδιαφέρον αποτελεί η ανάλυση της ημέρα (12/1/2020) και ο λόγος είναι ότι η συγκεκριμένη μέρα δεν εμφανίζει σχεδόν καθόλου ηλιοφάνεια. Παρακάτω, γίνεται εκτενής παρουσίαση της ημέρας αυτής και σύγκριση της με την ημέρα (10/1/2020).

Ιανουάριος (12/1/2020)



Εικόνα 34: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας για την ημέρα 12/1/2020.

Με βάσει τον τύπο:

$$B * 0,25 * 0,45 * 0,344$$

Και αθροίζοντας όλες τις τιμές που προκύπτουν για κάθε ώρα έχουμε την συνολική τιμή της θερμικής ενέργειας που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/m² κατά τη διάρκεια της ημέρας σε Wh.

$$Q_{th} = 89,768907 \text{ Wh}$$

Για τη μετατροπή τους σε KWh πολλαπλασιάζουμε την τιμή με το 0,001.

$$Q_{th} = 0,089768907 \text{ KWh}$$

Στη συνέχεια, υπολογίσαμε τη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες/m².

Για T(heat pump) = 50°C έχουμε:

$$Q_{el} = 2,28 * Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 2,28 * 0,089768907 / 24,72$$

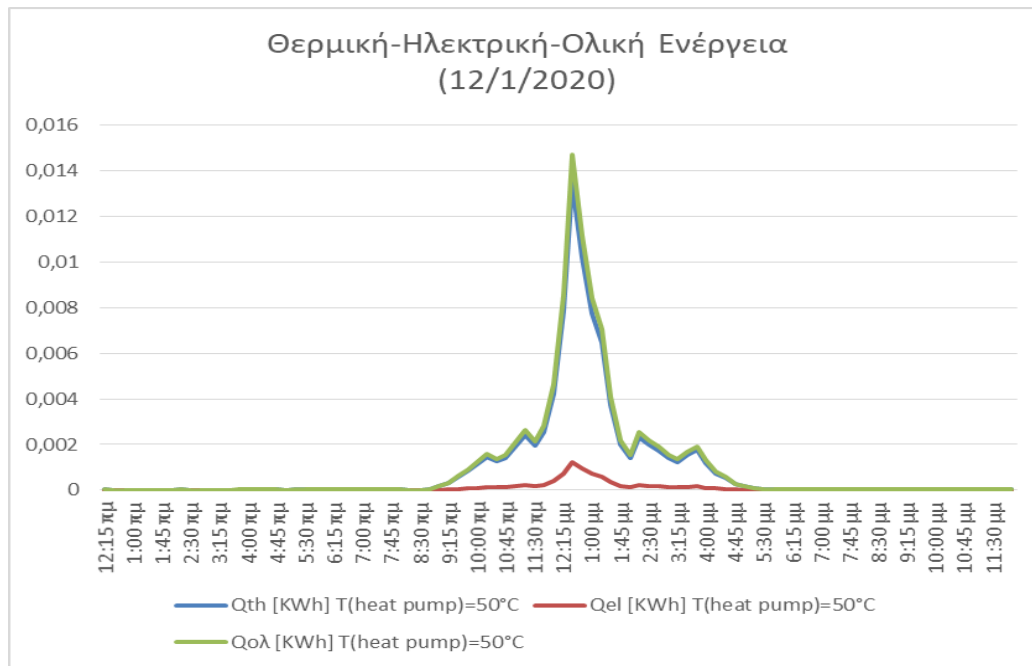
$$Q_{el} = 0,008279656 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες είναι το άθροισμα της θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,089768907 + 0,008279656$$

$$Q_{ολ} = 0,098048563 \text{ KWh}$$



Εικόνα 35: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=50\text{C}$ για την ημέρα 12/1/2020.

Με βάσει τον τύπο $0,25 \cdot P \cdot \Delta T / 30$ υπολογίσαμε:

$$Q_{\text{house}} = 114,8766667 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}} / Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 114,8766667 / 0,098048563$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 1171,630288$$

Δηλαδή χρειάζονται 1172m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 1172 \cdot Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 1172 \cdot 0,008279656$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 9,703756832 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

(Για τον μήνα Ιανουάριο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 2)

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}} / 2$$

$$P(\text{pv}) = 9,703756832 / 2$$

$$P(\text{pv}) = 4,851878416 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) \cdot 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 4,851878416 \cdot 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 32,3458561067$$

Δηλαδή χρειάζονται 33m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 25oC έχουμε:

$$Q_{th} = 0,089768907 \cdot 2$$

$$Q_{th} = 0,179537814 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$Q_{el} = 3,82 \cdot Q_{th} / 23,18$$

$$Q_{el} = 3,82 \cdot 0,179537814 / 23,18$$

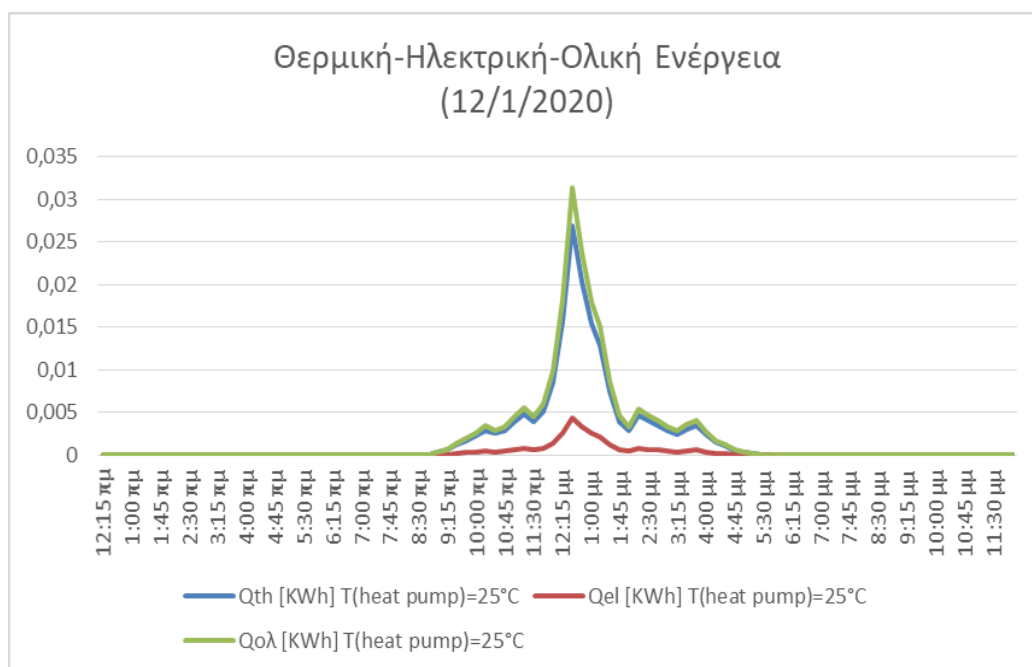
$$Q_{el} = 0,029587336 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,179537814 + 0,029587336$$

$$Q_{ολ} = 0,20912515 \text{ KWh}$$



Εικόνα 36: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ισχύος για T(heat pump)=25oC για την ημέρα 12/1/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

Number of solar collectors [m²] = 114,8766667/0,20912515

Number of solar collectors [m²] = 549,3201877

Δηλαδή χρειάζονται 550m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 550 * Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 550 * 0,029587336$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 16,2730348 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m² σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(pv) = Q_{el}(\text{ολικό})/2$$

$$P(pv) = 16,2730348/2$$

$$P(pv) = 8,1365174 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m² σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(pv) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 8,1365174 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 54,2434493333$$

Δηλαδή χρειάζονται 55m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump)=15oC έχουμε:

$$Q_{th} = 0,089768907 * 2 * 5/3$$

$$Q_{th} = 0,29922969 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

$$Q_{el} = 5,26 * Q_{th} / 21,74$$

$$Q_{el} = 5,26 * 0,29922969 / 21,74$$

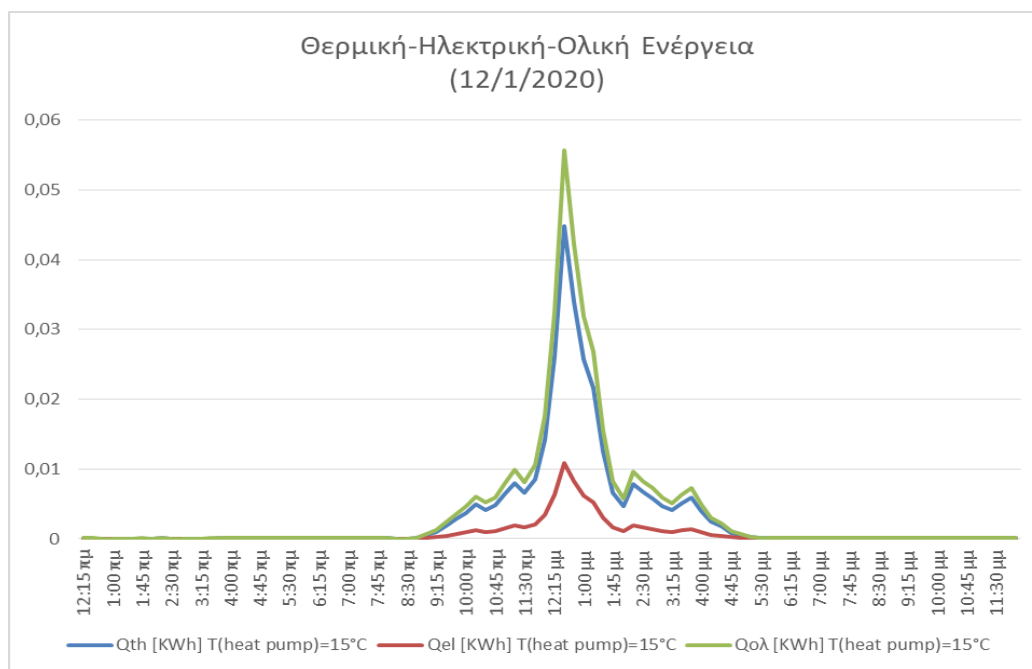
$$Q_{el} = 0,07239872 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,29922969 + 0,07239872$$

$$Q_{ολ} = 0,37162841 \text{ KWh}$$



Εικόνα 37: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 12/1/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 114,8766667/0,37162841$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 309,1170202$$

Δηλαδή χρειάζονται 310m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 310 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 310 * 0,07239872$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 22,4436032 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/2$$

$$P(\text{pv}) = 22,4436032/2$$

$$P(\text{pv}) = 11,2218016 \text{ KW}$$

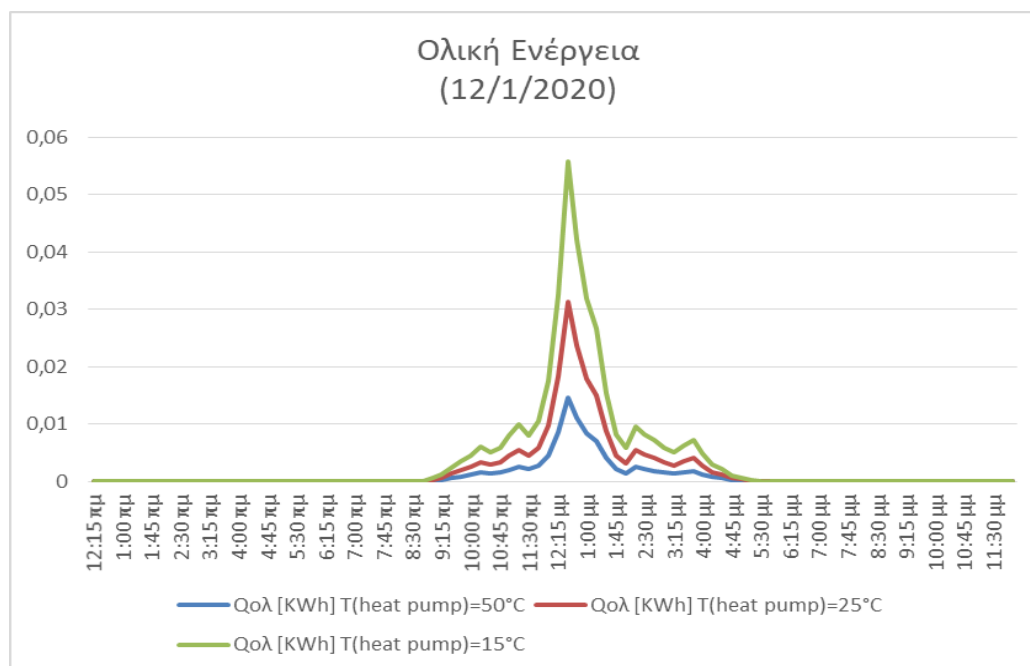
Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 11,2218016 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 74,8120106667$$

Δηλαδή χρειάζονται 75m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.



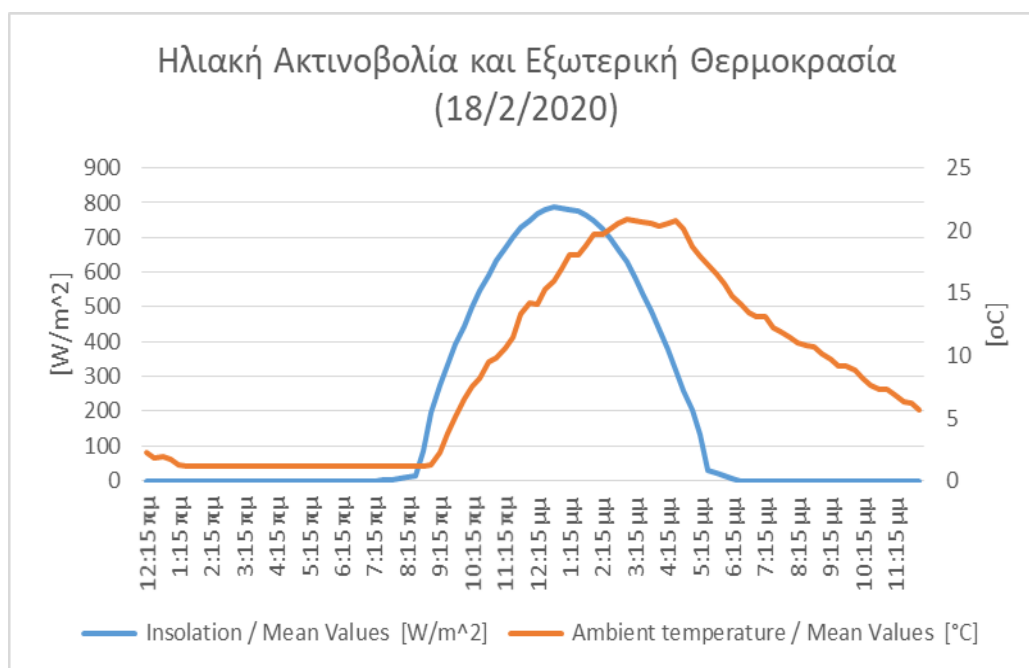
Εικόνα 38: Διάγραμμα σύγκρισης της ολικής ενέργειας για τις περιπτώσεις $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=25\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 12/1/2020.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης τιμών για τις ημέρες 10/1/2020 και 12/1/2020.

	Ιανουάριος (10/1/2020)	Ιανουάριος (12/1/2020)
T(heat pump)=50oC		
Q _{th} [KWh]	0,531	0,089
Q _{el} [KWh]	0,049	0,009
Q _{ολ} [KWh]	0,580	0,099
Q _{house} [KWh]	133,77	114,88
Number of solar collectors [m ²]	231	1172
Q _{el(ολικό)} [KWh]	11,308	9,704
P(pv) [KW]	5,654	4,852
Number of PV collectors [m ²]	38	33
T(heat pump)=25oC		
Q _{th} [KWh]	1,062	0,180
Q _{el} [KWh]	0,175	0,029
Q _{ολ} [KWh]	1,237	0,210
Q _{house} [KWh]	133,77	114,88
Number of solar collectors [m ²]	109	550
Q _{el(ολικό)} [KWh]	19,067	16,274
P(pv) [KW]	9,534	8,137

Number of PV collectors [m ²]	64	55
T(heat pump)=15oC		
Q _{th} [KWh]	1,770	0,299
Q _{el} [KWh]	0,429	0,073
Q _{ολ} [KWh]	2,198	0,372
Q _{house} [KWh]	133,77	114,88
Number of solar collectors [m ²]	61	310
Q _{el(ολικό)} [KWh]	26,110	22,444
P(pv) [KW]	13,055	11,222
Number of PV collectors [m ²]	88	75

Φεβρουάριος (18/2/2020)



Εικόνα 39: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας για την ημέρα 18/2/2020.

Για τον μήνα Φεβρουάριο έχουμε τον τύπο:

$$B * 0,25 * 0,45 * 0,344$$

Αθροίζοντας όλες τις τιμές για κάθε ώρα προκύπτει η τιμή της συνολικής θερμικής ενέργειας που είναι ίση με:

$$Q_{th} = 743,119722 \text{ Wh}$$

$$Q_{th} = 0,743119722 \text{ KWh}$$

Η ηλεκτρική ενέργεια για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ είναι:

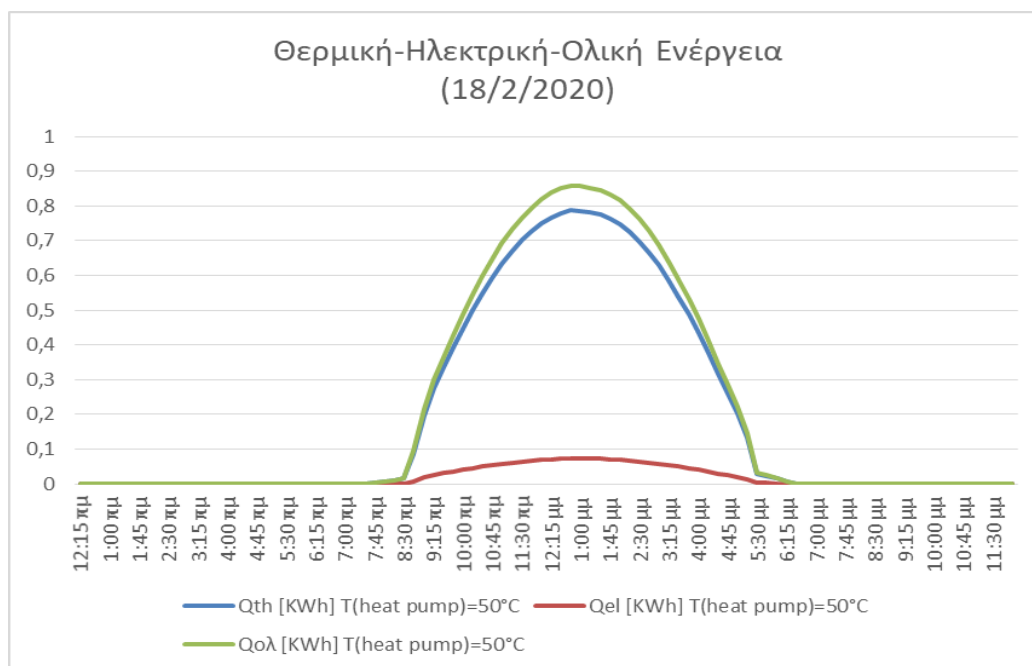
$$Q_{el} = 2,28 \cdot Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 0,068540169 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ισχύς είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,811659891 \text{ KWh}$$



Εικόνα 40: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 18/2/2020.

Μέσω του τύπου $\Delta T = 20 - C$ υπολογίσαμε την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι κάθε ώρα με τον τύπο $0,25 \cdot P \cdot \Delta T / 30$, προσθέσαμε όλες τις τιμές και βρήκαμε την ημερήσια συνολική ενέργεια που είναι ίση με:

$$Q_{house} = 87,3525 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 107,6220484$$

Δηλαδή χρειάζονται 108 m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 108 \cdot Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 7,402338252 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

(Για τον μήνα Φεβρουάριο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 2,75)

$$P(pv) = Q_{el}(\text{ολικό})/2,75$$

$$P(pv) = 7,402338252/2,75$$

$$P(pv) = 2,69175936436 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2] = P(pv)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2] = 2,69175936436 *2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2] = 17,9450624291$$

Δηλαδή χρειάζονται $18m^2$ φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για $T(\text{heat pump}) = 25^\circ\text{C}$ έχουμε:

$$Q_{th} = 0,743119722*2$$

$$Q_{th} = 1,486239444 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

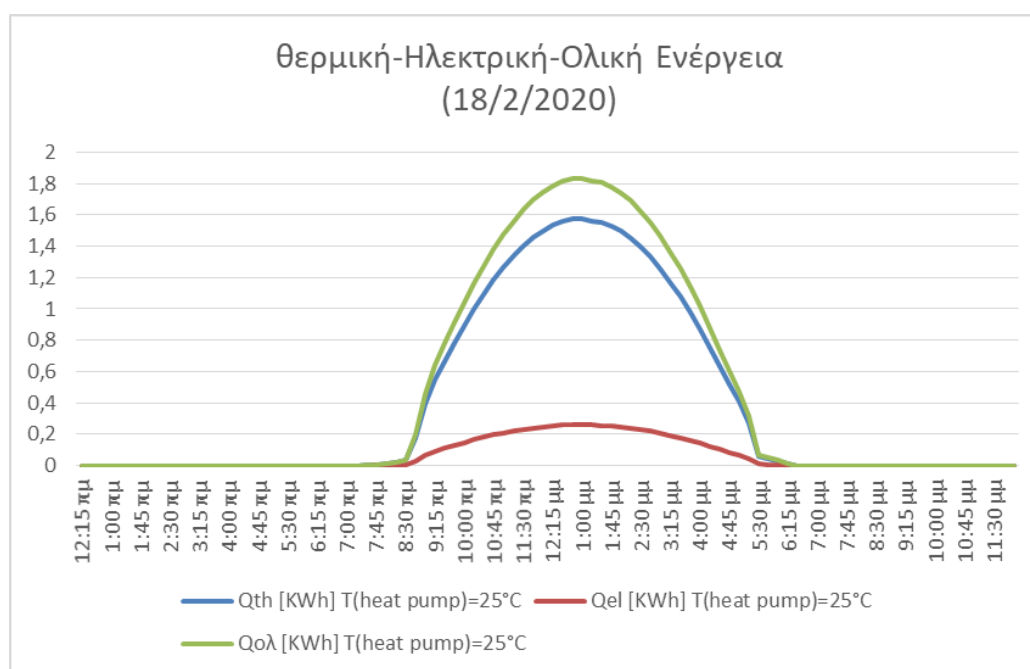
$$Q_{el} = 3,82*Q_{th}/23,18$$

$$Q_{el} = 0,244928157 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,731167601 \text{ KWh}$$



Εικόνα 41: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=25^\circ\text{C}$ για την ημέρα 18/2/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 50,45871928$$

Δηλαδή χρειάζονται 51m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 51 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 12,491336007 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m² σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\rho\nu) = Q_{\text{el(ολικό)}}/2,75$$

$$P(\rho\nu) = 12,491336007/2,75$$

$$P(\rho\nu) = 4,54230400255 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m² σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\rho\nu)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 4,54230400255 *2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 30,2820266837$$

Δηλαδή χρειάζονται 31m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 15°C έχουμε:

$$Q_{\text{th}} = 0,743119722*2*5/3$$

$$Q_{\text{th}} = 2,47706574 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

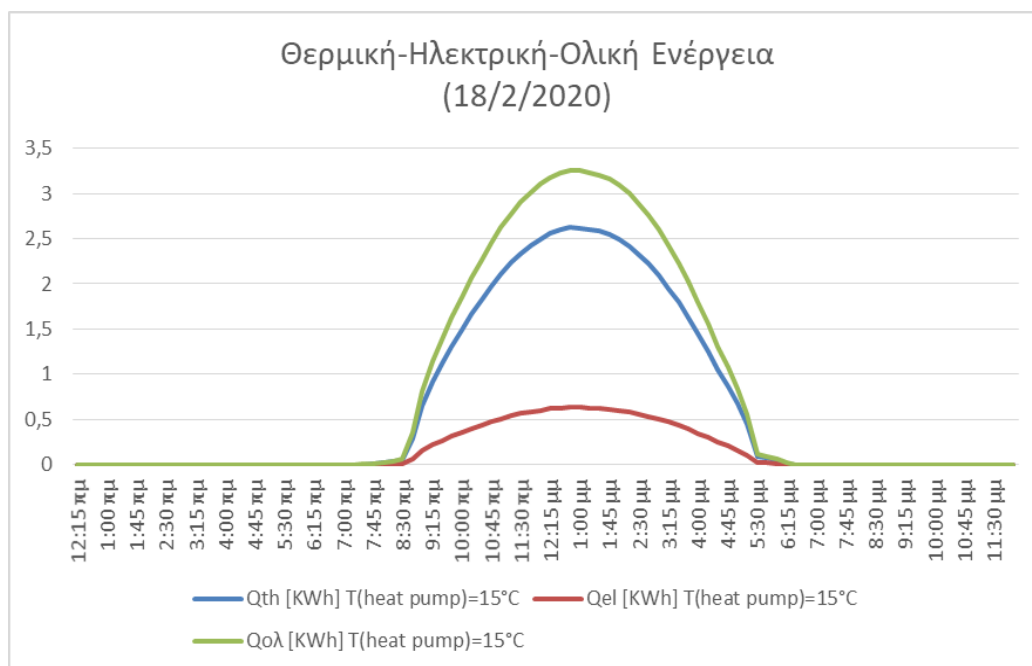
$$Q_{\text{el}} = 5,26*Q_{\text{th}}/21,74$$

$$Q_{\text{el}} = 0,599326853 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{\text{ολ}} = Q_{\text{th}} + Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{ολ}} = 3,076392593 \text{ KWh}$$



Εικόνα 42: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 18/2/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 28,39445791$$

Δηλαδή χρειάζονται 29m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 29 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 17,380478737 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/2,75$$

$$P(\text{pv}) = 17,380478737 / 2,75$$

$$P(\text{pv}) = 6,32017408618 \text{ KW}$$

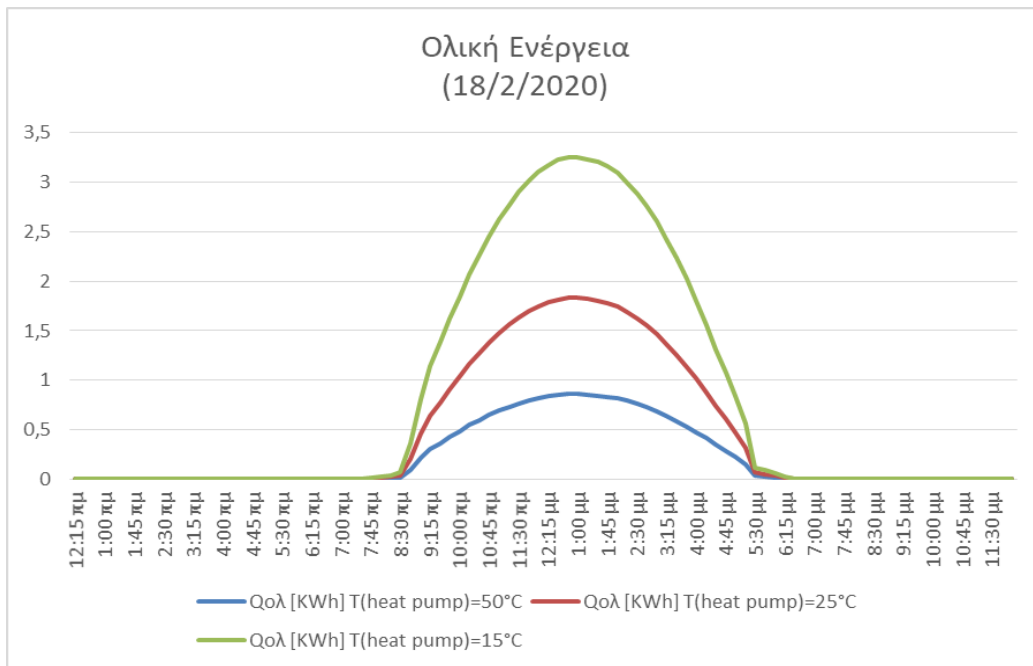
Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 6,32017408618 * 2/0,3$$

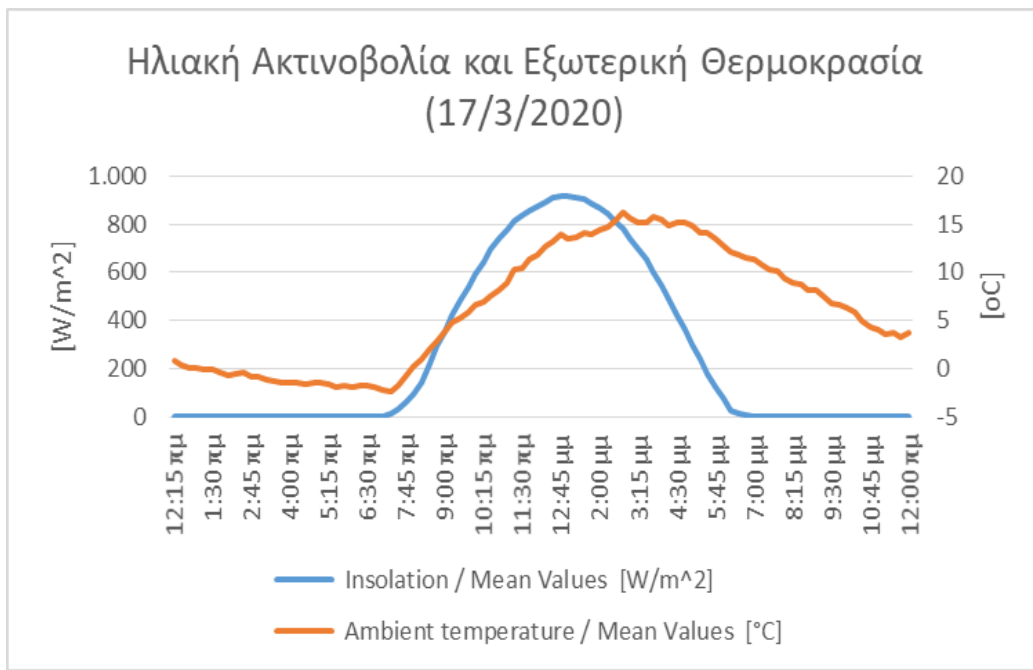
$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 42,1344939079$$

Δηλαδή χρειάζονται 43m^2 φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.



Εικόνα 43: Διάγραμμα σύγκρισης για την ολική ενέργεια στις περιπτώσεις για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=25\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 18/2/2020.

Μάρτιος (17/3/2020)



Εικόνα 44: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας για την ημέρα 17/3/2020.

Για τον μήνα Μάρτιο έχουμε τον τύπο:

$$B*0,25*0,47*0,344$$

Αθροίζοντας όλες τις τιμές για κάθε ώρα προκύπτει η τιμή της συνολικής θερμικής ενέργειας που είναι ίση με:

$$Q_{th} = 995,1913292 \text{ Wh}$$

$$Q_{th} = 0,995191329 \text{ KWh}$$

Η ηλεκτρική ενέργεια για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ είναι:

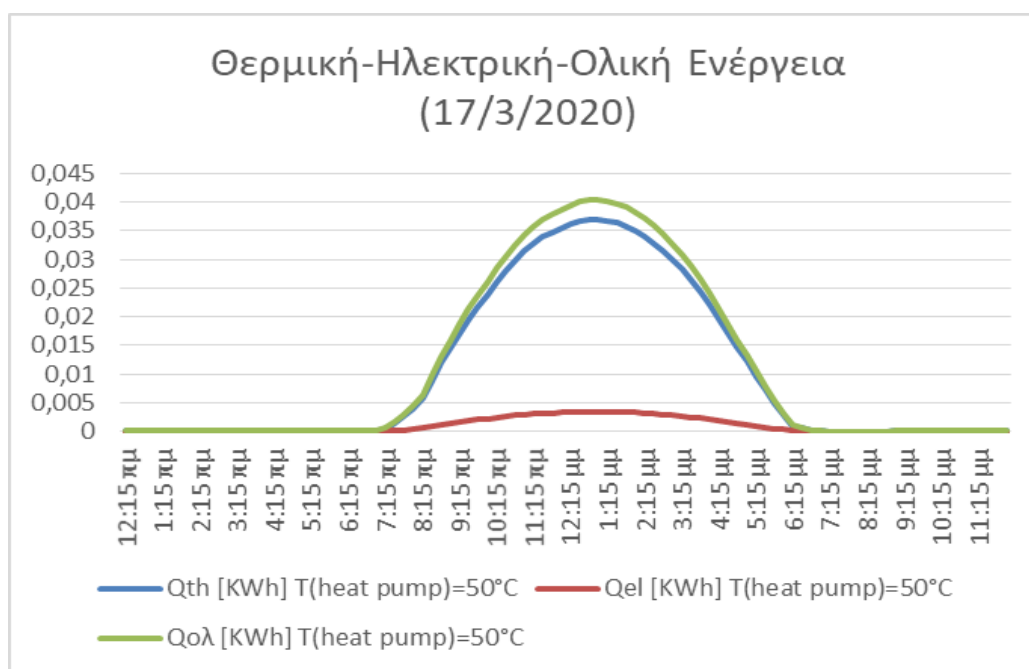
$$Q_{el} = 2,28 * Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 0,091789492 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,086980821 \text{ KWh}$$



Εικόνα 45: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 17/3/2020.

Μέσω του τύπου $\Delta T = 20 - C$ υπολογίσαμε την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι κάθε ώρα με τον τύπο $0,25 * P * \Delta T / 30$, προσθέσαμε όλες τις τιμές και βρήκαμε την ημερήσια συνολική ενέργεια που είναι ίση με:

$$Q_{house} = 106,1175 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 97,62591757$$

Δηλαδή χρειάζονται 98m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 98 * Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 8,995370216 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

(Για τον μήνα Μάρτιο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 3,95)

$$P(pv) = Q_{el}(\text{ολικό})/3,95$$

$$P(pv) = 8,995370216 /3,95$$

$$P(pv) = 2,27730891544 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors } [\text{m}^2] = P(pv)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors } [\text{m}^2] = 2,27730891544*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors } [\text{m}^2] = 15,1820594363$$

Δηλαδή χρειάζονται 16m^2 φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 25°C έχουμε:

$$Q_{th} = 0,995191329 *2$$

$$Q_{th} = 1,990382658 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

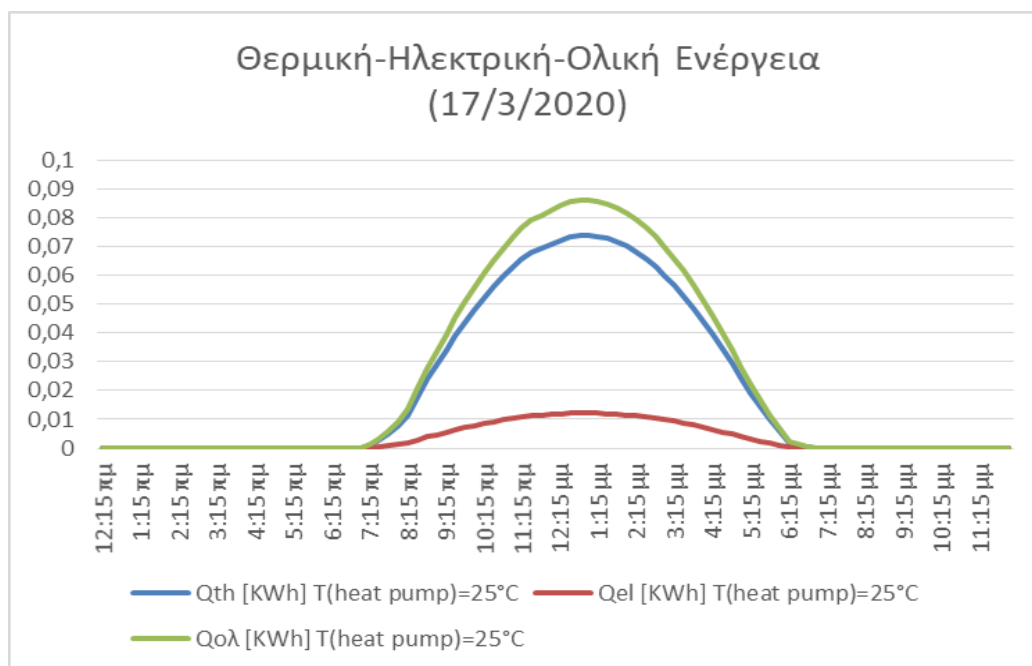
$$Q_{el} = 3,82*Q_{th}/23,18$$

$$Q_{el} = 0,328009567 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 2,318392225 \text{ KWh}$$



Εικόνα 46: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=25^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 17/3/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 45,77202203$$

Δηλαδή χρειάζονται 46m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 46 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 15,088440082 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/3,95$$

$$P(\text{pv}) = 15,088440082 / 3,95$$

$$P(\text{pv}) = 3,81985824861 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 3,81985824861 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 25,4657216574$$

Δηλαδή χρειάζονται 26m^2 φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για $T(\text{heat pump}) = 15^{\circ}\text{C}$ έχουμε:

$$Q_{th} = 0,995191329 \cdot 2^{5/3}$$

$$Q_{th} = 3,317304431 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

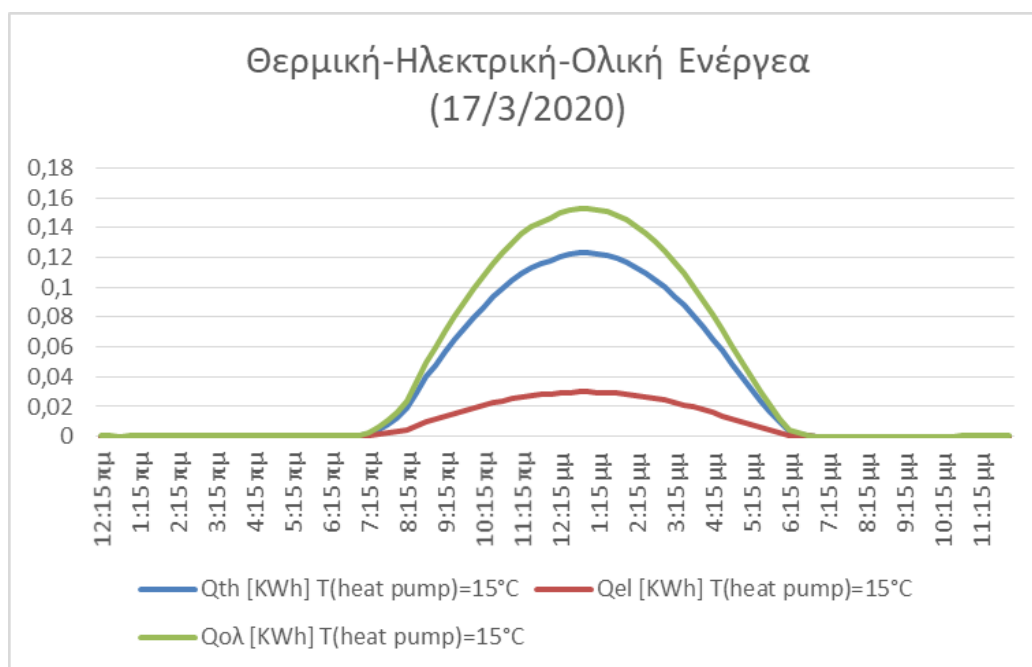
$$Q_{el} = 5,26 \cdot Q_{th} / 21,74$$

$$Q_{el} = 0,802622875 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 4,119927306 \text{ KWh}$$



Εικόνα 47: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 17/3/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 25,75712922$$

Δηλαδή χρειάζονται 26m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 26 \cdot Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 20,86819475 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\rho\nu) = Q_{el}(\text{ολικό})/3,95$$

$$P(\rho\nu) = 20,86819475/3,95$$

$$P(\rho\nu) = 5,28308727848 \text{ KW}$$

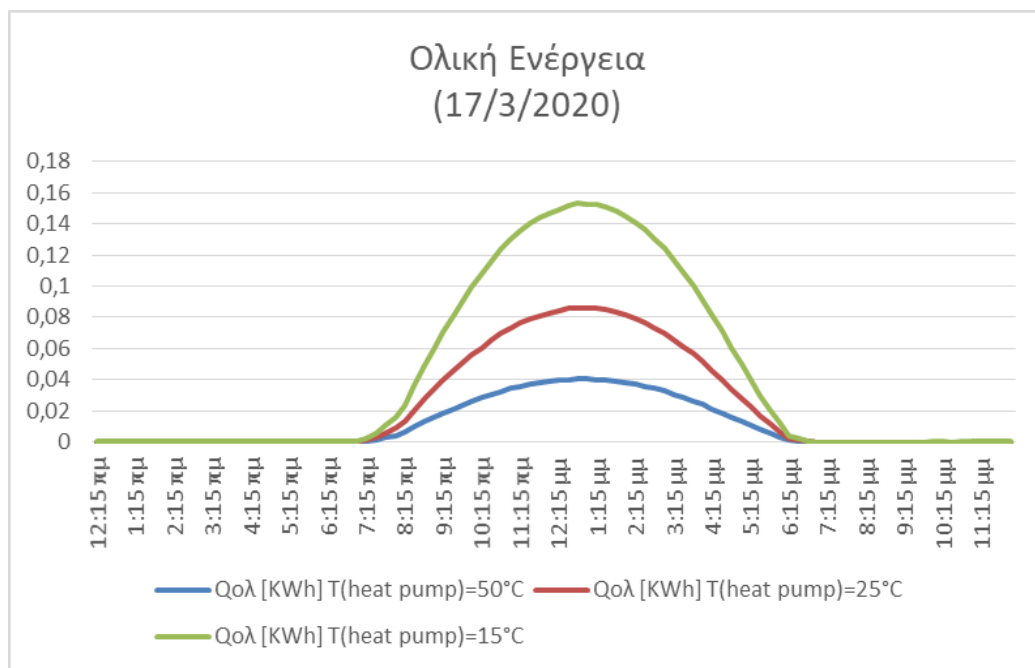
Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\rho\nu)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 5,28308727848*2/0,3$$

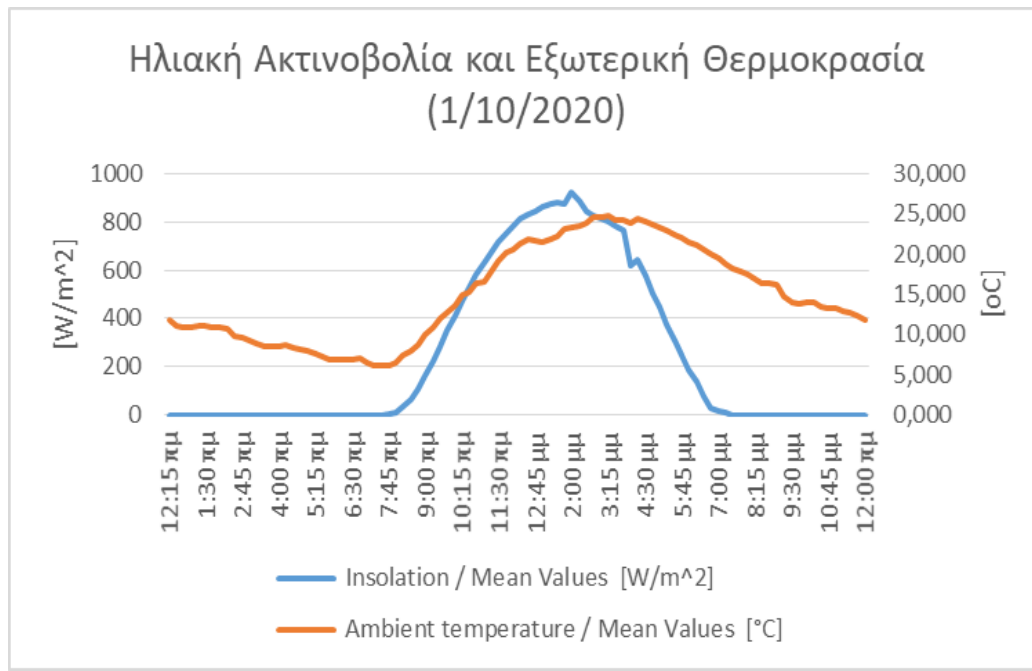
$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 35,2205818565$$

Δηλαδή χρειάζονται $36m^2$ φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.



Εικόνα 48: Διάγραμμα σύγκρισης για την ολική ενέργεια στις περιπτώσεις για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=25\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 17/3/2020.

Οκτώβριος (1/10/2020)



Εικόνα 49: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας για την ημέρα 1/10/2020.

Για τον μήνα Οκτώβριο έχουμε τον τύπο:

$$B * 0,25 * 0,51 * 0,344$$

Αθροίζοντας όλες τις τιμές για κάθε ώρα προκύπτει η τιμή της συνολικής θερμικής ενέργειας που είναι ίση με:

$$Q_{th} = 1034,744243 \text{ Wh}$$

$$Q_{th} = 1,034744243 \text{ KWh}$$

Η ηλεκτρική ενέργεια για $T(\text{heat pump}) = 50^\circ\text{C}$ είναι:

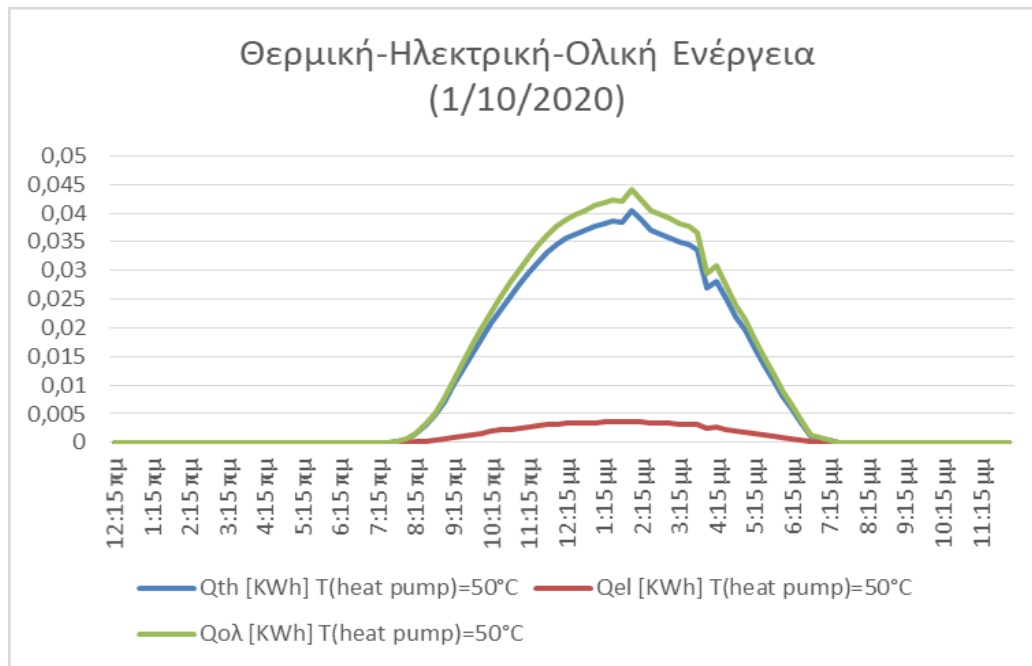
$$Q_{el} = 2,28 * Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 0,095437576 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,130181819 \text{ KWh}$$



Εικόνα 50: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$ για την ημέρα 1/10/2020.

Μέσω του τύπου $\Delta T = 20 - C$ υπολογίσαμε την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι κάθε ώρα με τον τύπο $0,25 * P * \Delta T / 30$, προσθέσαμε όλες τις τιμές και βρήκαμε την ημερήσια συνολική ενέργεια που είναι ίση με:

$$Q_{\text{house}} = 38,32833333 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}} / Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 33,91342234$$

Δηλαδή χρειάζονται 34m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 34 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 3,244877584 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

(Για τον μήνα Οκτώβριο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 3,45)

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}} / 3,45$$

$$P(\text{pv}) = 3,244877584 / 3,45$$

$$P(\text{pv}) = 0,94054422724 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2 / 0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 0,94054422724 * 2 / 0,3$$

Number of PV collectors [m²] = 6,27029484827

Δηλαδή χρειάζονται 7m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 25°C έχουμε:

$$Q_{th} = 1,034744243 * 2$$

$$Q_{th} = 2,069488486 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

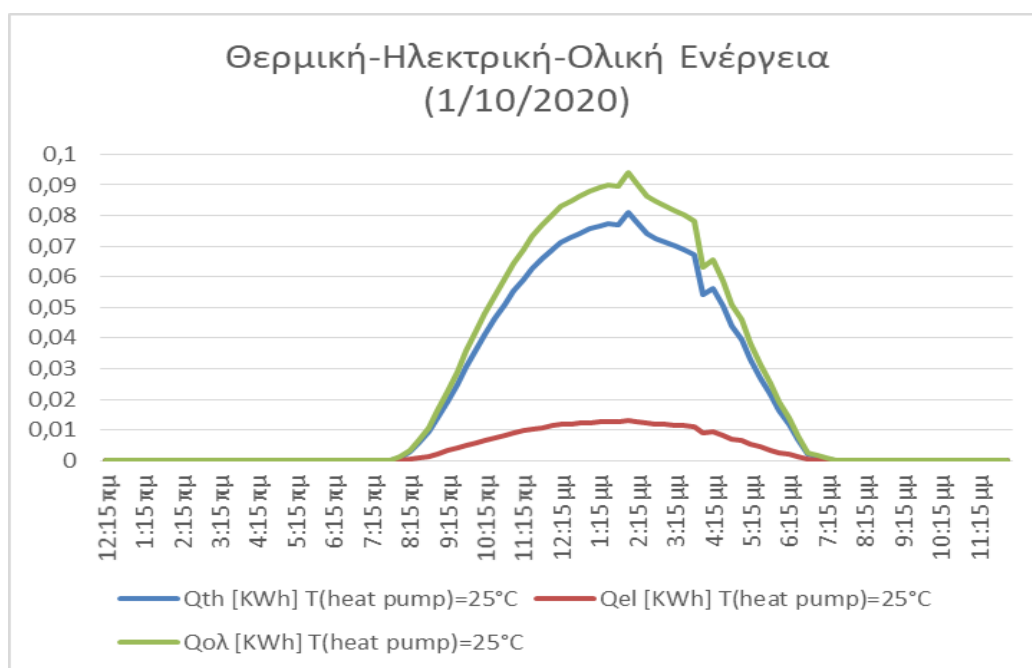
$$Q_{el} = 3,82 * Q_{th} / 23,18$$

$$Q_{el} = 0,341045989 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 2,410534474 \text{ KWh}$$



Εικόνα 51: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για T(heat pump)=25oC για την ημέρα 1/10/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 15,90034648$$

Δηλαδή χρειάζονται 16m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el(ολικό)} = 16 * Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 5,456735824 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(pv) = Q_{el}(\text{ολικό})/3,45$$

$$P(pv) = 5,456735824 /3,45$$

$$P(pv) = 1,58166255768 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors } [m^2] = P(pv)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors } [m^2] = 1,58166255768*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors } [m^2] = 10,5444170512$$

Δηλαδή χρειάζονται $11m^2$ φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 15°C έχουμε:

$$Q_{th} = 1,034744243*2*5/3$$

$$Q_{th} = 3,449147476 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

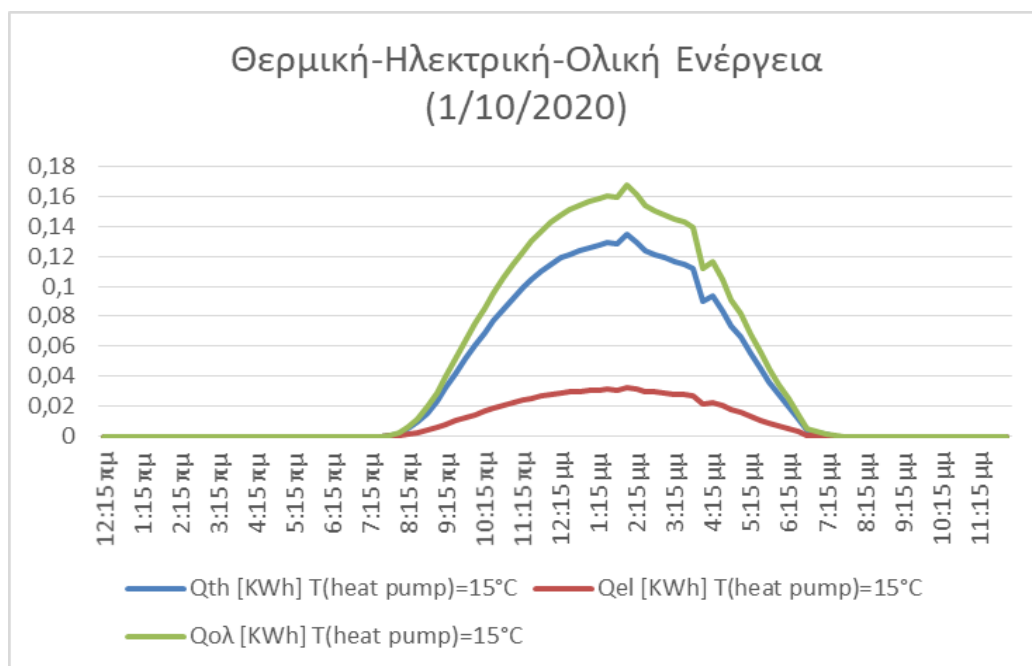
$$Q_{el} = 5,26*Q_{th}/21,74$$

$$Q_{el} = 0,834522342 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 4,283669818 \text{ KWh}$$



Εικόνα 52: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 1/10/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 8,947546136$$

Δηλαδή χρειάζονται 9m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 9 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 7,510701078 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/3,45$$

$$P(\text{pv}) = 7,510701078/3,45$$

$$P(\text{pv}) = 2,17701480522 \text{ KW}$$

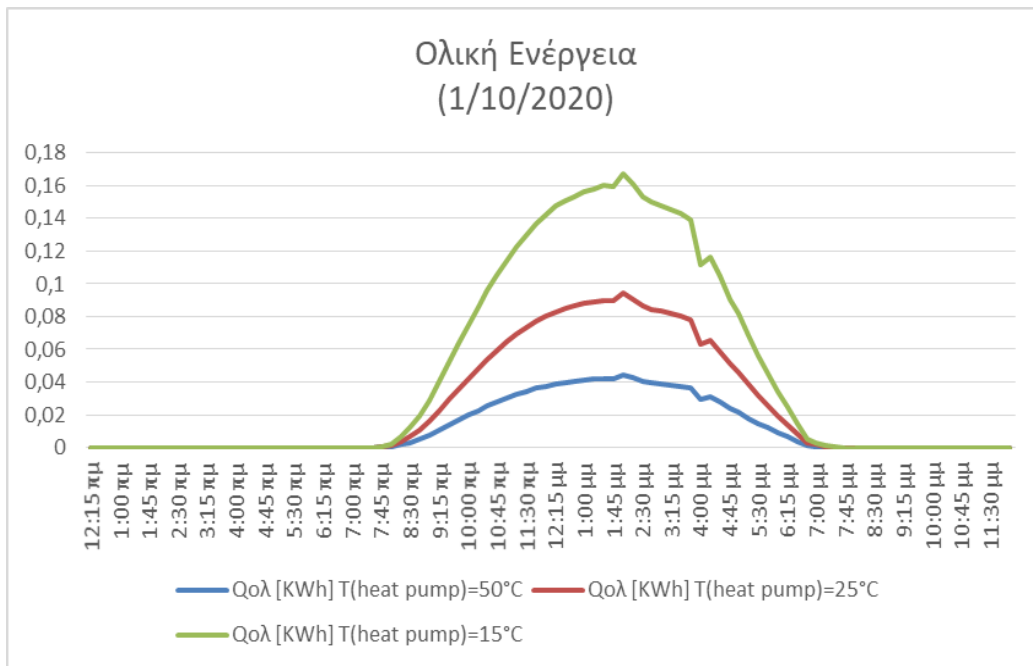
Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 2,17701480522 * 2/0,3$$

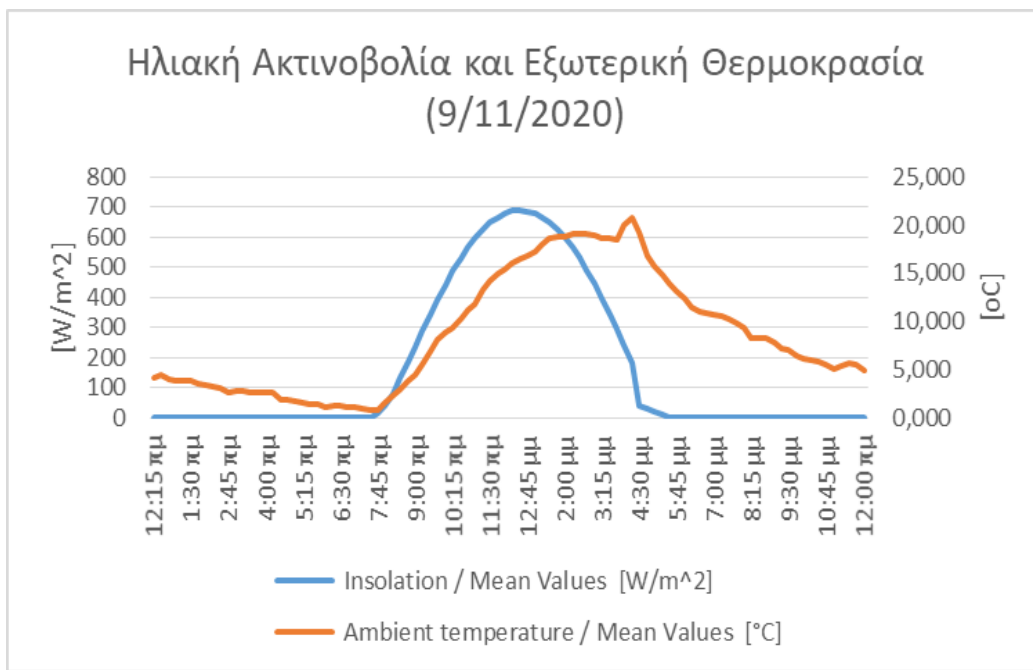
$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 14,5134320348$$

Δηλαδή χρειάζονται 15m^2 φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.



Εικόνα 53: Διάγραμμα σύγκρισης για την ολική ενέργεια στις περιπτώσεις για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=25\text{oC}$, $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 1/10/2020.

Νοέμβριος (9/11/2020)



Εικόνα 54: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας για την ημέρα 9/11/2020.

Για τον μήνα Νοέμβριο έχουμε τον τύπο:

$$B*0,25*0,45*0,344$$

Αθροίζοντας όλες τις τιμές για κάθε ώρα προκύπτει η τιμή της συνολικής θερμικής ενέργειας που είναι ίση με:

$$Q_{th} = 614,204604 \text{ Wh}$$

$$Q_{th} = 0,614204604 \text{ KWh}$$

Η ηλεκτρική ενέργεια για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ είναι:

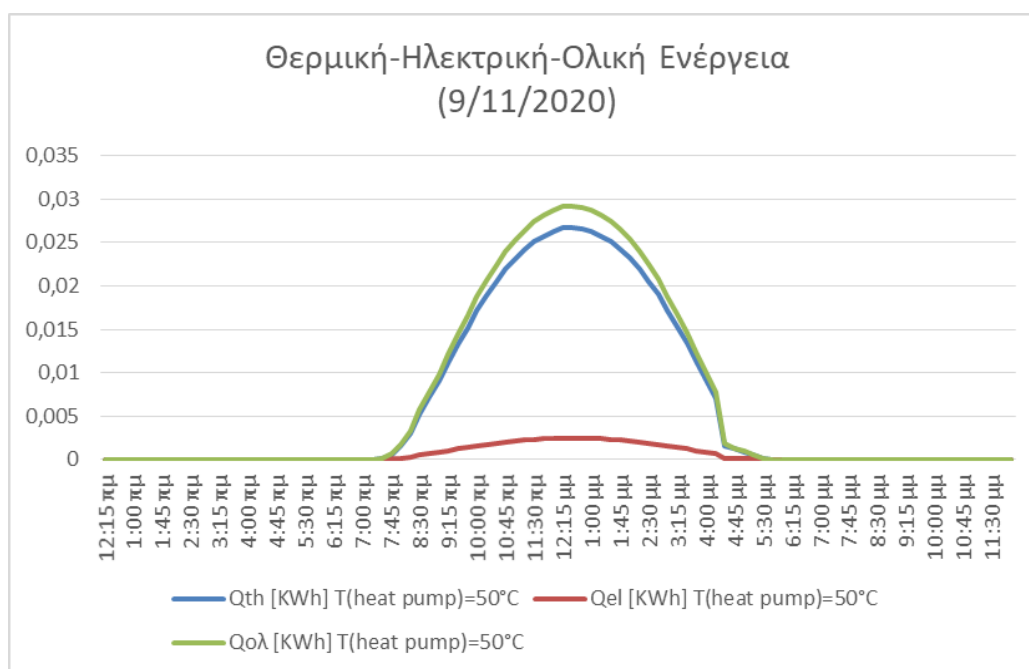
$$Q_{el} = 2,28 * Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 0,056649939 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,670854543 \text{ KWh}$$



Εικόνα 55: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=50^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 9/11/2020.

Μέσω του τύπου $\Delta T = 20 - C$ υπολογίσαμε την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι κάθε ώρα με τον τύπο $0,25 * P * \Delta T / 30$, προσθέσαμε όλες τις τιμές και βρήκαμε την ημερήσια συνολική ενέργεια που είναι ίση με:

$$Q_{house} = 88,20666667 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 131,4840416$$

Δηλαδή χρειάζονται 132m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 132 * Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 7,477791948 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

(Για τον μήνα Νοέμβριο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 2,25)

$$P(\text{pv}) = Q_{el}(\text{ολικό})/2,25$$

$$P(\text{pv}) = 7,477791948/2,25$$

$$P(\text{pv}) = 3,323463088 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors } [\text{m}^2] = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors } [\text{m}^2] = 3,323463088 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors } [\text{m}^2] = 22,1564205867$$

Δηλαδή χρειάζονται 23m^2 φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 25°C έχουμε:

$$Q_{th} = 0,614204604 * 2$$

$$Q_{th} = 1,228409208 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

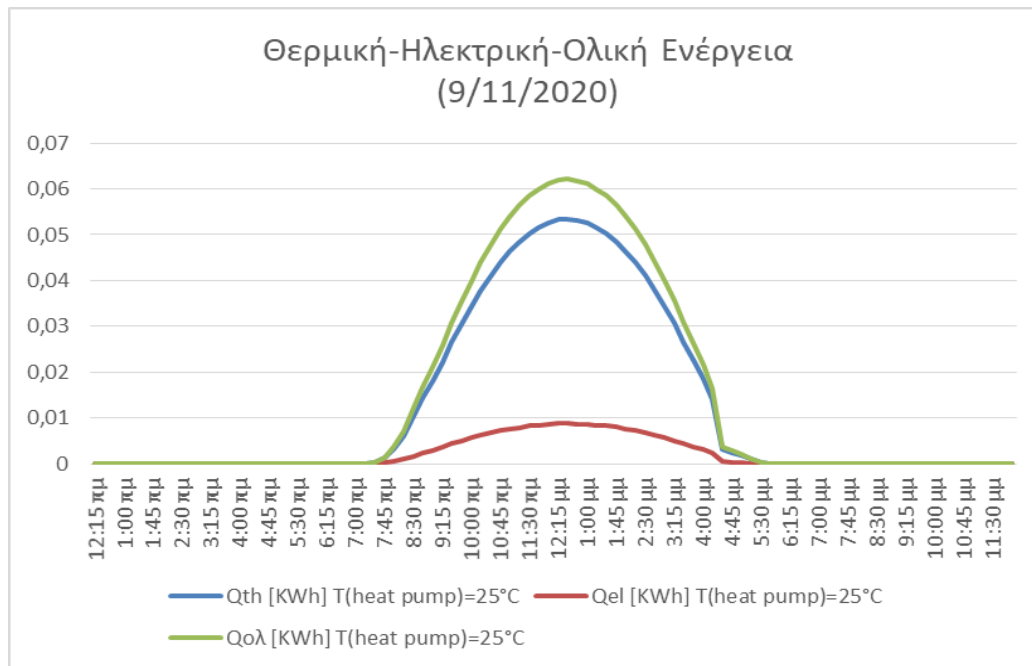
$$Q_{el} = 3,82 * Q_{th}/23,18$$

$$Q_{el} = 0,202438446 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,430847654 \text{ KWh}$$



Εικόνα 56: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=25^{\circ}\text{C}$ για την ημέρα 9/11/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 61,64644183$$

Δηλαδή χρειάζονται 62m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 62 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 12,551183652 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/2,25$$

$$P(\text{pv}) = 12,551183652/2,25$$

$$P(\text{pv}) = 5,57830384533 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 5,57830384533 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 37,1886923022$$

Δηλαδή χρειάζονται 38m^2 φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για $T(\text{heat pump}) = 15^{\circ}\text{C}$ έχουμε:

$$Q_{\text{th}} = 0,614204604 * 2 * 5/3$$

$$Q_{th} = 2,04734868 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

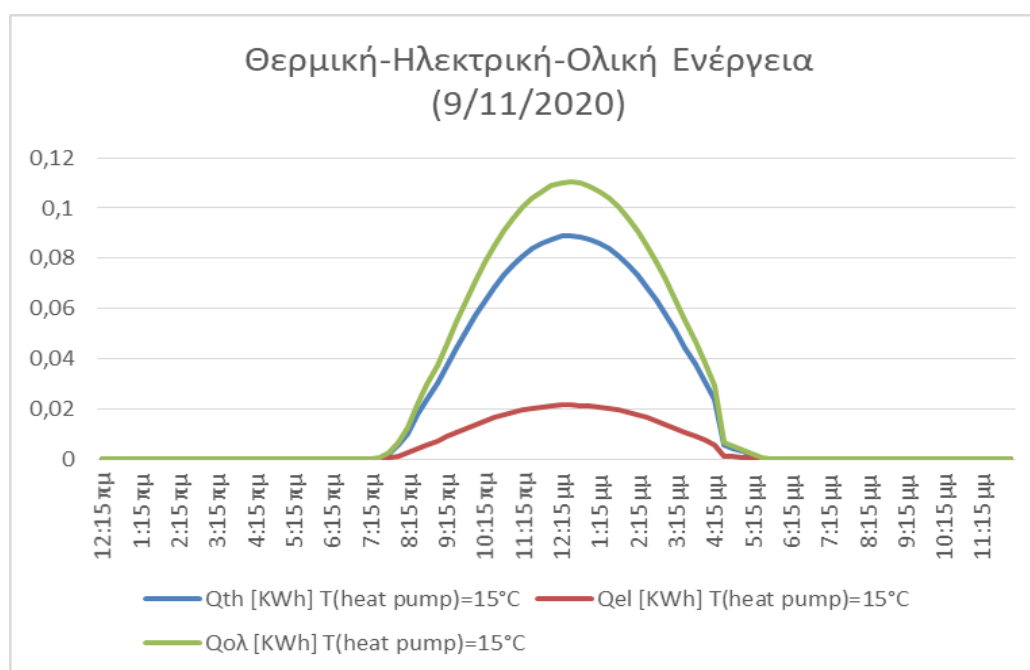
$$Q_{el} = 5,26 * Q_{th} / 21,74$$

$$Q_{el} = 0,495356672 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 2,542705352 \text{ KWh}$$



Εικόνα 57: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$ για την ημέρα 9/11/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}} / Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 34,69008573$$

Δηλαδή χρειάζονται 35m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 35 * Q_{el}$$

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 17,33748352 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\rho\nu) = Q_{el(\text{ολικό})} / 2,25$$

$$P(\rho\nu) = 17,33748352 / 2,25$$

$$P(pv) = 7,70554823111 \text{ KW}$$

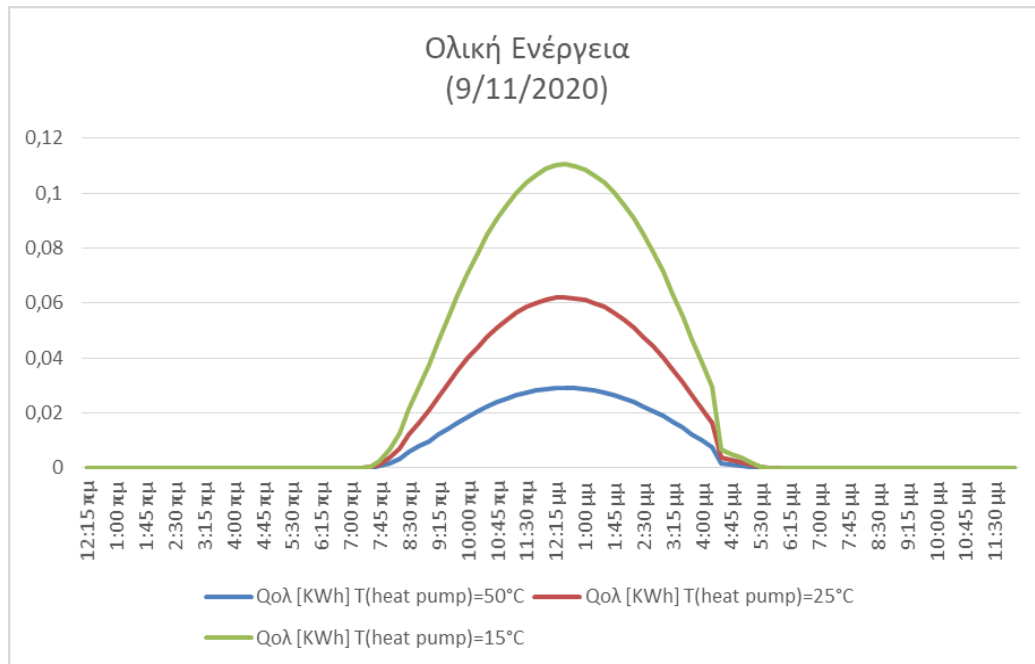
Επομένως ο αριθμός των m² σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(pv) \cdot 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 7,70554823111 \cdot 2/0,3$$

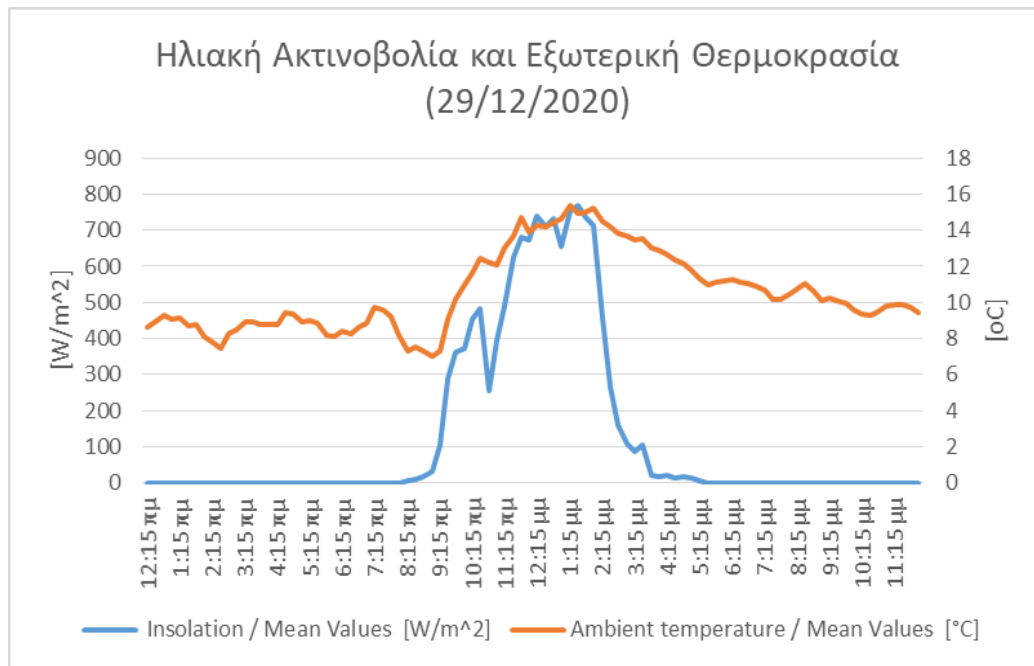
$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 51,3703215407$$

Δηλαδή χρειάζονται 52m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.



Εικόνα 58: Διάγραμμα σύγκρισης για την ολική ενέργεια στις περιπτώσεις για T(heat pump)=50oC, T(heat pump)=25oC, T(heat pump)=15oC για την ημέρα 9/11/2020.

Δεκέμβριος (29/12/2020)



Εικόνα 59: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερικής θερμοκρασίας 29/12/2020.

Για τον μήνα Δεκέμβριο έχουμε τον τύπο:

$$B * 0,25 * 0,42 * 0,344$$

Αθροίζοντας όλες τις τιμές για κάθε ώρα προκύπτει η τιμή της συνολικής θερμικής ενέργειας που είναι ίση με:

$$Q_{th} = 445,7959296 \text{ Wh}$$

$$Q_{th} = 0,44579593 \text{ KWh}$$

Η ηλεκτρική ενέργεια για $T(\text{heat pump})=50^\circ\text{C}$ είναι:

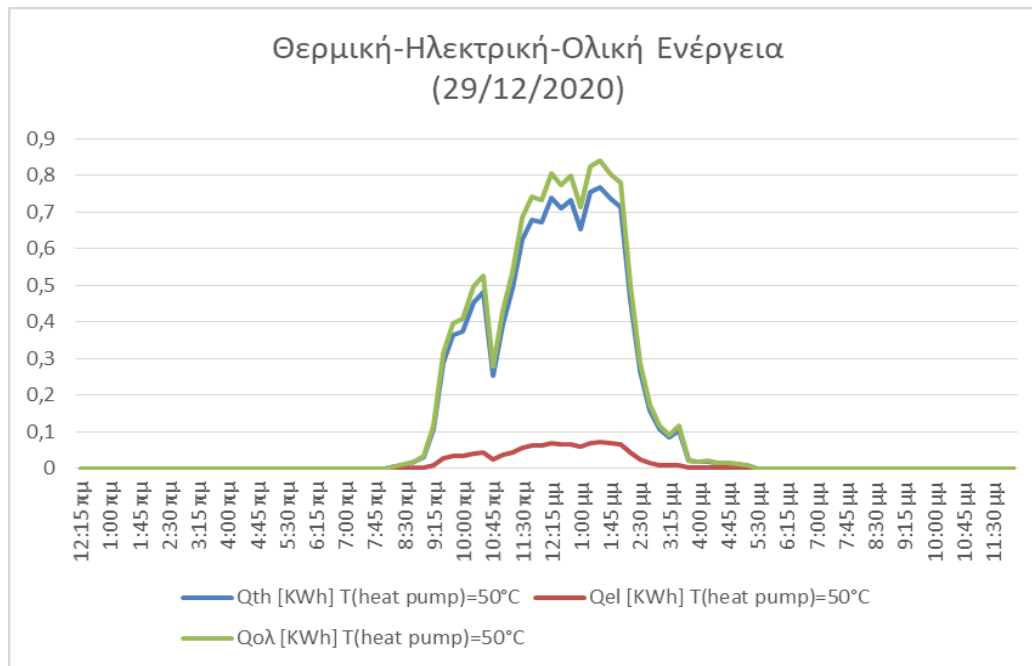
$$Q_{el} = 2,28 * Q_{th} / 24,72$$

$$Q_{el} = 0,0411171 \text{ KWh}$$

Άρα, η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 0,48691303 \text{ KWh}$$



Εικόνα 60:Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για T(heat pump)=50oC για την ημέρα 29/12/2020.

Μέσω του τύπου $\Delta T = 20 - C$ υπολογίσαμε την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι κάθε ώρα με τον τύπο $0,25 * P * \Delta T / 30$, προσθέσαμε όλες τις τιμές και βρήκαμε την ημερήσια συνολική ενέργεια που είναι ίση με:

$$Q_{house} = 73,56166667 \text{ KWh}$$

Άρα, τελικά ο αριθμός των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 151,0776302$$

Δηλαδή χρειάζονται 152 m^2 υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m^2) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 152 * Q_{el}$$

$$Q_{el(\text{ολικό})} = 6,2497992 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

(Για τον μήνα Δεκέμβριο ο συντελεστής ισούται με τον αριθμό 1,97)

$$P(pv) = Q_{el(\text{ολικό})} / 1,97$$

$$P(pv) = 6,2497992 / 1,97$$

$$P(pv) = 3,17248690355 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(pv) * 2 / 0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 3,17248690355 * 2 / 0,3$$

Number of PV collectors [m²] = 21,1499126903

Δηλαδή χρειάζονται 22m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για T(heat pump) = 25°C έχουμε:

$$Q_{th} = 0,44579593 * 2$$

$$Q_{th} = 0,891591859 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

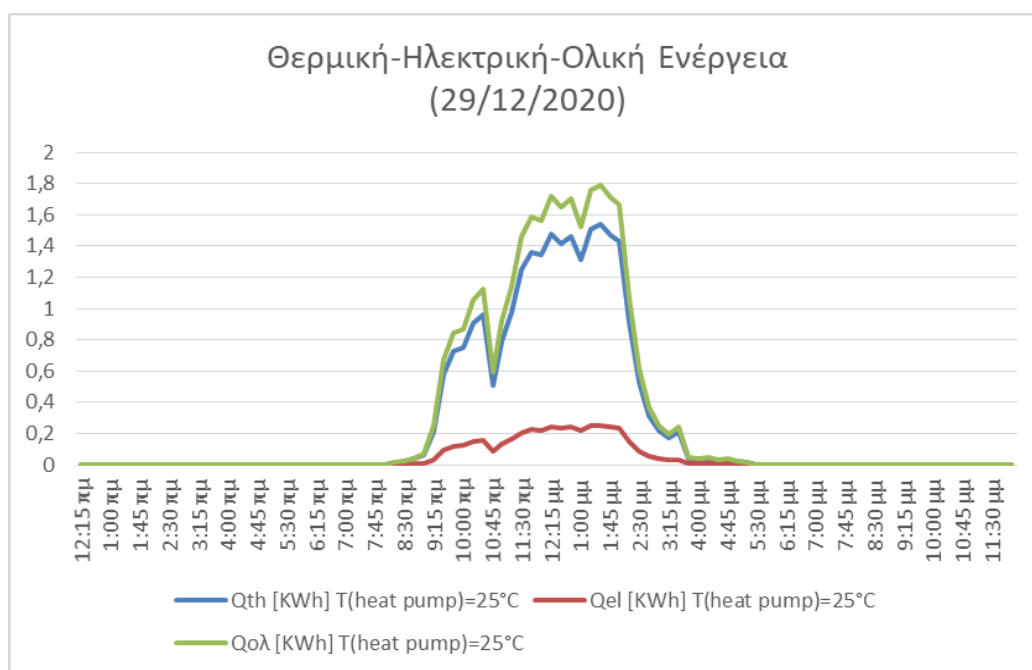
$$Q_{el} = 3,82 * Q_{th} / 23,18$$

$$Q_{el} = 0,146931877 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,038523736 \text{ KWh}$$



Εικόνα 61: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για T(heat pump)=25oC για την ημέρα 29/12/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{house} / Q_{ολ}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 70,83291804$$

Δηλαδή χρειάζονται 71m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{el(ολικό)} = 71 * Q_{el}$$

$$Q_{el}(\text{ολικό}) = 10,432163267 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m^2 σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\rho v) = Q_{el}(\text{ολικό})/1,97$$

$$P(\rho v) = 10,432163267/1,97$$

$$P(\rho v) = 5,29551434873 \text{ KW}$$

Επομένως ο αριθμός των m^2 σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\rho v)*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 5,29551434873*2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 35,3034289915$$

Δηλαδή χρειάζονται $36m^2$ φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.

Για $T(\text{heat pump}) = 15^\circ\text{C}$ έχουμε:

$$Q_{th} = 0,44579593*2*5/3$$

$$Q_{th} = 1,485986432 \text{ KWh}$$

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

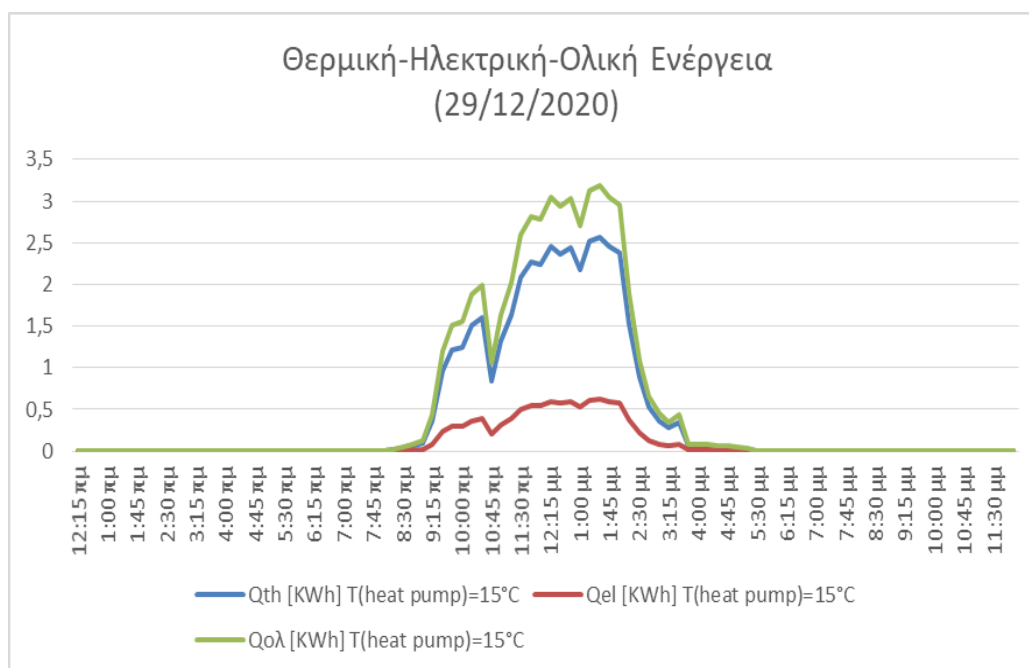
$$Q_{el} = 5,26*Q_{th}/21,74$$

$$Q_{el} = 0,359534896 \text{ KWh}$$

Και η συνολική ενέργεια είναι:

$$Q_{ολ} = Q_{th} + Q_{el}$$

$$Q_{ολ} = 1,845521328 \text{ KWh}$$



Εικόνα 62: Διάγραμμα θερμικής-ηλεκτρικής-ολικής ενέργειας για $T(\text{heat pump})=15^\circ\text{C}$ για την ημέρα 29/12/2020.

Ο αριθμός των υβριδικών συλλεκτών που απαιτούνται είναι:

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = Q_{\text{house}}/Q_{\text{ολ}}$$

$$\text{Number of solar collectors [m}^2\text{]} = 39,85955923$$

Δηλαδή χρειάζονται 40m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, αυτός ο αριθμός (m²) ηλιακών συλλεκτών παράγει κατά τη διάρκεια μιας μέρας ηλεκτρική ενέργεια ίση με:

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 40 * Q_{\text{el}}$$

$$Q_{\text{el(ολικό)}} = 14,38139584 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό των m² σε φωτοβολταϊκά έχουμε:

$$P(\text{pv}) = Q_{\text{el(ολικό)}}/1,97$$

$$P(\text{pv}) = 14,38139584/1,97$$

$$P(\text{pv}) = 7,30020093401 \text{ KW}$$

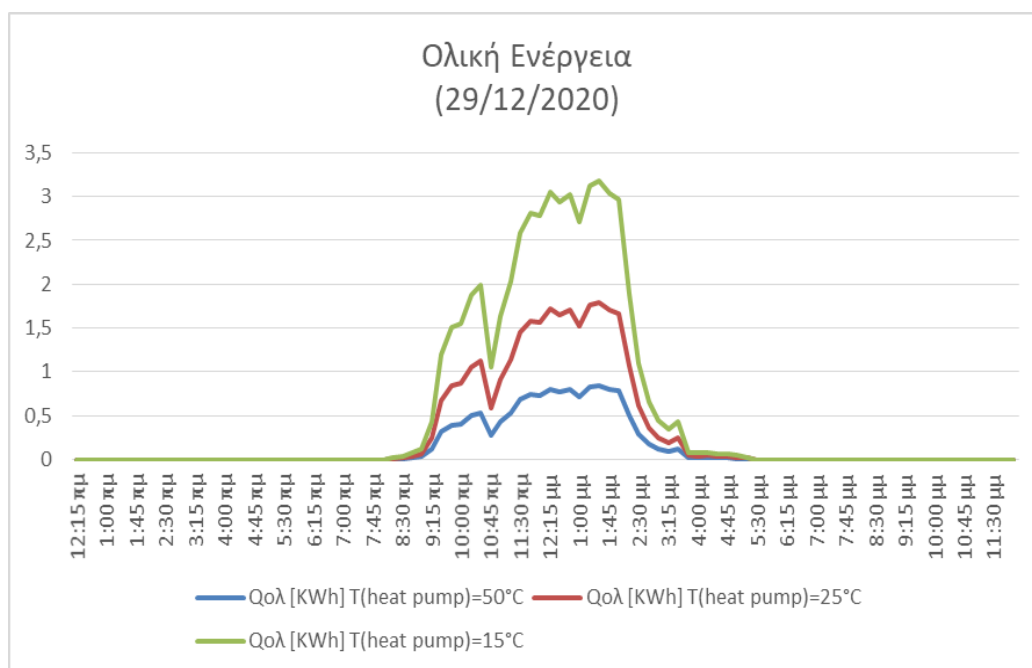
Επομένως ο αριθμός των m² σε φωτοβολταϊκά είναι:

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = P(\text{pv}) * 2/0,3$$

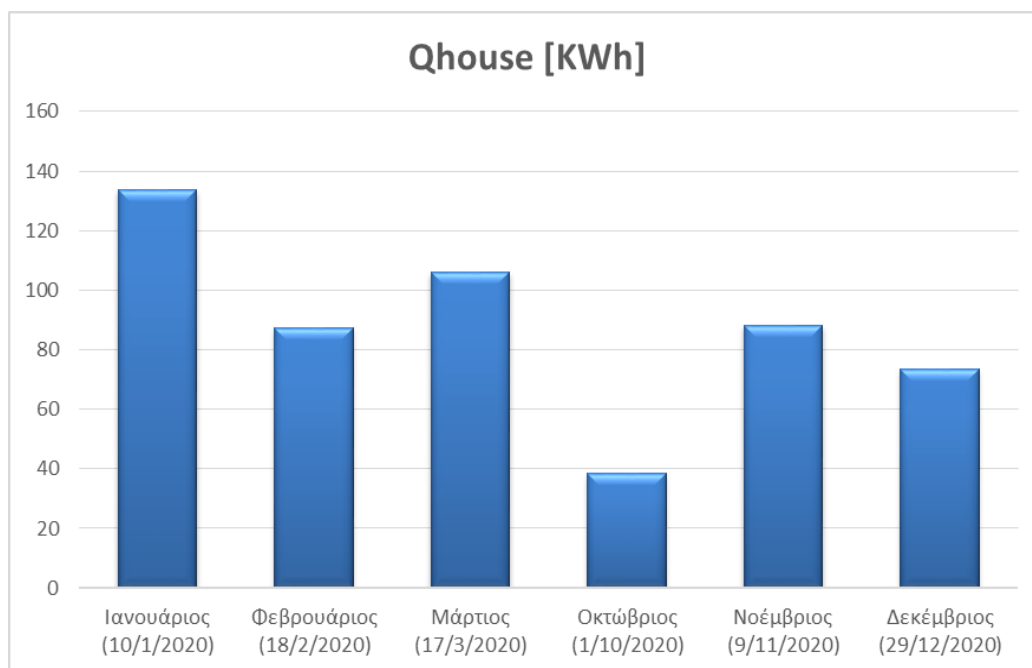
$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 7,30020093401 * 2/0,3$$

$$\text{Number of PV collectors [m}^2\text{]} = 48,6680062267$$

Δηλαδή χρειάζονται 49m² φωτοβολταϊκών για να καλυφθούν οι ανάγκες του σπιτιού.



Εικόνα 63: Διάγραμμα σύγκρισης για την ολική ενέργεια στις περιπτώσεις για T(heat pump)=50oC, T(heat pump)=25oC, T(heat pump)=15oC για την ημέρα 29/12/2020.



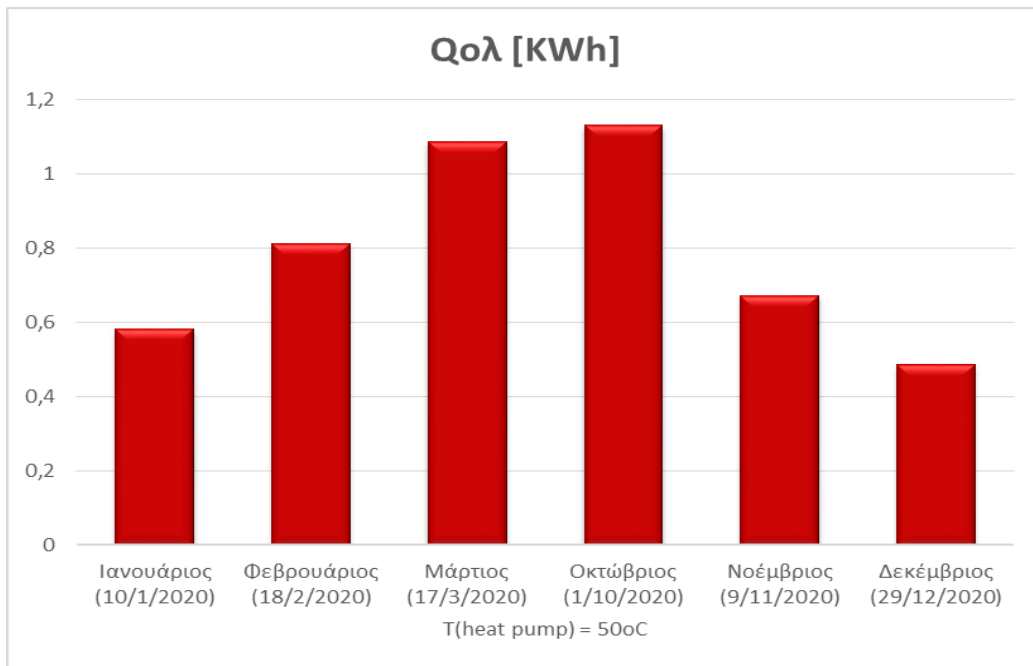
Εικόνα 64: Γράφημα στηλών που απεικονίζει την ενέργεια που χρειάζεται το σπίτι την εκάστοτε ημέρα.

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας για τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$.

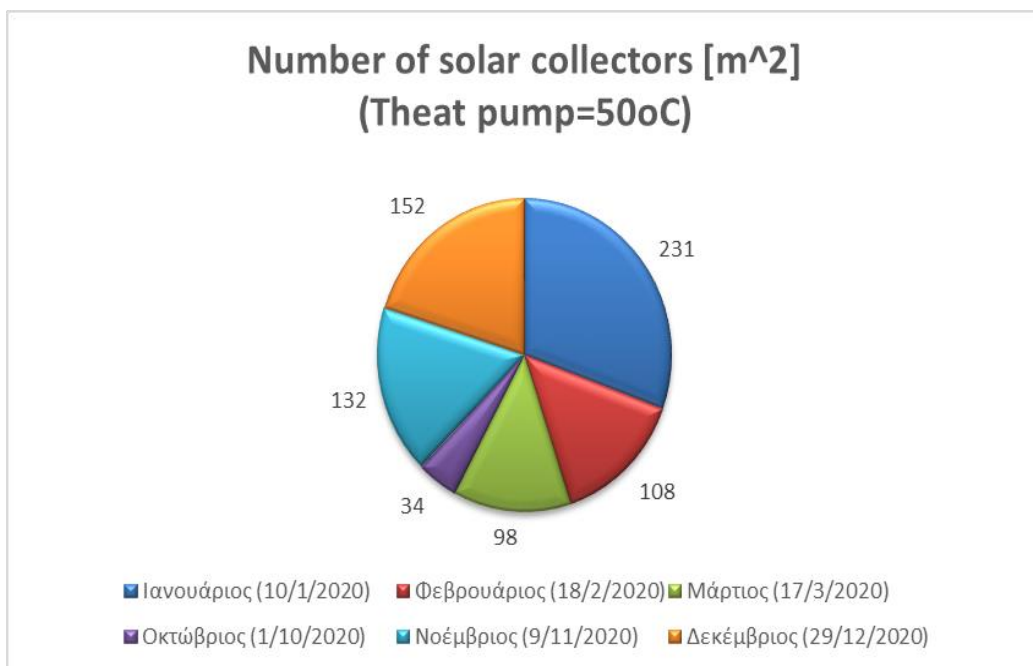
	Qth [KWh]	Qel [KWh]	Qολ [KWh]	Qhouse [KWh]	Number of solar collectors [m ²]	Qel(ολικό) [KWh]
Ιανουάριος (10/1/2020)	0,531	0,049	0,580	133,77	231	11,308
Φεβρουάριος (18/2/2020)	0,744	0,069	0,812	87,36	108	7,403
Μάρτιος (17/3/2020)	0,996	0,092	1,087	106,12	98	8,996
Οκτώβριος (1/10/2020)	1,035	0,096	1,131	38,33	34	3,245
Νοέμβριος (9/11/2020)	0,615	0,057	0,671	88,21	132	7,478
Δεκέμβριος (29/12/2020)	0,446	0,042	0,487	73,57	152	6,250

Πίνακας 3: Επιπρόσθετος συγκεντρωτικός πίνακας για τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$.

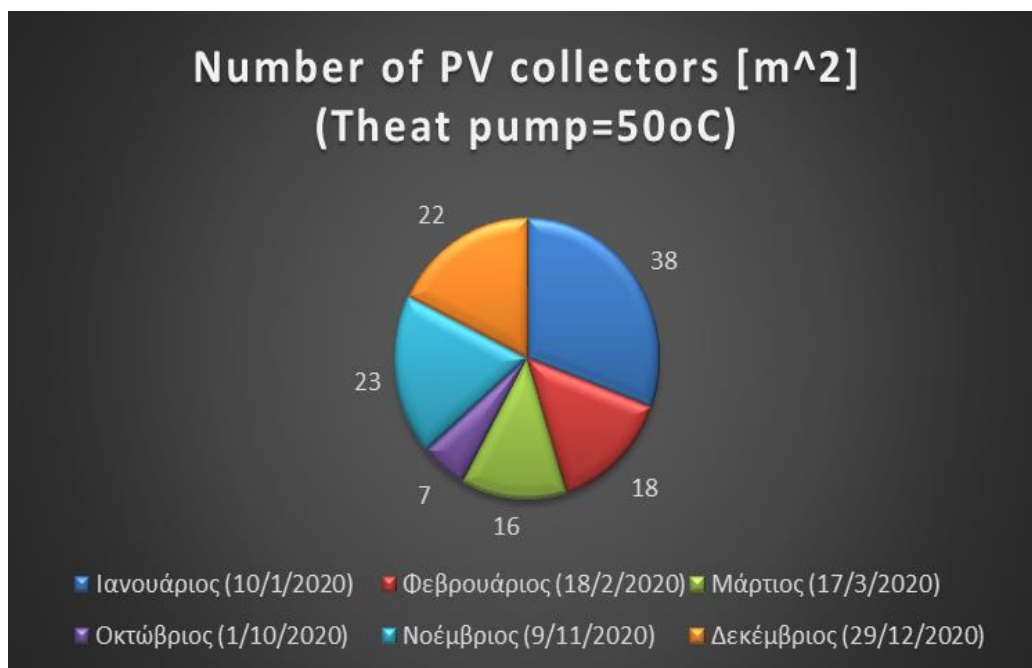
	P(pv) [KW]	Number of PV collectors [m ²]
Ιανουάριος (10/1/2020)	5,654	38
Φεβρουάριος (18/2/2020)	2,692	18
Μάρτιος (17/3/2020)	2,278	16
Οκτώβριος (1/10/2020)	0,941	7
Νοέμβριος (9/11/2020)	3,324	23
Δεκέμβριος (29/12/2020)	3,173	22



Εικόνα 65: Γράφημα στηλών που απεικονίζει την συνολική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες την εκάστοτε ημέρα για $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$.



Εικόνα 66: Γράφημα πίτας που απεικονίζει τον αριθμό των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών [m²] που απαιτούνται για κάθε μέρα ξεχωριστά όταν $T(\text{heat pump})=50\text{oC}$.



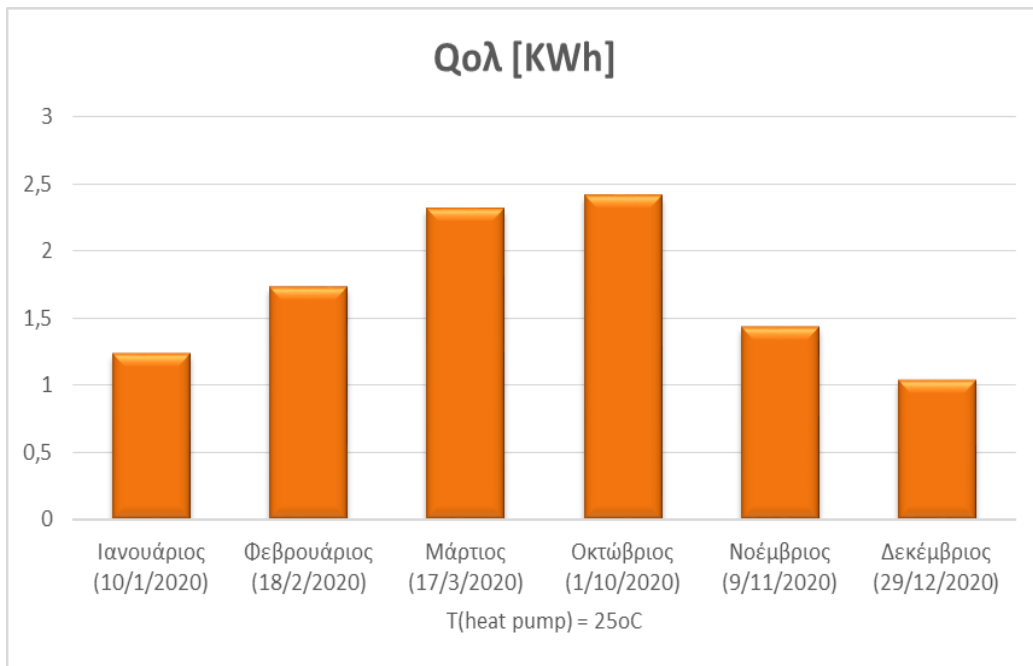
Εικόνα 67: Γράφημα πίτας που απεικονίζει τον αριθμό των Φ/Β συλλεκτών [m²] (των υβριδικών συλλεκτών) που απαιτούνται για κάθε μέρα ξεχωριστά όταν T(heat pump)=50oC

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας για τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης για T(heat pump)=25oC.

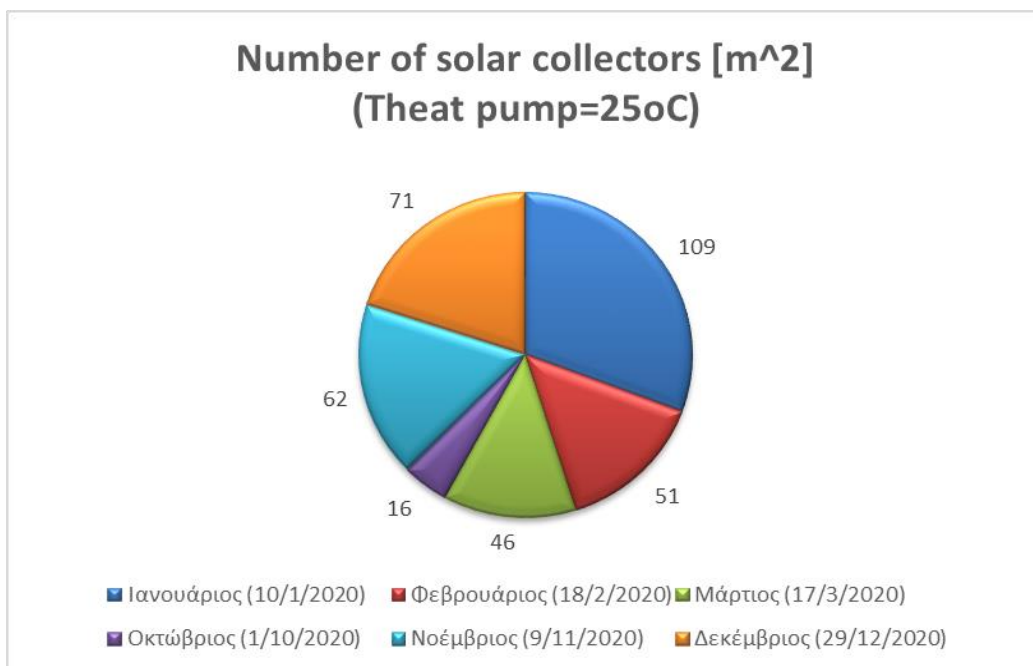
	Qth [KWh]	Qel [KWh]	Qoλ [KWh]	Qhouse [KWh]	Number of solar collectors [m ²]	Qel(ολικό) [KWh]
Ιανουάριος (10/1/2020)	1,062	0,175	1,237	133,77	109	19,067
Φεβρουάριος (18/2/2020)	1,487	0,245	1,732	87,36	51	12,492
Μάρτιος (17/3/2020)	1,991	0,329	2,319	106,12	46	15,089
Οκτώβριος (1/10/2020)	2,070	0,342	2,411	38,33	16	5,457
Νοέμβριος (9/11/2020)	1,229	0,203	1,431	88,21	62	12,552
Δεκέμβριος (29/12/2020)	0,892	0,147	1,039	73,57	71	10,433

Πίνακας 5: Επιπρόσθετος συγκεντρωτικός πίνακας για τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης για T(heat pump)=25oC.

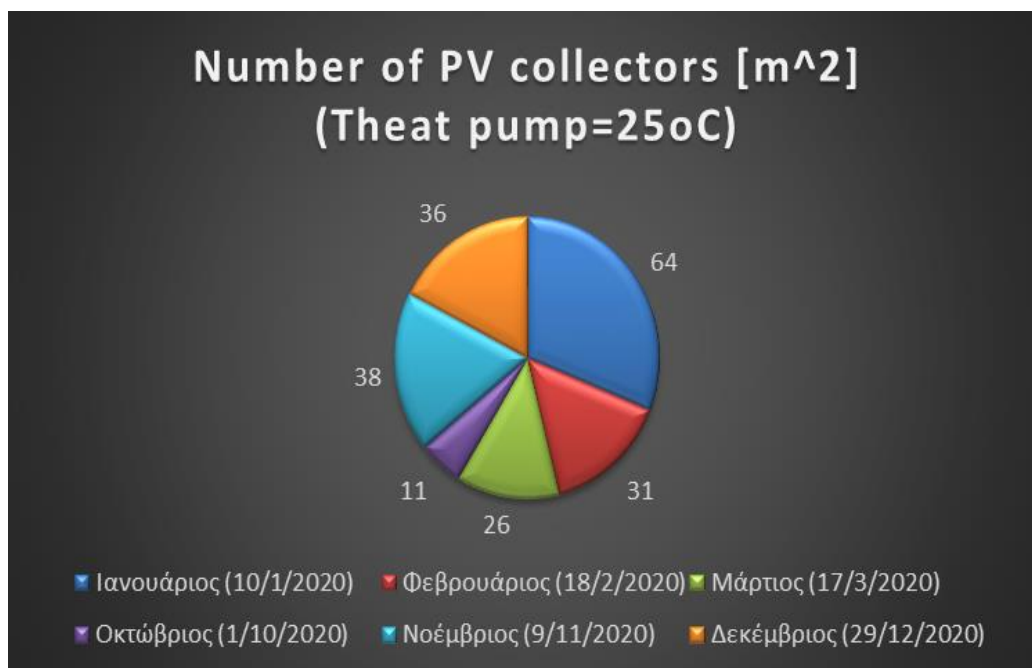
	P(pv) [KW]	Number of PV collectors [m ²]
Ιανουάριος (10/1/2020)	9,534	64
Φεβρουάριος (18/2/2020)	4,543	31
Μάρτιος (17/3/2020)	3,820	26
Οκτώβριος (1/10/2020)	1,582	11
Νοέμβριος (9/11/2020)	5,579	38
Δεκέμβριος (29/12/2020)	5,296	36



Εικόνα 68: Γράφημα στηλών που απεικονίζει την συνολική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες την εκάστοτε ημέρα για $T(\text{heat pump})=25\text{oC}$.



Εικόνα 69: Γράφημα πίτας που απεικονίζει τον αριθμό των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών [m²] που απαιτούνται για κάθε μέρα ξεχωριστά όταν $T(\text{heat pump})=25\text{oC}$.



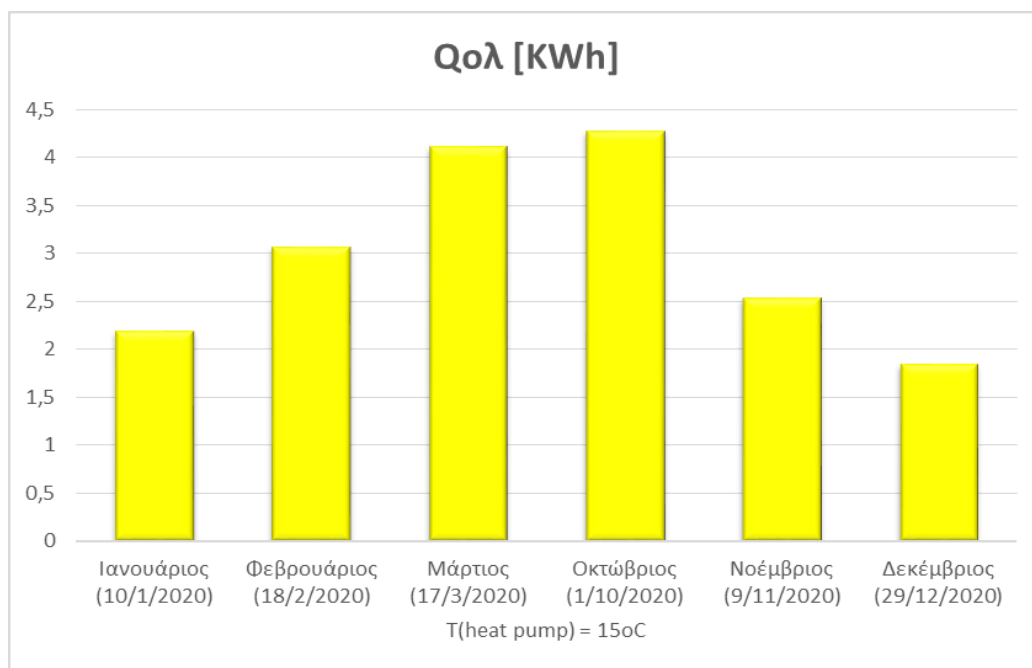
Εικόνα 70: Γράφημα πίτας που απεικονίζει τον αριθμό των Φ/Β συλλεκτών [m²] (των υβριδικών συλλεκτών) που απαιτούνται για κάθε μέρα ξεχωριστά όταν T(heat pump)=25oC.

Πίνακας 6: Συγκεντρτικός πίνακας για τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης για T(heat pump)=15oC.

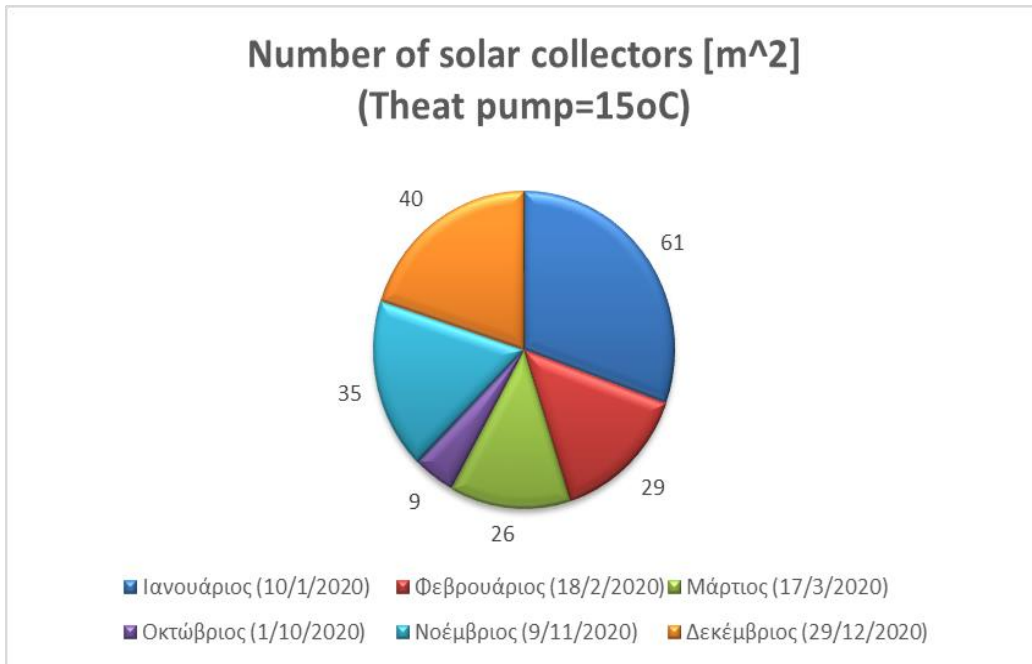
	Q _{th} [KWh]	Q _{el} [KWh]	Q _{ολ} [KWh]	Q _{house} [KWh]	Number of solar collectors [m ²]	Q _{el} (ολικό) [KWh]
Ιανουάριος (10/1/2020)	1,770	0,429	2,198	133,77	61	26,110
Φεβρουάριος (18/2/2020)	2,478	0,599	3,077	87,36	29	17,381
Μάρτιος (17/3/2020)	3,318	0,803	4,120	106,12	26	20,869
Οκτώβριος (1/10/2020)	3,450	0,835	4,284	38,33	9	7,511
Νοέμβριος (9/11/2020)	2,048	0,496	2,543	88,21	35	17,338
Δεκέμβριος (29/12/2020)	1,486	0,360	1,846	73,57	40	14,382

Πίνακας 7: Επιπρόσθετος συγκεντρωτικός πίνακας για τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης για $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$.

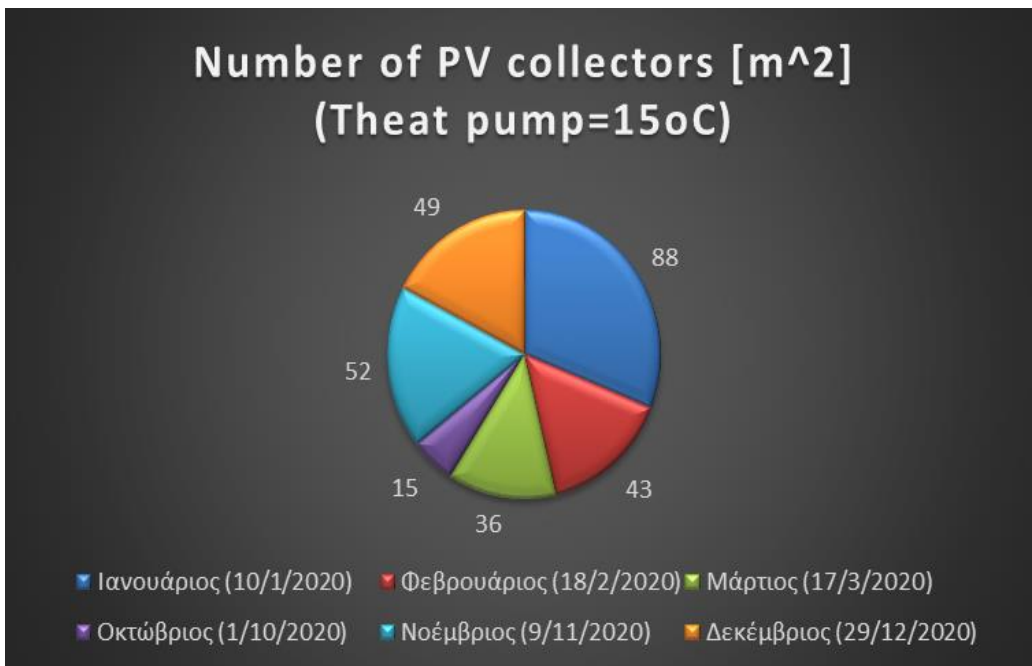
	P(pv) [KW]	Number of PV collectors [m²]
Ιανουάριος (10/1/2020)	13,055	88
Φεβρουάριος (18/2/2020)	6,321	43
Μάρτιος (17/3/2020)	5,284	36
Οκτώβριος (1/10/2020)	2,178	15
Νοέμβριος (9/11/2020)	7,706	52
Δεκέμβριος (29/12/2020)	7,301	49



Εικόνα 71: Γράφημα στηλών που απεικονίζει την συνολική ενέργεια που παράγουν οι υβριδικοί ηλιακοί συλλέκτες την εκάστοτε ημέρα για $T(\text{heat pump})=15\text{oC}$.



Εικόνα 72: Γράφημα πίτας που απεικονίζει τον αριθμό των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών [m²] που απαιτούνται για κάθε μέρα ξεχωριστά όταν T(heat pump)=15oC.



Εικόνα 73: Γράφημα πίτας που απεικονίζει τον αριθμό των Φ/Β συλλεκτών [m²] (των υβριδικών συλλεκτών) που απαιτούνται για κάθε μέρα ξεχωριστά όταν T(heat pump)=15oC.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω μελέτη προέκυψαν ορισμένα αποτελέσματα για την κατοικία που εξετάζουμε. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίσαμε το πλήθος των υβριδικών ηλιακών συλλεκτών που απαιτείται για την εκάστοτε ημέρα με σκοπό την κάλυψη των αναγκών της κατοικίας, λαμβάνοντας υπόψη τρεις διαφορετικές θερμοκρασιακές τιμές της εισόδου του νερού της υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας. Επιπλέον, υπολογίσαμε και τις τιμές της ολικής ενέργειας.

Έτσι έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 8: Πλήθος υβριδικών ηλιακών συλλεκτών [m^2].

	Ιανουάριος (10/1/2020)	Φεβρουάριος (18/2/2020)	Μάρτιος (17/3/2020)	Οκτώβριος (1/10/2020)	Νοέμβριος (9/11/2020)	Δεκέμβριος (29/12/2020)
T(heat pump)=50oC	231	108	98	34	132	152
T(heat pump)=25oC	109	51	46	16	62	71
T(heat pump)=15oC	61	29	26	9	35	40

Πίνακας 9: Τιμές ολικής ηλεκτρικής ενέργειας [KWh].

	Ιανουάριος (10/1/2020)	Φεβρουάριος (18/2/2020)	Μάρτιος (17/3/2020)	Οκτώβριος (1/10/2020)	Νοέμβριος (9/11/2020)	Δεκέμβριος (29/12/2020)
Qel(ολικό) [KWh] T(heat pump)=50oC	11,308	7,403	8,996	3,245	7,478	6,250
Qel(ολικό) [KWh] T(heat pump)=25oC	19,067	12,492	15,089	5,457	12,552	10,433
Qel(ολικό) [KWh] T(heat pump)=15oC	26,110	17,381	20,869	7,511	17,338	14,382

Συνεχίζοντας, κάνουμε μια υπόθεση εργασίας. Ειδικότερα, για το σπίτι που μελετάμε επιλέγουμε 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών από τα οποία τα 35m² είναι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες. Αρχικά, υπολογίσαμε την ηλεκτρική ισχύ που παράγουν οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες. Ο τύπος που χρησιμοποιήσαμε είναι ο εξής:

$$M \cdot 0,3 \cdot (35/2)$$

Όπου:

M είναι ένας συγκεκριμένος συντελεστής που διαφέρει ανάλογα τον μήνα.

Έτσι έχουμε:

Πίνακας 10: Η ηλεκτρική ισχύς για την εκάστοτε ημέρα.

	Ιανουάριος (10/1/2020)	Φεβρουάριος (18/2/2020)	Μάρτιος (17/3/2020)	Οκτώβριος (1/10/2020)	Νοέμβριος (9/11/2020)	Δεκέμβριος (29/12/2020)
P(pv) [KW]	10,500	14,437	20,737	18,112	11,812	10,342

Παρακάτω, με βάσει τα παραπάνω δεδομένα γίνεται αναλυτική περιγραφή των υπολογισμών που πραγματοποιήσαμε, για την κάθε ημέρα ξεχωριστά, με απώτερο σκοπό να δούμε αν έχουμε περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας ή έλλειμα αυτής.

Ιανουάριος (10/1/2020)

Με βάσει τα δεδομένα γνωρίζουμε ότι την ημέρα αυτή

για T(heat pump)=25oC έχουμε Number of solar collectors=109 και

για T(heat pump)=15oC έχουμε Number of solar collectors=61.

Επίσης, η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτές τις τιμές είναι

Qel(ολικό) [KWh]=19,067 και Qel(ολικό) [KWh]=26,110 αντίστοιχα.

Έτσι, για να βρούμε την ακριβή τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται

για Number of solar collectors=70 αρκεί να κάνουμε γραμμική παρεμβολή.

Η τιμή της γραμμικής παρεμβολής που προκύπτει ισούται με **24,790 KWh**.

Εάν, αφαιρέσουμε από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται την παραγόμενη ενέργεια βρίσκουμε εάν έχουμε περίσσεια ή έλλειμα ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε:

$$24,790 \text{ KWh} - 10,500 \text{ KWh} = \mathbf{14,29 \text{ KWh}}$$

Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού τα 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών την ημέρα αυτή του Ιανουαρίου. Και αναγκαστικά αυτό το έλλειμα της ηλεκτρικής ενέργειας που ισούται με 14,29 KWh θα πρέπει να καλυφθεί είτε από το δίκτυο ηλεκτροδότησης είτε από την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρουσιάσουν άλλες ημέρες.

Φεβρουάριος (18/2/2020)

Για T(heat pump)=50oC έχουμε Number of solar collectors=108 και

για T(heat pump)=25oC έχουμε Number of solar collectors=51.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτές τις τιμές είναι

Qel(ολικό) [KWh]=7,403 και Qel(ολικό) [KWh]=12,492 αντίστοιχα.

Έτσι, για να βρούμε την ακριβή τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται

για Number of solar collectors=70 αρκεί να κάνουμε γραμμική παρεμβολή.

Η τιμή της γραμμικής παρεμβολής που προκύπτει ισούται με **10,795 KWh**.

Αφαιρώντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την καταναλισκόμενη έχουμε:

$$10,795 - 14,437 = -3,642 \text{ KWh}$$

Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού τα 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών την ημέρα αυτή του Φεβρουαρίου. Επίσης, υπάρχει και περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 3,642 KWh.

Μάρτιος (17/3/2020)

Για T(heat pump)=50oC έχουμε Number of solar collectors=98 και

για T(heat pump)=25oC έχουμε Number of solar collectors=46.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτές τις τιμές είναι

Qel(ολικό) [KWh]=8,996 και Qel(ολικό) [KWh]=15,089 αντίστοιχα.

Έτσι, για να βρούμε την ακριβή τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται

για Number of solar collectors=70 αρκεί να κάνουμε γραμμική παρεμβολή.

Η τιμή της γραμμικής παρεμβολής που προκύπτει ισούται με **12,277 KWh**.

Αφαιρώντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την καταναλισκόμενη έχουμε:

$$12,277 - 20,737 = -8,460 \text{ KWh}$$

Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού τα 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών την ημέρα αυτή του Μαρτίου. Επίσης, υπάρχει και περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 8,460 KWh.

Οκτώβριος (1/10/2020)

Για T(heat pump)=50oC έχουμε Number of solar collectors=34.

Η υδρόψυκτη αντλία θερμότητας δε μπορεί να λειτουργήσει για θερμοκρασιακές τιμές εισόδου νερού άνω των 50oC. Αυτό σημαίνει ότι σίγουρα γίνεται άσκοπη σπατάλη της θερμικής ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτή την τιμή είναι

Qel(ολικό) [KWh]=3,245

Αφαιρώντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την καταναλισκόμενη έχουμε:

$$3,245 - 18,112 = -14,867 \text{ KWh}$$

Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού τα 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών την ημέρα αυτή του Οκτωβρίου. Επίσης, υπάρχει και αρκετή περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 14,867 KWh.

Νοέμβριος (9/11/2020)

Για T(heat pump)=50oC έχουμε Number of solar collectors=132 και

για T(heat pump)=25oC έχουμε Number of solar collectors=62.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτές τις τιμές είναι

Qel(ολικό) [KWh]=7,478 και Qel(ολικό) [KWh]=12,552 αντίστοιχα.

Έτσι, για να βρούμε την ακριβή τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται

για Number of solar collectors=70 αρκεί να κάνουμε γραμμική παρεμβολή.

Η τιμή της γραμμικής παρεμβολής που προκύπτει ισούται με **11,971 KWh.**

Αφαιρώντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την καταναλισκόμενη έχουμε:

$$11,971 - 11,812 = 0,159 \text{ KWh}$$

Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού τα 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών την ημέρα αυτή του Νοεμβρίου. Υπάρχει ένα μικρό έλλειμμα ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 0,159 KWh.

Δεκέμβριος (29/12/2020)

Για T(heat pump)=25oC έχουμε Number of solar collectors=71

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτή την τιμή είναι

Qel(ολικό) [KWh]=10,433.

Αφαιρώντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την καταναλισκόμενη έχουμε:

$$10,433 - 10,342 = \mathbf{0,091 \text{ KWh}}$$

Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να καλύψουν αρκετά ικανοποιητικά τις ανάγκες του σπιτιού τα 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών την ημέρα αυτή του Δεκεμβρίου. Υπάρχει ένα ελάχιστο έλλειμμα ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 0,091 KWh. Το οποίο καλύπτεται εύκολα από το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων που σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια.

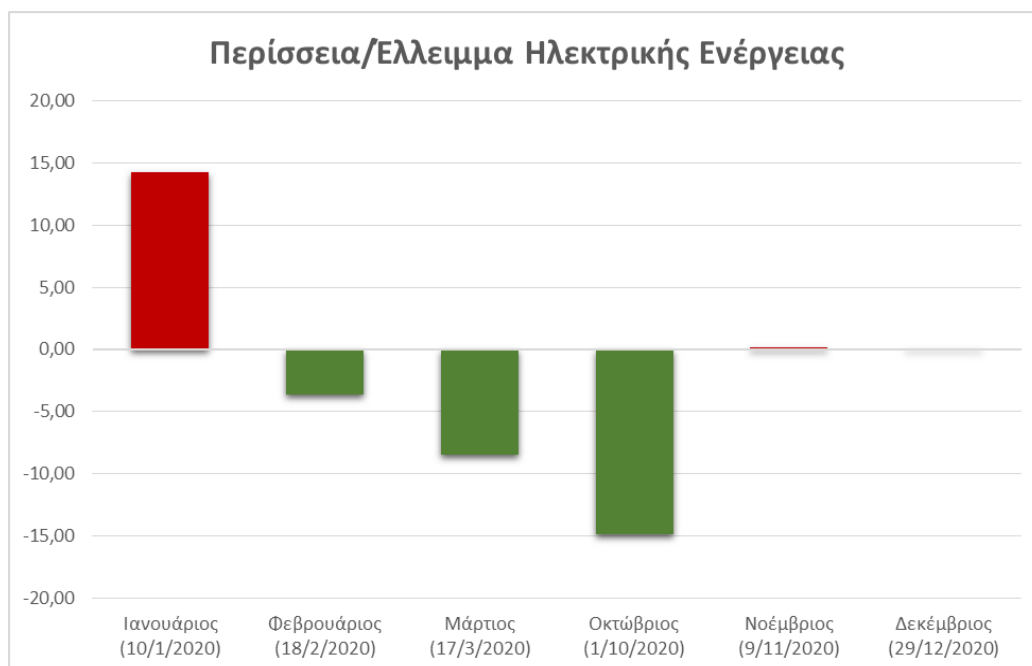
	Ιανουάριος (10/1/2020)	Φεβρουάριος (18/2/2020)	Μάρτιος (17/3/2020)	Οκτώβριος (1/10/2020)	Νοέμβριος (9/11/2020)	Δεκέμβριος (29/12/2020)
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια [KWh]	24,790	10,795	12,277	3,245	11,971	10,433
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [KWh]	10,500	14,437	20,737	18,112	11,812	10,342
Περίσσεια/Έλλειμμα ηλεκτρικής ενέργειας [KWh]	14,29	-3,642	-8,460	-14,867	0,159	0,091

Αξίζει να αναφερθεί ότι αν τα αποτελέσματα των αφαιρέσεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την καταναλισκόμενη πολλαπλασιαστούν με 30, για να υπολογιστεί η μηνιαία τιμή, και στη συνέχεια αθροιστούν μεταξύ τους θα προκύψει η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που θα δείξει αν επωφελούμαστε, από το σύστημα με τους υβριδικούς ηλιακούς συλλέκτες και την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας, ή όχι.

Ειδικότερα έχουμε:

$$[14,29+(-3,642)+(-8,460)+(-14,867)+0,159+0,091]*30 = \mathbf{-372,87 \text{ KWh}}$$

Αυτό σημαίνει ότι το σπίτι με ένα τέτοιο υβριδικό σύστημα καλύπτει τις ανάγκες που έχει σε ετήσια βάση για θέρμανση και έχει και περίσσεια ενέργειας ίση με 372,87 KWh. Η οποία μπορεί να διατεθεί και στο δίκτυο ηλεκτροδότησης.



Εικόνα 74: Γράφημα στηλών που απεικονίζει την επιπλέον ενέργεια για την λειτουργία του υβριδικού συστήματος με σκοπό τη θέρμανση της κατοικίας.

Το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση είναι ότι ένα υβριδικό σύστημα το οποίο αποτελείται από 70m² υβριδικών ηλιακών συλλεκτών εκ των οποίων τα 35m² είναι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες και μια υδρόψυκτη αντλία θερμότητας καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του σπιτιού, που μελετήσαμε, για θέρμανση όλους του μήνες εκτός από τον Ιανουάριο. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρειαζόμαστε για να καλύψουμε τις ανάγκες για θέρμανση τον μήνα Ιανουάριο μπορεί να βρεθεί, όπως ήδη έχει αναφερθεί, είτε από το δίκτυο ηλεκτροδότησης είτε από την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει το υβριδικό σύστημα σε ετήσια βάση. Έτσι, ένα τέτοιο υβριδικό σύστημα αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα θέρμανσης με μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΔΡ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΟΣ ΜΑΛΑΜΑΤΕΝΙΟΣ, ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ - ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ - ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2014
- [2] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ,ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017,ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - Υ.Π.Ε.Ν.
- [3] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ,ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010,ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ-Υ.Π.Ε.Κ.Α.
- [4] CENGEL A. YUNUS, BOLES A. MICHAEL, Θερμοδυναμική για Μηχανικούς, 8η Έκδοση
- [5] Μιχάλης Βραχόπουλος, Μαρία Κούκου, Κωνσταντίνος Καρύτσας, Κανονική γεωθερμία – αρχές σχεδιασμού γεωθερμικών συστημάτων και εφαρμογές, 2015
- [6] N. D. Androulakis, K. G. Armen, D. A. Bozis & K. T. Papakostas, Simulation of the thermal performance of a hybrid solar-assisted ground-source heat pump system in a school building, 2016
- [7] Fereshteh Qorbani, Hybrid solution Solar Assisted Ground Source Heat Pumps (SAGSHP), 2018
- [8] Ταουσανίδης Νίκος, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
- [9] ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, Οκτώβριος 2010.
- [10] ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, Οκτώβριος 2010.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- [11] <https://greenbuilding.gr/>
- [12] <https://www.energy.gov/>
- [13] <https://www.greenmatch.co.uk/>
- [14] <https://www.ti-soft.com/>
- [15] <http://www.monachos.gr/>
- [16] <http://www.technotec.gr>
- [17] <http://www.wikipedia.gr>
- [18] <https://dualsun.com/en/>
- [19] <https://www.diana-solar.gr/>

- [20] <https://www.solarpaces.org/>
- [21] <https://cityu.technologypublisher.com/>
- [22] <https://ypen.gov.gr/>
- [23] <https://www.4green.gr/>
- [24] <https://www.sunnyportal.com/>

