



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη κάλυψης ενεργειακών αναγκών εγκατάστασης
από υβριδικό σύστημα με βάση την ηλιοθερμία

Νικόλαος Κουφογιάννης

A.M.: HN07530

Επιβλέπων: Στημονιάρης Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής

(Υπογραφή)

.....

ΚΟΥΦΟΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

© 2022 – All Rights reserved

Περίληψη

Σε μια εποχή αυξημένων αναγκών ενέργειας και μεγάλης ενεργειακής παγκόσμιας κρίσης δεδομένου της αύξησης του πληθωρισμού και των τιμών σε καύσιμα και ενέργεια λόγω πολεμικών συγκρούσεων κυρώσεων και πολιτικών παιχνιδιών οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και ειδικά τα ηλιακά, φωτοβολταϊκά και θερμικά συστήματα έχουν εκτιναχθεί στα ύψη σε δημοτικότητα στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) καθώς είναι και από τις πιο αποδοτικές ανεξάντλητες και εύκολα προσβάσιμες πηγές οι οποίες αποτελούν και έναν καλό τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας. Η ανάγκη για ενοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδίως ηλιακών θερμικών συστημάτων, προέκυψε ως αποτέλεσμα της μείωσης των ορυκτών καυσίμων, των υψηλών τιμών τους και των ρύπων που παράγονται κατά την καύση τους. Παρά το γεγονός ότι έχουμε άφθονη ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα, τα ηλιακά θερμικά συστήματα στον βιομηχανικό τομέα, που αποτελούν και το θέμα αυτής της έρευνας, δεν χρησιμοποιούνται ευρέως παγκοσμίως και ειδικά στην χώρα μας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αναδύεται στην επιφάνεια και η χρήση αυτής της τεχνολογίας έχει γίνει ευρέως γνωστή.

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η εγκατάσταση ηλιακού θερμικού συστήματος σε μια βιομηχανική μονάδα. Κατά τη διάρκεια του έτους η μονάδα απαιτεί Ζ.Ν.Χ. σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και θέρμανση στους χώρους του προσωπικού και των γραφείων κατά τους χειμερινούς μήνες. Επομένως, η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θα έχει ως αποτέλεσμα τεράστιες μειώσεις στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και στα έξοδα της επιχείρησης. Ο υπολογισμός της περιοχής συλλογής είναι το πρώτο βήμα στην έρευνα. Στην συνέχεια αυτής της εργασίας θα αναφερθούν διάφοροι τύποι ηλιακών θερμικών συλλεκτών από τους οποίους θα επιλέξουμε τον καταλληλότερο για αυτήν την περίπτωση. Για να εξεταστεί η βέλτιστη απόδοση του ηλιακού θερμικού συστήματος, μελετήθηκε, δρομολογήθηκε και σχεδιάστηκε ειδικά για τον συγκεκριμένο τύπο συλλεκτών. Στη συνέχεια, αξιολογήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια. Το σενάριο Α αφορά την αποκλειστική κάλυψη θερμικών αναγκών από ένα ηλιακό θερμικό σύστημα. Το σενάριο Β με αντλία θερμότητας αέρα-νερού ως βοηθητική πηγή ενέργειας. Τέλος, το σενάριο Γ, το οποίο περιλαμβάνει μια γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού ως βοηθητική πηγή ενέργειας. Τα σενάρια αναθεωρήθηκαν και επαληθεύτηκαν μέσω εκτεταμένης μελέτης και προέκυψε το βέλτιστο ενεργειακό σενάριο. Ωστόσο, το καλύτερο σενάριο καθορίζεται όχι μόνο από την παραγωγή ενέργειας, αλλά και από οικονομικούς και τεχνικούς λόγους. Το κόστος του κύκλου ζωής υπολογίζεται ως αποτέλεσμα αυτού. Τα αποτελέσματα τόσο της ενεργειακής ανάλυσης όσο

και της οικονομικής ανάλυσης αναφέρονται λεπτομερώς κοντά στο τέλος της εργασίας. Καταλήγοντας, το σενάριο Γ φαίνεται να είναι η καλύτερη επιλογή για την τρέχουσα μονάδα.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή κρίση, Ηλιοθερμικό σύστημα, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Θερμικός συλλέκτης ,Συλλέκτες σωλήνων κενού, Εξοικονόμηση ενέργειας.

Abstract

At a time of heightened energy needs and a major global energy crisis due to rising inflation and fuel and energy prices due to war, sanctions and political games, renewable energy sources, especially solar, photovoltaic and thermal systems, have skyrocketed. Renewable Energy (RES) as one of the most efficient, inexhaustible and easily accessible sources which are a good way to save energy. The need to integrate renewable energy systems, especially solar thermal systems, arose as a result of the reduction of fossil fuels, their high prices of pollutants produced during their combustion. Despite the fact that we have plenty of solar radiation in Greece, solar thermal systems in the industrial sector, which are the subject of this research, are not widely used worldwide and especially in our country. However, in recent years it has begun to surface and the use of this technology has become widely known.

The aim of the present study is to install a solar thermal system in an industrial unit. During the year the unit requires Z.N.X. in high temperatures, as well as heating in staff and office spaces during the winter months. As a result, the installation of such a system will result in huge reductions in fossil fuel consumption and business costs. Calculating the collection area is the first step in the research. In the present work we will study a type of solar thermal collectors as It seems that the most appropriate will be judged, although others will be mentioned. To test the optimal efficiency of the solar thermal system, it was specially designed for multiple vacuum tubes. Three different scenarios were then evaluated. Scenario A concerns the exclusive coverage of thermal needs by a solar thermal system, scenario B with an air-water heat pump with an auxiliary energy source. Finally, there is scenario C, which includes a geothermal water-water heat pump as an auxiliary energy source . The scenarios were revised and verified through extensive study and the optimal energy scenario emerged. However, the best case scenario is determined not only by energy production, but also by economic and technical reasons. Life cycle cost is calculated as a result. The results of both the energy analysis and the financial analysis are reported in detail near the end of the work. As a result, scenario C with solar panels seems to be the best choice for the current unit.

Keywords: Energy crisis, Solar thermal system, Renewable energy sources,

Thermal collector, Vacuum pipe collectors, Eenergy saving.

Ευχαριστίες

Θα μου επιτρέψετε λοιπόν στο σημείο αυτό να αναφερθώ και να ευχαριστήσω τους ανθρώπους οι οποίοι με βοήθησαν και συντέλεσαν την επίτευξη των προσωπικών μου στόχων και την εκπλήρωση των σπουδών. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Δημήτρη Στημονιάρη ο οποίος ήταν υπεύθυνος για την επιτήρηση και την επίλυση τυχόν δικών μου προβληματισμών και κολλημάτων κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους υπόλοιπους καθηγητές του τμήματος οι οποίοι με τις γνώσεις τους τις οποίες μεταλαμπάδευσαν σε μένα και όλους τους μαθητευόμενους συμφοιτητές μου μας δώσανε ένα κίνητρο να ασχοληθούμε περισσότερο και με μεγαλύτερο ζήλο με το αντικείμενο των σπουδών μας. Μεγάλο ευχαριστώ επίσης και στον ιδιοκτήτη της επιχείρησης στην οποία πραγματοποίησα και την πρακτική μου άσκηση καθώς αποτέλεσε πηγή έμπνευσης, γνώσεων και μάθησης του επαγγελματικού μου αντικειμένου και προσανατολισμού. Τέλος δεν θα μπορούσα να παραλείψω την οικογένειά μου και τους φίλους μου οι οποίοι ήταν πάντοτε εκεί στήριγμα και έτοιμοι να με βοηθήσουν και να με στηρίξουν σε οποιαδήποτε επιλογή μου.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	i
Abstract	ii
Ευχαριστίες	iii
Πίνακας Περιεχομένων	
1.1 Χρήση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα	2
1.2 Χρήση ενέργειας στην Ευρώπη	4
1.3 Χρήση ενέργειας στην Ελλάδα	6
1.4 Σκοπός της διπλωματικής	9
1.5 Αντικείμενο της εργασίας	9
1.6 Βιβλιογραφική έρευνα	10
2.1 Ο ήλιος και τα παράγωγά του	15
2.2 Χειραγώγηση και χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας	17
2.3 Ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες	19
2.4 Δοχεία για την αποθήκευση ζεστού νερού	24
1)Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού χωρίς την χρήση εναλλάκτη θερμότητας__	25
2)Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού με ένα εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας(σερπαντίνα).	25
3)Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού με ένα εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας.	30
3.1 Ηλιακό θερμικό σύστημα	35
3.2 Ολοκληρωμένη εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος	37
3.3 Βιομηχανικό ηλιακό θερμικό σύστημα	44
4.1 Ανάλυση των βιομηχανικών λειτουργιών	47
4.2 Ανάλυση Ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού επισφάλτωσης	50
4.3 Βιομηχανική μονάδα παραγωγής	51
4.4 Επισκόπηση του χώρου γραφείων της βιομηχανίας	51
4.5 Υπολογισμοί των θερμικών απαιτήσεων της μονάδας	52
5.1 Λεπτομέρειες υλοποίησης	55
6.1 Αποτελέσματα	58
6.2 Οικονομοτεχνική Ανάλυση	65

7.1 Συμπεράσματα	68
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	70
Βιβλιογραφία	71

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1: Χρήση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα (IEO, 2017)

Εικόνα 1.2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο (IEA, 2021)

Εικόνα 1.3: Σύγκριση παραγωγής ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα το 2012 και το 2040 (Sharad S. & Harvey K., 2016)

Εικόνα 1.4: Εξελικτική πορεία των στόχων 2020 και 2030 (ΕΑΑ, 2019)

Εικόνα 1.5: Γράφημα ηλεκτροπαραγωγής ανά μορφή ενέργειας (IEA, 2017)

Εικόνα 1.6: Τελική ενεργειακή κατανάλωση στο βιομηχανικό κλάδο στην Ελλάδα (Κ.Α.Π.Ε., 2018)

Εικόνα 1.7: Απεικόνιση εγκατάστασης ηλιοθερμικού συστήματος στην βιομηχανία «Achaia Clauss S.A.» (Καράγιωργας Μ. κ.ά., 2001)

Εικόνα 1.8: Απεικόνιση εγκατάστασης ηλιοθερμικού συστήματος (metaloumin.gr)

Εικόνα 1.9:Θερμικό ηλιακό σύστημα(<https://greenagenda.gr>)

Εικόνα 1.10:Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σε βιομηχανική στέγη στο ΒΙΟΠΑ Κερατέας 99,8 kw (<https://www.georhythmiki.gr>)

Εικόνα 2.1: Ηλιακή ακτινοβολία (Κ.Π.Ε., 2008)

Εικόνα 2.2: Αρχή λειτουργίας ηλιακού θερμικού συλλέκτη (Κατσαπρακάκης Δ., 2015)

Εικόνα 2.3: Συλλέκτης κενού (Μιλισσάρης Β., 2013)

Εικόνα 2.4: Επίπεδος συλλέκτης (Εφαρμογές Θερμικών Ηλιακών στον Κτιριακό Τομέα <http://www.solair-project.eu/>)

Εικόνα 2.5: Απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία από συλλέκτη (Στεργιόπουλος Σ., 2018)

Εικόνα 2.6: Υλικά κατασκευής τυπικού ηλιακού θερμικού συλλέκτη (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)

Εικόνα 2.7: Μορφολογία σύνδεσης ηλιακών θερμικών συλλεκτών (Koussa M. et al.,

Εικόνα 2.8: Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού χωρίς τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας (Garg et al., 1985)

Εικόνα 2.9: Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού με τη χρήση εσωτερικού εναλλάκτη θερμότητας-σερπαντίνα (Στεργιόπουλος Σ., 2018).

Εικόνα 2.10: Ηλιοθερμικό σύστημα με τη χρήση εσωτερικού εναλλάκτη θερμότητας (Garg et al., 1985)

Εικόνα 2.11: Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού με τη χρήση εξωτερικού εναλλάκτη θερμότητας (Στεργιόπουλος Σ., 2018) .

Εικόνα 2.12: Ηλιοθερμικό με τη χρήση εξωτερικού εναλλάκτη θερμότητας (Garg et al., 1985)

Εικόνα 2.13: Σύνδεση δοχείων αποθήκευσης θερμού νερού σε σειρά και παράλληλα αντίστοιχα (Dahash A. et al., 2019)

Εικόνα 3.1:Άμεσα ή ανοιχτού κύκλου συστήματα- Έμμεσα ή κλειστού κύκλου συστήματα (ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΝΙΚΟΛΟΥΔΗΣ ΖΗΣΗΣ)

Εικόνα 3.2: Ολοκληρωμένο ηλιοθερμικό σύστημα εγκατάστασης(Υδροκλίμα Α.Ε., 2021)

Εικόνα 3.3: Μέρη του ηλιοθερμικού συστήματος (Sonne S.A., 2021)

Εικόνα 4.1:Ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα

Εικόνα 6.1: Διάγραμμα σωλήνων κενού

Εικόνα 6.2: Διάγραμμα Ηλιακού κλάσματος Β σεναρίου

Εικόνα 6.3: Διάγραμμα Ηλιακού κλάσματος Γ σεναρίου

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση βιομηχανίας ανά έτος

Πίνακας 6.1: Χαρακτηριστικά ηλιακών θερμικών συλλεκτών

Πίνακας 6.2: Ετήσιο ηλιακό κλάσμα συλλέκτη σεναρίου Β

Πίνακας 6.3: Ετήσιο ηλιακό κλάσμα συλλέκτη σεναρίου Γ

Πίνακας 6.4 Αποτελέσματα Γ σεναρίου για 2% αύξηση του κόστους ενέργειας

Εισαγωγή

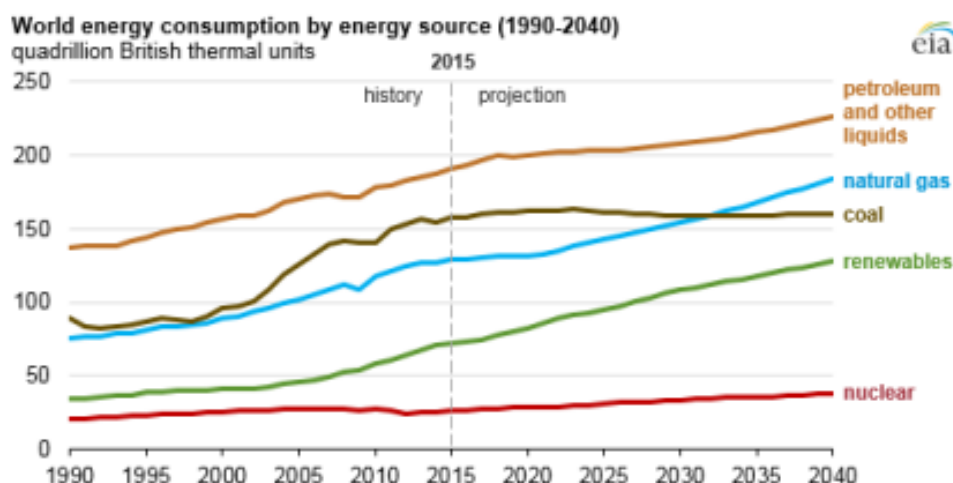
Ο ήλιος ανέκαθεν ήταν και είναι η ζωογόνος δύναμη όλης της ζωής και της φύσης για εκατομμύρια χρόνια έως και σήμερα καθώς επίσης και πηγή έμπνευσης για όλες τις φιλοσοφικές και τεχνικές προόδους. Στη σημερινή Ελλάδα, μιλάμε όλο και λιγότερο για χρήση της θερμικής ενέργειας του ήλιου σε έργα μεγάλης κλίμακας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πιστεύω ότι αυτό συμβαίνει όχι επειδή είμαστε πεπεισμένοι ότι τα προβλεπόμενα αποτελέσματα και οι απαιτήσεις μας δεν θα εκπληρωθούν, αλλά επειδή είμαστε επαναπαυμένοι και πιστοί αντιγράφοι των ξένων τεχνολογιών και καινοτομιών στις οποίες και προσπαθούμε να προσαρμόσουμε στις ανάγκες μας. Επιτρέψτε μου να σας επισημάνω το γεγονός ότι οι λαοί του βόρειου ημισφαιρίου των οποίων τα πρότυπα υιοθετούμε και αναπαράγουμε αναζητούν τρόπους εκμετάλλευσης των ΑΠΕ με διαφορετικές παραμέτρους και ανάγκες από εμάς. Έτσι λοιπόν είναι υποχρεωμένοι να στραφούν στη γεωθερμία, την εκμετάλλευση της κυκλοφορίας των θαλάσσιων κυμάτων κ.λπ. και δεν αναπτύσσουν συστήματα αξιοποίησης ηλιακής θερμότητας, καθώς δεν έχουν πολύ ήλιο. Και είναι αυτό το μοντέλο που τηρούμε. Η μη εκμετάλλευση της ηλιακής θερμικής ενέργειας, από την άλλη, είναι μια τρομερά λανθασμένη πράξη σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, όπου η φύση μας φέρθηκε τόσο ευγενικά και απλόχερα.

Οδηγήθηκα λοιπόν στην επιλογή να δουλέψω πάνω σε αυτήν την παράμετρο για να δημιουργήσω μια θεαματική ιδέα για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Στόχος αυτής της εργασίας είναι η χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών για την αντικατάσταση σημαντικής ποσότητας κατανάλωσης υγραερίου σε διάφορες διαδικασίες και λειτουργίες μιας βιομηχανίας επισμάλτωσης τόσο στον παραγωγικό τομέα καθώς και για θέρμανση στο εσωτερικό του κτιρίου

Κεφάλαιο 1

1.1 Χρήση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα

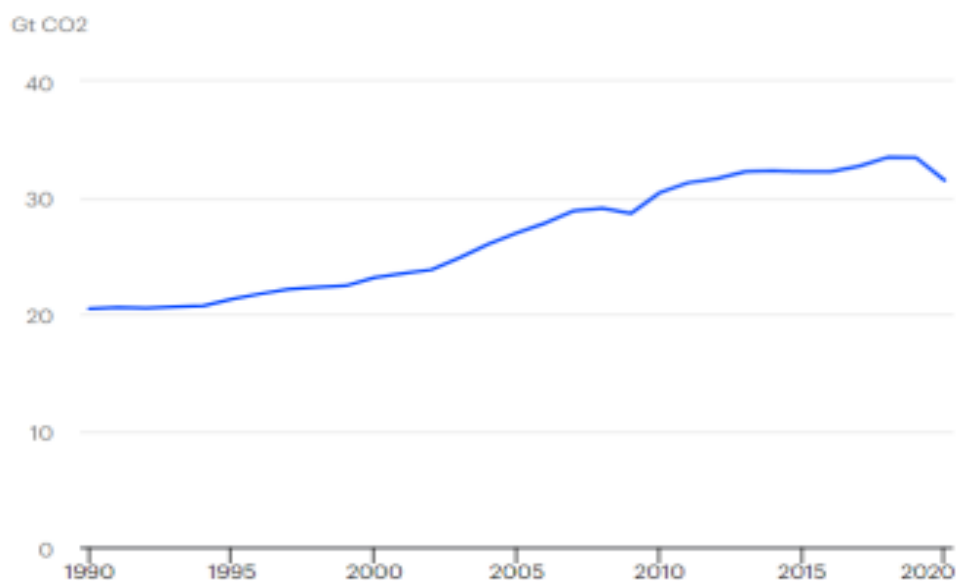
Το 2017 έγινε μια στατιστική έρευνα για την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από το 1990 έως το 2015, καθώς και για την πορεία της μελλοντικής κατανάλωσης ενέργειας, συγκεκριμένα μέχρι το όχι και τόσο μακρινό 2040. Μέχρι τότε, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1, Πετρέλαιο και άλλα υγρά καύσιμα ακολούθησαν αυξητική και ηγετική πορεία στην παραγωγή ενέργειας έως το 2015, έχοντας μια σημαντική απόκλιση από άλλες πηγές ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση πετρελαίου αυξάνεται σταθερά, με αποτέλεσμα να αυξάνονται σταθερά και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.



Εικόνα 1.1: Χρήση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα (IEO, 2017)

Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, η συνεχής χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των εκπομπών αερίων ρύπανσης, η οποία είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για το περιβάλλον. Λόγω της έλευσης της πανδημίας του ιού COVID-19, η αυξητική τάση στις καμπύλες εκπομπών αερίων ρύπων έκανε μια παύση στα τέλη του 2019 όπου μέχρι και την λήξη του τελευταίου lockdown παρέμενε σε χαμηλά επίπεδα. Η ζήτηση για πρωτογενή ενέργεια μειώθηκε κατά 4%, με αποτέλεσμα τη μείωση της ζήτησης για ορυκτές πηγές (8,6% για το πετρέλαιο και 4% για τον άνθρακα) και τη μείωση κατά 5,8%

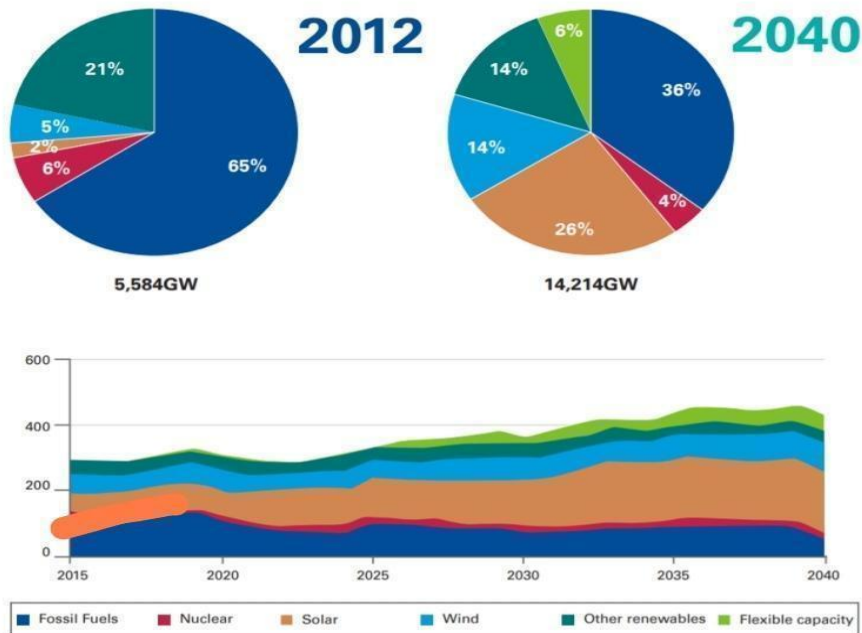
των αερίων του θερμοκηπίου. Οι τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών CO₂, όπως η ηλιακή, η φωτοβολταϊκή, η υδροηλεκτρική και η αιολική ενέργεια, από την άλλη πλευρά, έχουν φτάσει στο μεγαλύτερο ετήσιο ποσοστό του ενεργειακού εφοδιασμού, σε περίπου 20%. (IEA, 2021). Από το 2019 έως το τέλος του 2020, όλα τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπανσης (*Εικόνα 1.2*). (IEA, 2021).



Εικόνα 1.2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο (IEA, 2021)

Η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική του βιομηχανικού τομέα

Σύμφωνα με έρευνες, τα ορυκτά καύσιμα προσέφεραν το 65% της ενεργειακής ζήτησης στον βιομηχανικό τομέα το 2012, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κάλυψαν μόνο το 35%. Το σενάριο προβλέπεται να αλλάξει δραματικά έως το 2040, αφού η διεύθυνση ΑΠΕ αναμένεται να επεκταθεί σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, μόλις το 36% των απαιτήσεων αναμένεται να καλυφθεί από τα ορυκτά καύσιμα, με την ηλιακή ενέργεια να αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό 26% του συνόλου, που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας (Sharad S. & Harvey K., 2016)



Εικόνα 1.3: Σύγκριση παραγωγής ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα το 2012 και το 2040 (Sharad S. & Harvey K., 2016)

1.2 Χρήση ενέργειας στην Ευρώπη

Η Ε.Ε είναι αφοσιωμένη στην επίτευξη ορισμένων σημαντικών στόχων με βάση τις πολιτικές της για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούν σοβαρή κλιματική αλλαγή. Μεταξύ αυτών των στόχων προηγείται η βελτίωση των τριών τομέων (μείωση της κατανάλωσης ορυκτών πόρων, διείσδυση ΑΠΕ, και τέλος ελαχιστοποίηση των εκπομπών CO₂). Μερικοί από αυτούς τους στόχους έχουν ήδη επιτευχθεί στα περισσότερα κράτη μέλη της. Εντούτοις και στις υπόλοιπες ήδη κάποια σχέδια υλοποιούνται και ορισμένα βρίσκονται στο στάδιο του σχεδιασμού (στόχος τους τα έτη 2030 και 2050). Ωστόσο, απαιτούνται αρκετές τροποποιήσεις για την αποτελεσματική ολοκλήρωσή τους, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής με σχεδόν μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα και τεράστια εξοικονόμηση κοστολογίων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι υπεύθυνη για περίπου το 10% των παγκόσμιων εκπομπών ρύπων του θερμοκηπίου. Για την αποφυγή περαιτέρω κλιματικής αλλαγής, από το 2005 έχουν τεθεί στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο μια σειρά από σχεδιασμούς, με στόχο τη μείωση των εκπομπών ρύπων του θερμοκηπίου, την αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ενέργειας και, τέλος, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Οι ειδικοί στόχοι είναι οι ακόλουθοι:

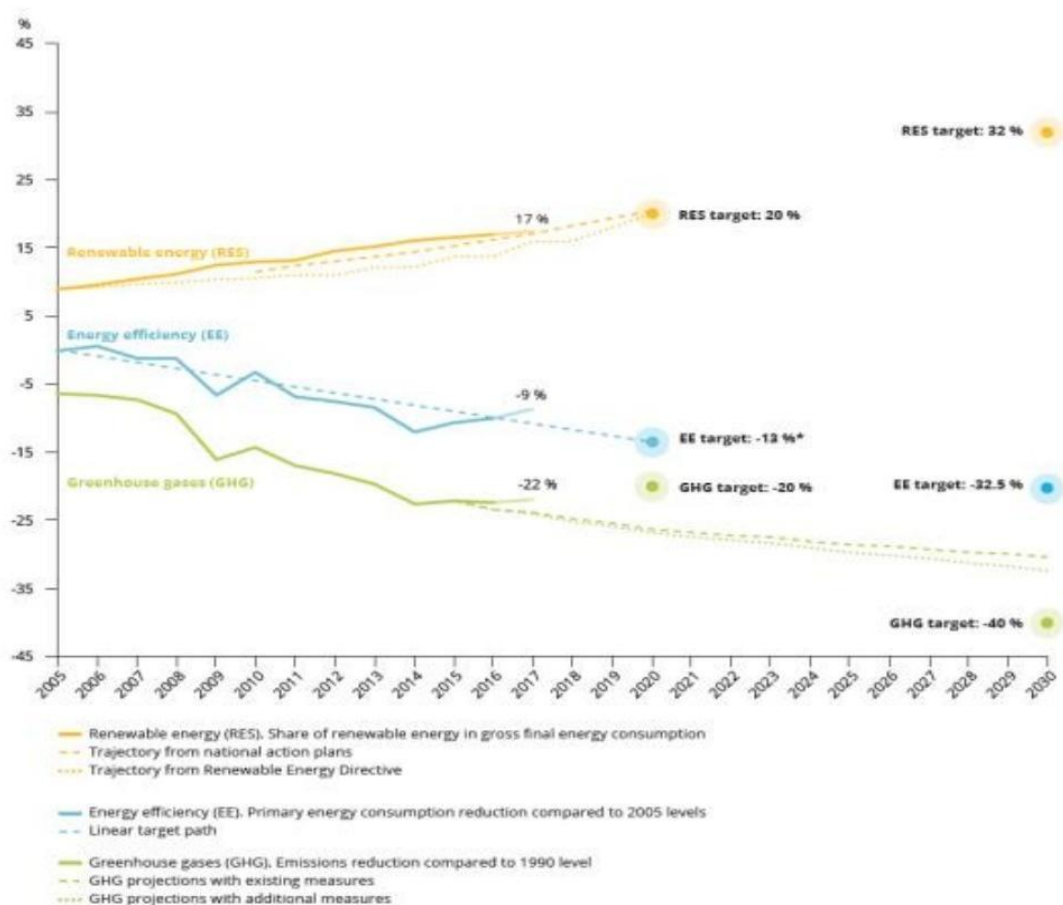
- 1) Για το 2020 είναι επίσης γνωστός ως στόχος 20-20-20 (Πρωτόκολλο του Κιότο). Απαιτεί μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, αύξηση 20% στην κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και βελτίωση κατά 20% στην ενεργειακή απόδοση.
- 2) Το 2030 είναι ο στόχος (Συμφωνία του Παρισιού). Περιλαμβάνει μείωση 40% στις εκπομπές CO₂ σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, αύξηση 27% στη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αύξηση 40% στην ενεργειακή απόδοση.
- 3) Και για το 2050. Συνεπάγεται μείωση κατά 80-95 τοις εκατό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.

Οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι, σε σύγκριση με το 1990, οι εκπομπές των ρύπων μειώθηκαν κατά 21,7 τοις εκατό έως το 2017. Επιπλέον, περαιτέρω μείωση σχεδόν 2% επιτεύχθηκε το οικονομικό έτος 2017-2018, ανεβάζοντας τη συνολική μείωση στο 23,2 τοις εκατό. Στη συνέχεια, καθώς συλλέχθηκαν περισσότερα δεδομένα, ανέμεναν ότι έως το 2030, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα μειωθούν κατά 36 τοις εκατό σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, αντί του στόχου του 40 τοις εκατό που καθορίστηκε από τον στόχο του 2030.

Τα αποτελέσματα της διείσδυσης των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας, φαίνεται να είναι ενθαρρυντικά. Μέχρι το 2018, το ποσοστό ένταξής τους ήταν 18%. Ωστόσο, το ποσοστό διείσδυσης τους έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια (0,7% ετησίως), με αποτέλεσμα να φαίνεται ότι ο στόχος του 2030 δεν θα είναι εφικτός.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η κατανάλωση ενέργειας τόσο της πρωτογενούς όσο και της τελικής ενέργειας παίζει σημαντικό ρόλο. Πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι η αυξητική τάση της τελικής κατανάλωσης

ενέργειας και η αντίστοιχη μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας οδήγησαν στην αποτυχία επίτευξης του στόχου του 2020, όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση(EAA-2019).Τα παραπάνω διακρίνονται αναλυτικότερα στην εικόνα 1.4.



Εικόνα 1.4: Εξελικτική πορεία των στόχων 2020 και 2030 (ΕΑΑ, 2019)

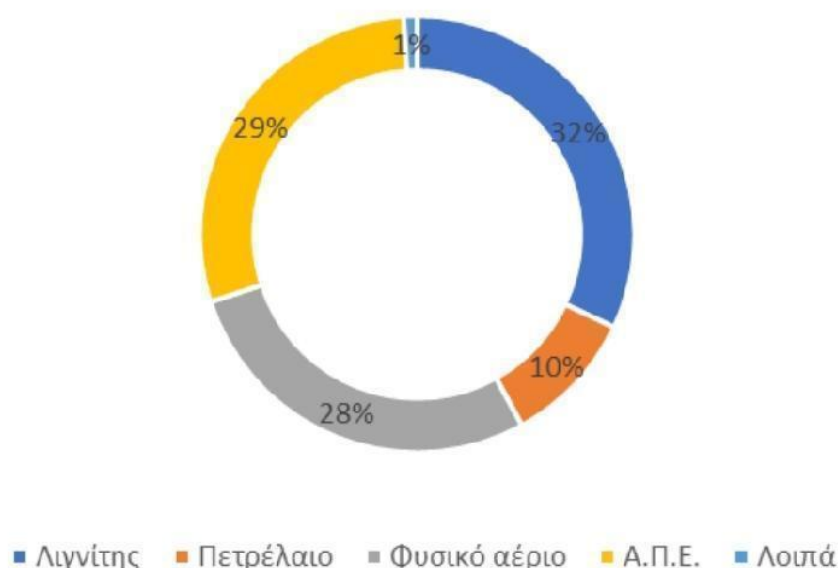
1.3 Χρήση ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, σύμφωνα με έρευνες της Παγκόσμιας Ενεργειακής Ένωσης (Ι.Ε.Α.), περιγράφεται ως η χώρα με την υψηλότερη χρήση ορυκτών ενεργειακών παραγώγων καυσίμου, λόγω της υψηλής χρήσης λιγνίτη και πετρελαίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η Ελλάδα να βρίσκεται υψηλότερες θέσεις με τον μεγαλύτερο αριθμό σε ποσοστό εκπομπής Αερίων του θερμοκηπίου που καταστρέφουν το όζον

με ρυθμό 64,1%. Δεδομένων των προαναφερθέντων, καθώς και της διευρυμένης ικανότητας των φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας, μια αλλαγή στην ενέργεια καθώς και στις προσεγγίσεις, θα προκαλούσε τη νομισματική ανάκαμψη του έθνους και την ενεργειακή του ανεξαρτησία (Patrakoroulou F. est al., 2015).

Σύμφωνα μελέτες του 2017,στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, το 32% προέρχεται από την καύση λιγνίτη, το 28% από καύση φυσικού αερίου, το 10% από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του και το 29% από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας(IEA, 2017).Όλα τα προηγούμενα ποσοστά παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.5 :

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μορφή ενέργειας



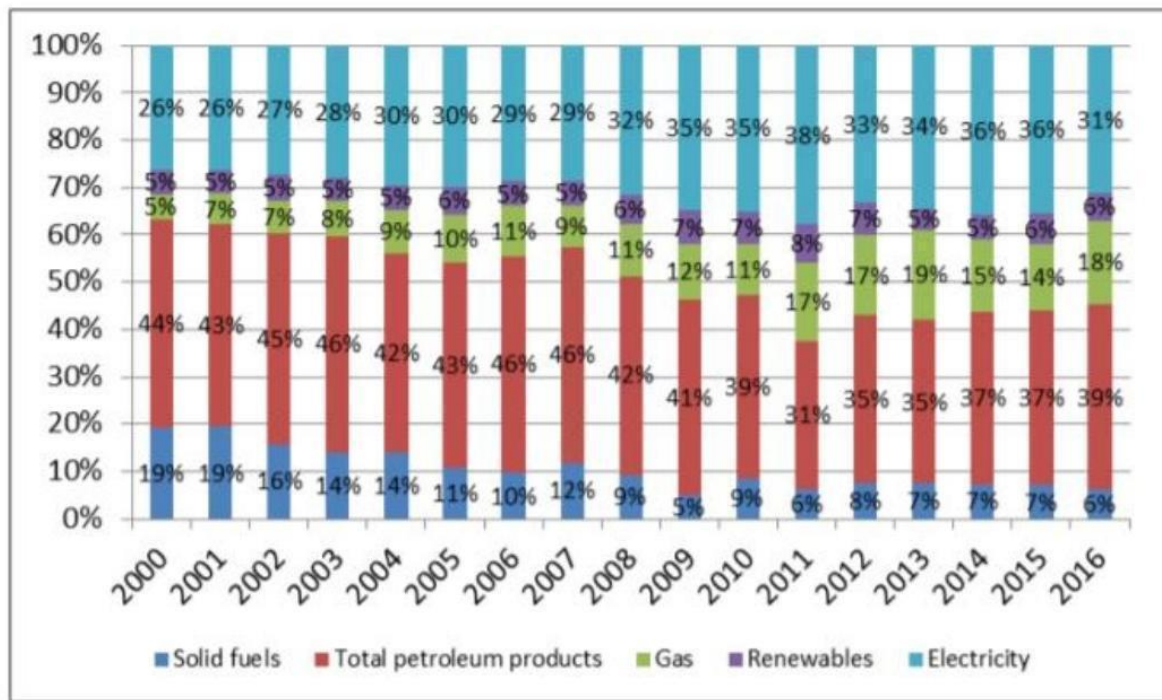
Εικόνα 1.5: Γράφημα ηλεκτροπαραγωγής ανά μορφή ενέργειας (IEA, 2017)

Όπως εύκολα μπορεί να δει κανείς η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. ανέρχεται σχεδόν στο 1/3 της ηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας. Καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η είσοδός τους στην παραγωγή είναι αξιοσημείωτη. Από την άλλη πλευρά, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια ικανοποιητική εξοικονόμηση ενέργειας, πρέπει να αναληφθούν μερικές ακόμα αποφάσεις(IEA, 2017):

- 1) Τροποποίηση και βελτίωση κτιριακών μονάδων

- 2) Τροποποίηση και βελτίωση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς
- 3) Τροποποίηση και βελτίωση μεταφοράς και παραγωγής ενέργειας
- 4) Αξιοποίηση σύγχρονων στρατηγικών και καινοτομιών παραγωγής ενέργειας
- 5) Κατασκευή και χρήση ΑΠΕ

Στον τομέα της βιομηχανίας, η ένταξη των ΑΠΕ κατέχει χαμηλά ποσοστά στην Ελλάδα, όπως και στην υπόλοιπη Ευρώπη. Αναλυτικότερα για το μεγάλο χρονικό διάστημα 2000-2016, η είσοδος των Α.Π.Ε. ήταν λιγότερο από 7%. Αντίθετα, για την κάλυψη των αναγκών παραγωγής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6, χρησιμοποιείται είτε πετρέλαιο σε ποσοστό έως 46% είτε ισχύς σε ποσοστό έως 35%. (Κ.Α.Π.Ε., 2018).



Εικόνα 1.6: Τελική ενεργειακή κατανάλωση στο βιομηχανικό κλάδο στην Ελλάδα (Κ.Α.Π.Ε., 2018)

1.4 Σκοπός της πτυχιακής

Η διερεύνηση σημείο προς σημείο της εγκατάστασης ενός ηλιοθερμικού συστήματος που τροφοδοτείται από τον ήλιο σε βιομηχανική μονάδα επισφάλτωσης είναι και ο σκοπός αυτής της πτυχιακής. Εμβαθύνοντας στην συνέχεια φτάνουμε στις θερμικές ανάγκες που απαιτούνται για την κάλυψη των προϋποθέσεων θέρμανσης αλλά επιπλέον και της αναγκαιότητας του Ζ.Ν.Χ. υψηλής θερμοκρασίας για τη διαδικασία της παραγωγής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μέσα από τρία σενάρια επιλογής εγκατάστασης προκειμένου να βρεθεί η καταλληλότερη επιλογή. Το ιδανικότερο από τα τρία μπορεί να είναι αποτέλεσμα τόσο της ικανότητας ζωτικότητας όσο και της οικονομικής έρευνας. Για το λόγο αυτό μέσω ερευνών και υπολογισμών μελετάτε η ζωτικότητα και στη συνέχεια ο υπολογισμός του Κόστους Κύκλου Ζωής, βάσει του οποίου επιτυγχάνεται η οικονομοτεχνική αξιολόγηση. Καθώς η λειτουργία αυτής της βιομηχανίας είναι εξαιρετικά δαπανηρή και έχει μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις έτσι λοιπόν κύριος στόχος είναι η μείωση του χρηματικού της κόστους.

1.5 Αντικείμενο της εργασίας

Η διατριβή ανοίγει με ορισμένα στοιχεία σχετικά με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) τόσο παγκοσμίως όσο και εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με έμφαση στον μεταποιητικό τομέα. Στη συνέχεια, η προσοχή στρέφεται στην εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα.

Το δεύτερο κεφάλαιο δίνει περιπτώσεις επιχειρήσεων που έχουν χρησιμοποιήσει ηλιακά συστήματα θέρμανσης για να καλύψουν είτε τις ανάγκες τους σε θέρμανση και ψύξη. Αντίθετα, υπάρχει ένα εκτενές άρθρο για ορισμένες ηλιακές θερμικές μελέτες.

Η παρούσα διατριβή αφορά την ηλιακή ενέργεια. Ως αποτέλεσμα, απαιτείται μια γρήγορη αναφορά της ηλιακής ενέργειας και της μετατροπής της σε θερμική. Στη συνέχεια εξετάζονται τα βασικά στοιχεία ενός ηλιακού θερμικού συστήματος, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους.

Μια πλήρης περιγραφή του τρέχοντος μέλλοντος της υπό εξέταση αγοράς δίνεται στο τέταρτο κεφάλαιο. Αναφέρεται η κύρια παραγωγική της δραστηριότητα, καθώς

και ο Η/Μ εξοπλισμός της. Επιπλέον, τα θερμικά φορτία υπολογίζονται λεπτομερώς ώστε το ηλιακό θερμικό σύστημα να μπορεί να διαστασιολογηθεί.

Οι τρεις υπό διερεύνηση καταστάσεις περιγράφονται παρακάτω. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνονται αργότερα λεπτομερώς, επιτρέποντας τον προσδιορισμό του καλύτερου σεναρίου εγκατάστασης ενέργειας.

Στη συνέχεια ακολουθεί η οικονομοτεχνική ανάλυση, η οποία περιλαμβάνει τον υπολογισμό του Κόστους Κύκλου Ζωής για κάθε σενάριο. Ο στόχος εδώ είναι να προσδιοριστεί η πρώτη και πιο αξιόλογη επιλογή. Τέλος, αναλύονται τα συμπεράσματα της εργασίας

1.6 Βιβλιογραφική έρευνα

Μετά από έρευνα, ανακαλύφθηκε ότι υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός εγγράφων που συζητούν τη διαστασιολόγηση και τη χρήση των ηλιακών θερμικών συστημάτων στη βιομηχανία για θερμικές και ψυκτικές εργασίες. Η εγκατάσταση ηλιακού θερμικού συστήματος είναι ένα μείζον θέμα ενασχόλησης μεταξύ των ερευνητών τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Αρκετές βιομηχανίες έχουν κατασκευάσει συστήματα ηλιακής θέρμανσης αποσκοπώντας την μείωση και την εξάρτησή τους από ορυκτά καύσιμα. Για του λόγου το αληθές λοιπόν παραθέτονται τα εξής παραδείγματα:

Στην περίπτωση Allegro S.A. η οποία βρίσκεται στην Αθήνα, στην περιοχή της Μεταμόρφωσης. Η κύρια ενασχόληση της είναι εισαγωγής παιδικών ενδυμάτων (πλύσιμο, σιδέρωμα, επιλογή και διαχωρισμός). Για το πλύσιμο των ρούχων χρησιμοποιείται ζεστό νερό σε μια περιοχή από 40 έως 90 βαθμούς Κελσίου. Η χρήση ΖΝΧ απαιτεί 0,7 m³ νερού την ημέρα. Επιπλέον, η παροχή νερού στον εξοπλισμό χρησιμοποιείται για τη διαδικασία σιδερώματος. Ο ατμός παράγεται από ένα λέβητα που λειτουργεί με λάδι. Μια δεξαμενή ζεστού νερού 500 λίτρων στο λεβητοστάσιο παρέχει κρύο νερό στο λέβητα. Η κατανάλωση νερού του λέβητα αναμένεται να είναι 1,4 m³ την ημέρα. Ένα ηλιακό θερμικό σύστημα εγκαταστάθηκε το 1993 έχοντας ως σκοπό την εξοικονόμηση ορυκτού καυσίμου. Το σύστημα αποτελούνταν από:

- Επιλεκτικούς επίπεδους συλλέκτες(55 m²) ανοιχτού κυκλώματος βρόχου χρησιμοποιώντας ανοιχτό δοχείο διαστολής με μέσο μεταφοράς της θερμότητας το νερό.
- Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού 1.500 λίτρων με εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας που βρισκόμενο και αυτό επίσης στην οροφή.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι με την εγκατάσταση του εν λόγω ηλιακού θερμικού συστήματος, η βιομηχανία Allegro S.A. μείωσε την κατανάλωση καυσίμου κατά περίπου 16% (Μ. Καράγιωργας κ.ά., 2001).

Ένα άλλο επίσης εύλογο παράδειγμα είναι η περίπτωση του οινοποιείου Achaia Clauss S.A. βρισκόμενο στη περιοχή της Πάτρας . Η κύρια ενασχόληση του είναι η παραγωγή κρασιού. Κατά τις διαδικασίες παραγωγής υπάρχει μεγάλη ανάγκη ζεστού νερού με τις θερμοκρασίες να κυμαίνονται μεταξύ 60-75 ° C για την πλύση και την απολύμανση των μπουκαλιών. Αυτές οι εργασίες απαιτούν 10 m³ ζεστού νερού κάθε μέρα. Το ζεστό νερό παρέχεται από λέβητα ορυκτών πόρων(πετρέλαιο) , ο οποίος βράζει το νερό σε δύο δεξαμενές αποθήκευσης 3.000 λίτρων στο λεβητοστάσιο που συνδέονται παράλληλα. Η επιχείρηση εγκατέστησε ένα ηλιακό θερμικό σύστημα το 1993:

- Κύκλωμα κλειστού βρόχου με ανοιχτό δοχείο διαστολής και υγρό μεταφοράς θερμότητας γλυκόλης-νερού συνδεδεμένο με ηλιακούς επίπεδους συλλέκτες μαύρης επικάλυψης 308 m² στην οροφή.
- Δύο δεξαμενές ζεστού νερού χωρητικότητας 3.000 λίτρων, η καθεμία με έναν εσωτερικό εναλλάκτη συνδεδεμένες μεταξύ τους παράλληλα.

Διαθέτει επιπλέον ένα τμήμα διανομής, το οποίο διασυνδέει τις δεξαμενές χωρητικότητας των συστημάτων με τις υπάρχουσες δεξαμενές χωρητικότητας. Ως εκ τούτου, όταν το νερό μέσα στα δοχεία των πεδίων που κινούνται με τον ήλιο ξεπερνά τη θερμοκρασία του νερού στα υπάρχοντα δοχεία χωρητικότητας, ενεργοποιείται μια αντλία που κυκλοφορεί το ζεστό νερό από τα ηλιακά πεδία σε αυτά τα δοχεία. Με αυτόν τον τρόπο, το ζεστό νερό που δημιουργείται από τους συλλέκτες εν μέσω των ωρών που το εργοστάσιο παραγωγής δεν λειτουργεί, αξιοποιείται για εξοικονόμηση ζωτικότητας τις πρώτες πρωινές ώρες, καθώς

απαιτείται λιγότερη ζωτικότητα από τον εξατμιστή. Το ηλιακό θερμικό σύστημα χρησιμοποιήθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα τις τάξεις των 6 χρόνων φτάνοντας να αποδίδει 300 kWh / έτος / m² και βαθμό επάρκειας περίπου 24%. Λόγω όμως ανύπαρκτης συντήρησης με την πάροδο του χρόνου επήλθαν βλάβες διαβρώσεις και φθορές στον σκελετό και στο σύστημα, με αποτέλεσμα να σταματήσει η λειτουργία του (Μ. Καράγιωργας κ.ά., 2001).



Εικόνα 1.7: Απεικόνιση εγκατάστασης ηλιοθερμικού συστήματος στην βιομηχανία «Achaia Clauss S.A.» (Καράγιωργας Μ. κ.ά., 2001)

Τέλος στη Κύπρο και πιο συγκεκριμένα στην Λευκωσία. Σε μια επιχείρηση που ονομάζεται «L'Amor Rouge Bakers» πραγματοποιήθηκε μια εγκατάσταση ενός ηλιοθερμικού συστήματος για να καλύψει τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης μιας βιομηχανίας ζαχαροπλαστικής και αρτοποιίας. Η γραμμή παραγωγής αποτελείται από την κουζίνα τον χώρο των φούρνων το ζαχαροπλαστείο, τους χώρους εργασίας και τους χώρους παροχής και διανομής. Η εγκατάσταση πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2006 έχοντας συμπεριλάβει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Συλλέκτες σωλήνων κενού 120 m² για τον κλιματισμό σε 276 m² χώρου.
- Δεξαμενή χωρητικότητας 7 m³ ζεστού νερού χρησιμοποιώντας εσωτερικό θερμό εναλλάκτη.

Από τη συνολική απαίτηση ενέργειας της βιομηχανίας, το 58% των αναγκών της για θέρμανση και ψύξη εξασφαλίζεται από το πεδίο του ηλιοθερμικού της συστήματος. Ένα επιτακτικό σημείο που θα έπρεπε να είναι γνωστό είναι ότι με την εγκατάσταση και την χρήση του εν λόγω συστήματος επιτεύχθηκε σημαντική μείωση των εκπομπών CO₂ κατά σχεδόν 23,44 τόνους ετησίως και όσον αφορά τον χρόνο απόσβεσης της να αναφερθεί ότι ανέρχεται στα 8 χρόνια (Tsoutsos T . et al., 2009).

Παρακάτω παρατίθενται μερικές φωτογραφίες με ηλιοθερμικών συστημάτων ως παραδείγματα:



GREECE - 1MW

Εικόνα 1.8: Απεικόνιση εγκατάστασης ηλιοθερμικού συστήματος (metaloumin.gr)



Εικόνα 1.9:Θερμικό ηλιακό σύστημα(<https://greenagenda.gr>)



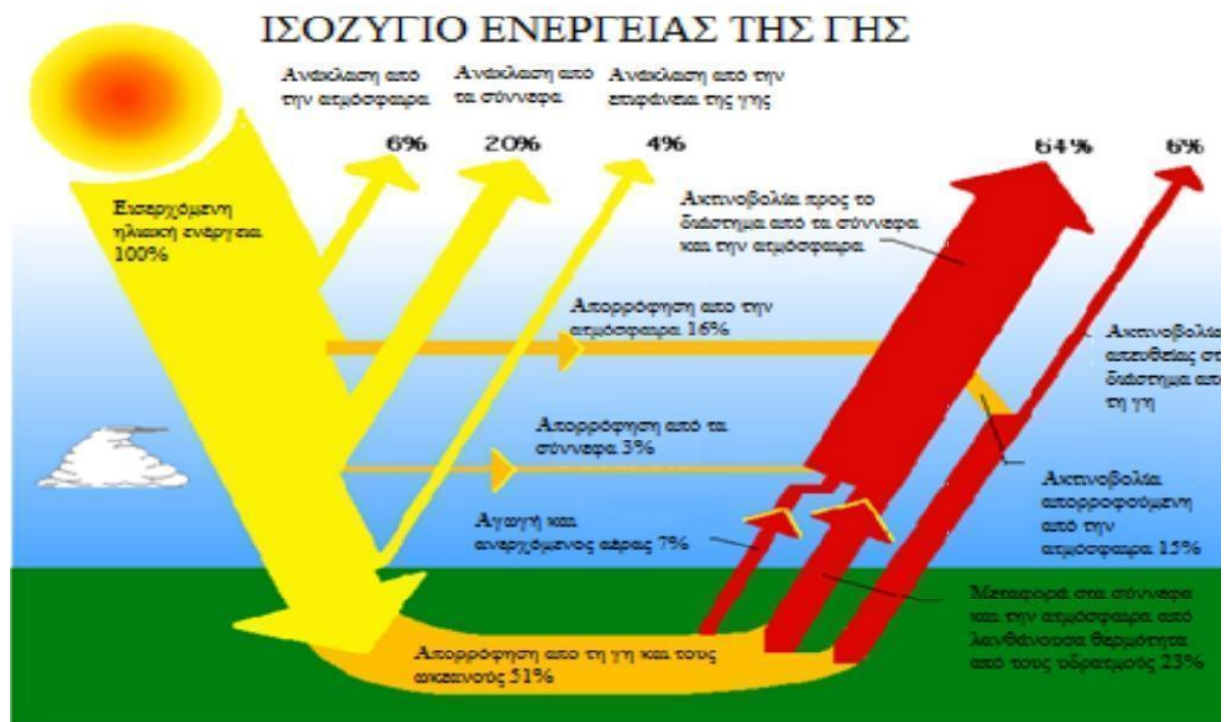
Εικόνα 1.10:Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σε βιομηχανική στέγη στο ΒΙΟΠΑ Κερατέας 99,8 kw (<https://www.georvthmiki.gr>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ο Ήλιος και τα παράγωγά του

Η ζωτικότητα δηλαδή η ενέργεια και τα παράγωγά της που προέρχονται από τον ήλιο είναι αυτά που χαρακτηρίζονται ως ηλιακή ενέργεια. Ηλιακή ενέργεια διαχωρίζεται σημείο τομείς: Την θερμική και την φωτεινή. Αυτές οι ενέργειες μεταδίδονται στον πλανήτη μας στο έδαφος μέσω της ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια είναι η μεγαλύτερη και ανεξάντλητη ανανεώσιμη μορφή ενέργειας στον πλανήτη μας καθώς η ποσότητα ισχύος που ακτινοβολείται αγγίζει δισεκατομμύρια kW. Ο ήλιος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένας πελώριος αντιδραστήρας ατομικής σχάσης, Λόγω του ότι εξαιρετικά τεράστιες ποσότητες υδρογόνου τις τάξεως (657 εκατομμύρια τόνοι) εκρήγνυνται συνεχώς, μετατρέπόμενοι σε 653 τόνους ηλίου. Αυτή η καύση είναι τόσο δυνατή που κάθε τετραγωνικό μέτρο του ήλιου εκπέμπει σχεδόν 52.500 kW. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος παραγωγής ενέργειας θα πρέπει να καίγεται ανά δευτερόλεπτο, η ετήσια παραγωγή λιγνίτη της γης 11 δισεκατομμύρια φορές. Λόγω του άξονα της γης Και της περιστροφής της γύρω από αυτόν, η ακτινοβολία που λαμβάνεται από τον ήλιο έχει μια ιδιαιτερότητα: η ενέργεια που καταφθάνει δείχνει μια διαφορά στον χρόνο, μεταξύ της ισχυρότερης και υψηλότερης τιμής κατά τη διάρκεια της ημέρας και μιας ελάχιστης στα όρια της μηδενικής κατά τη διάρκεια της νυκτός. Συμπληρωματικά επίσης υπάρχει διαφορά στην ποσότητα της ακτινοβολίας η οποία είναι εξαρτώμενη από τη γεωγραφική θέση της κάθε περιοχής και το χρονικό εκείνης της στιγμής ανάλογα με την εποχή στην οποία βρισκόμαστε. Η ακτινοβολία που καταφθάνει στη γη είναι διάχυτη και πενιχρή. (Amarantos P. et al., 2006). Η ισχύς της συμπυκνωμένης ακτινοβολίας που χτυπάει σε 1 τετραγωνικό μέτρο είναι 1.400 W (Recknagel και Sprenger, 1989). Αυτές οι δύο ιδιότητες, η χρονική διαφορά και το φτωχή σε πυκνότητα ηλιακή ακτινοβολία, είναι οι κύριοι λόγοι που εμφανίζονται και μας προβληματίζουν στις πραγματικές χρήσεις του μετασχηματισμού της ηλιακής ακτινοβολίας σε διαφορετικούς τύπους ενέργειας, όπως θερμική, ηλεκτρική κ.λπ..(Amarantos P. et al., 2006).

Από το συνολικό άθροισμα της ηλιακής ακτινοβολίας που μεταδίδεται από τον ήλιο, μόνο το ήμισυ αφομοιώνεται από τη γη και τις θάλασσες (Εικόνα 2.1). Οι υπόλοιποι μέσω της αντανάκλασης επιστρέφει στο διάστημα και χάνεται. Εν κατακλείδι η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που είναι εκμεταλλεύσιμη από τον άνθρωπο είναι η απορροφημένη. (Κ.Π.Ε., 2008).



Εικόνα 2.1: Ηλιακή ακτινοβολία (Κ.Π.Ε., 2008)

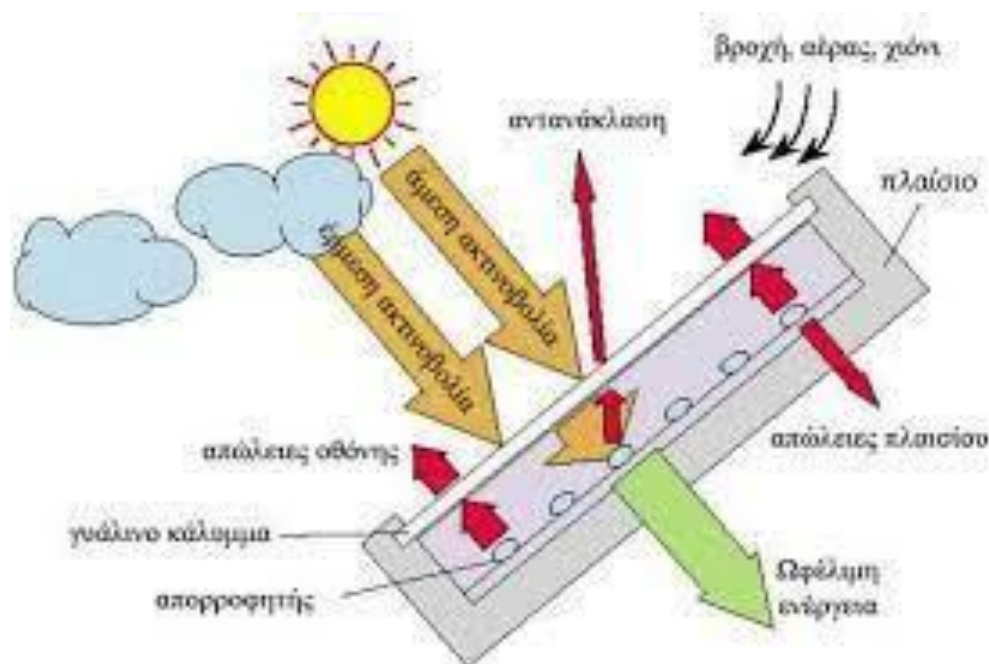
2.2 Χειραγώγηση και χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας

Η υπερχειλίση και γενναιοδωρία του ήλιου σε ποσότητες ηλιακής ενέργειας στη γη ώθησε τους επιστήμονες στην δημιουργία ενός σχεδίου για να έχουν την επιλογή να εκμεταλλευτούν την ενέργεια που εκπέμπεται. Η έρευνα συνεχίζεται μέχρι τώρα, για τη χρήση ενός αυξανόμενου επιπέδου ενέργειας που βασίζεται στην ακτινοβολία του ήλιου. Κατά συνέπεια δημιουργήθηκαν δύο σημαντικά πεδία. (Amarantos P. et al., 2006) :

- 1) Η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στο νερό και σε γενικές γραμμές χαμηλής θερμοκρασίας θερμότητα, με χρήση ηλιακών θερμών σκελετών.
- 2) Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική (φωτοβολταϊκά στοιχεία είτε μέσω της ανάπτυξης υπερέυλης θερμοκρασίας υπέρθερμου ατμού είτε μέσω θερμοηλεκτρικών εξαρτημάτων).

Αυτή η διπλωματική επικεντρώνεται γύρω από την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών νερού. Επομένως, γίνεται μεγαλύτερη εξέταση για στο εν λόγω πεδίο.

Η πιο ευρέως αναγνωρισμένη μέθοδος χρήσης ενέργειας με βάση τον ήλιο για τη δημιουργία υψηλής θερμοκρασίας νερού είναι οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες. Οι προαναφερόμενες συσκευές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ακτινοβολία του ήλιου και να την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια του υγρού που χρησιμοποιούμε (συνήθως νερό). Διαθέτουν απορροφητική ουσία αλουμινίου που εμποδίζει την ακτινοβολία, ενώ παράλληλα θερμαίνει και μεταφέρει θερμότητα στο νερό που το διέρχεται. Η χαμηλή απαγωγή θερμότητας εξασφαλίζεται από τη μοναδική επίστρωση και μόνωση. Οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν βαθμολογία απόδοσης 90%. (Amarantos P. et al., 2006).



Εικόνα 2.2: Αρχή λειτουργίας ηλιακού θερμικού συλλέκτη
(ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ)

**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ "ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ"
ΚΡΑΣΣΑΣ ΜΙΧΑΗΛ 2020.)**

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2, η ποσότητα ενέργειας που λαμβάνει ο συλλέκτης από την ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από μια ποικιλία παραμέτρων. Εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

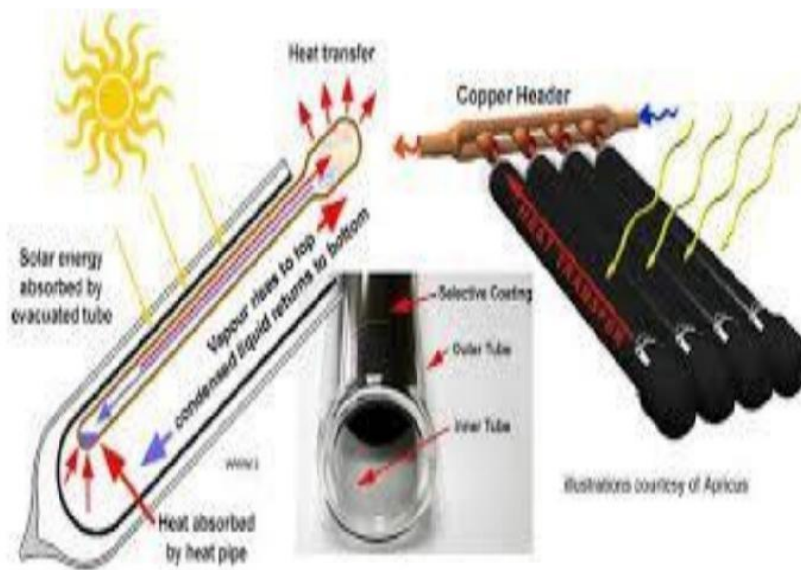
1. Την ποσότητα του ηλιακού φωτός
2. Την κατεύθυνση
3. Την κλίση του συλλέκτη ως προς το οριζόντιο δάπεδο.
4. Τις καιρικές συνθήκες (Κατσαπρακάκης Δ., 2015).

2.3 Ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες

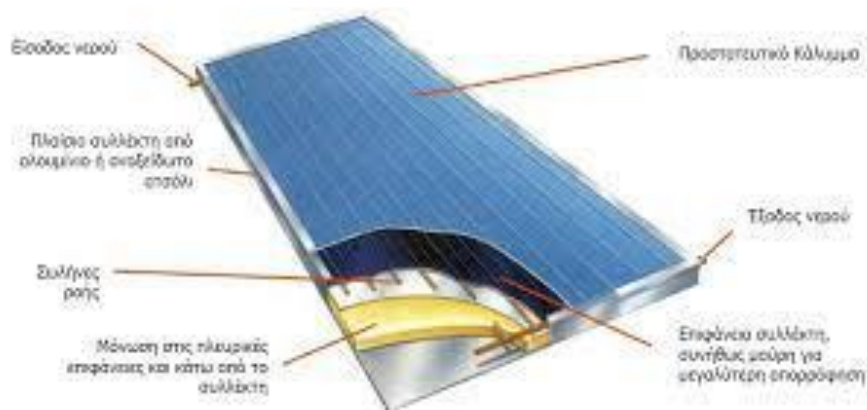
Οι συλλέκτες για χρήση σε ένα ηλιακό θερμικό σύστημα αποτελούν μέρος της μεγαλύτερης ομάδας μη συγκεντρωμένων συλλεκτών, η οποία θα συζητηθεί λεπτομερέστερα. Οι κεντρικοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (φωτοβολταϊκά συστήματα), αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ζεστού νερού σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Τα ακόλουθα είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ηλιακά πάνελ σε ηλιακά θερμικά συστήματα (Amarantos P. et al., 2006):

- 1) **Συλλέκτες σωλήνων κενού:** Είναι κατασκευασμένοι από κυλινδρικό μαύρο γυαλί που περικλείεται σε άλλο κομμάτι προστατευτικού γυαλιού. Οι απώλειες αγωγιμότητας και αγωγιμότητας εξαλείφονται με τη δημιουργία ενός χώρου μεταξύ τους, ενώ οι απώλειες ακτινοβολίας μειώνονται με τη χρήση κατάλληλου εξωτερικού καλύμματος (εικόνα 3.3). Για αυτό, καθώς και για εξοπλισμό ηλιακού συστήματος ή βιομηχανικές διεργασίες, οι συλλέκτες σωλήνων κενού έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν θερμοκρασίες νερού έως και 120°C πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- 2) **Επίπεδοι συλλέκτες:** Οι επίπεδοι συλλέκτες χωρίζονται σε δύο ομάδες με βάση το μέσο εργασίας: α) αέρα και β) υγρό. Οι συλλέκτες υγρών αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία. Ο αριθμός των διαφανών καλυμμάτων (0,1,2) και ο τύπος της επιφάνειας απορρόφησης (απλή, με

ειδική βαφή, επικάλυψη με επιλεκτική ουσία) παράγουν διαφορετικούς συλλέκτες (εικόνα 2.4). Για αυτό, και η χρησιμοποιούνται για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και θέρμανση χώρου, οι επίπεδοι συλλέκτες έχουν τη δυνατότητα να ανεβάσουν τη θερμοκρασία του νερού έως και 70°C σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

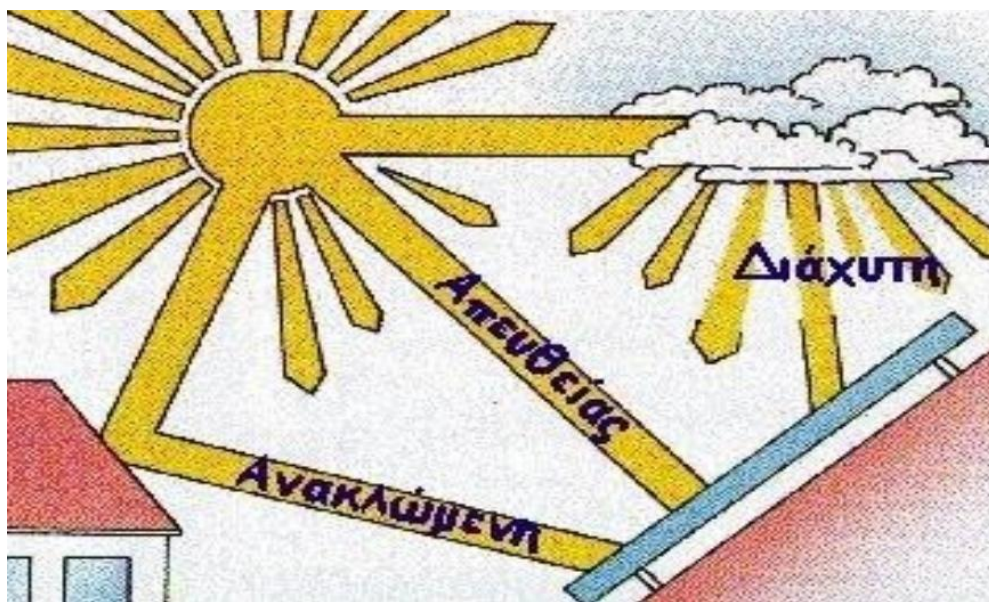


Εικόνα 2.3: Συλλέκτης κενού (Μιλιτσάρης Β., 2013)



Εικόνα 2.4: Επίπεδος συλλέκτης (Εφαρμογές Θερμικών Ηλιακών στον Κτιριακό Τομέα <http://www.solair-project.eu/>)

Οι ηλιακοί συλλέκτες λειτουργούν με την καλύτερη απόδοση όταν εκτίθενται σε υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. μια καθαρή μέρα), αλλά μπορούν επίσης να λειτουργήσουν σε συννεφιασμένο καιρό (π.χ. μόνο με διάχυτη ακτινοβολία), ωστόσο η απόδοσή τους είναι πολύ μειωμένη. Η κλίση του συλλέκτη θα πρέπει να είναι τέτοια που να δέχεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κατακόρυφη επίδραση του άμεσου ηλιακού φωτός στην επιφάνειά του, επιτρέποντας όσο το δυνατόν περισσότερη την αύξηση ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που μπορεί να εκμεταλλευτεί. Για την αποφυγή υπερβολικής σκιάς, τα ηλιακά πάνελ είναι προσανατολισμένα προς τα νότια, με κλίση 45-60 τοις εκατό προς τον ορίζοντα, για βέλτιστη απορρόφηση της ακτινοβολίας από τον ήλιο (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2011).

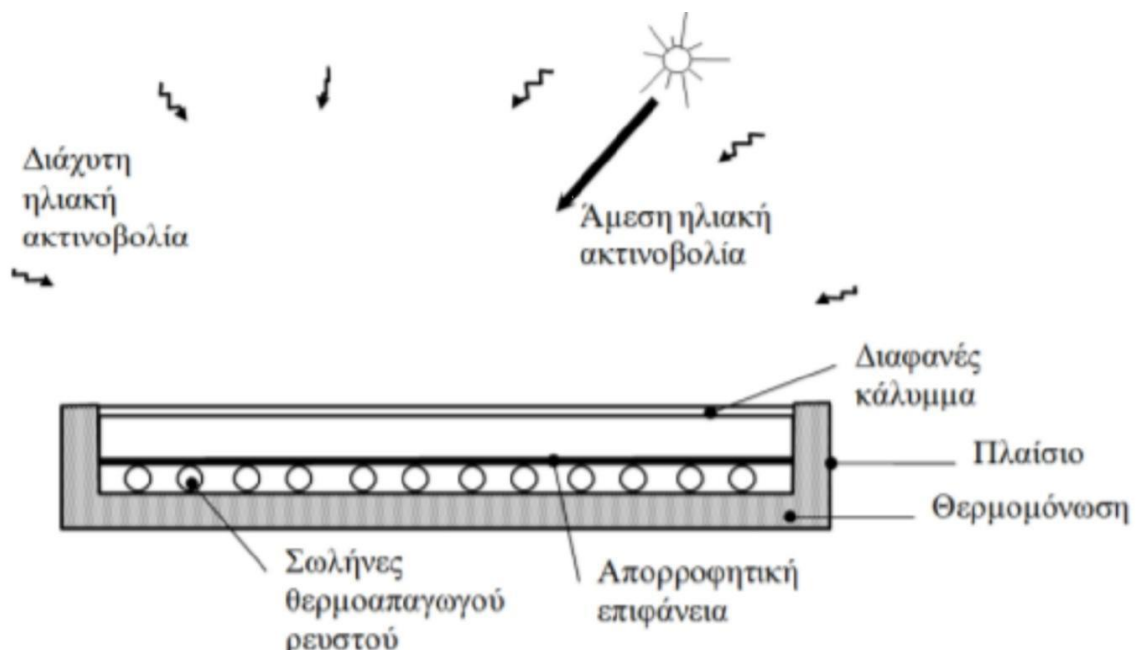


Εικόνα 2.5: Απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία από συλλέκτη (Στεργιόπουλος Σ., 2018)

Τα μέρη ενός ηλιακού συλλέκτη είναι τα εξής (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2011):

1. **Ο σκελετός** πρέπει να είναι υδατοστεγής και ανθεκτικός στη διάβρωση. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται συνήθως ως δομικό υλικό.
2. **Θερμομόνωση κουκούλας:** Χρησιμοποιείται για τη μείωση της απώλειας θερμότητας από το πίσω μέρος του συλλέκτη.
3. **Απορροφητής:** Η απορροφητική επιφάνεια και οι σωλήνες μέσω των οποίων κυκλοφορεί το ρευστό μεταφοράς θερμότητας αναφέρονται ως απορροφητές. Συνήθως, χρησιμοποιούνται σωλήνες χαλκού και πλάκες απορρόφησης αλουμινίου, με αποτέλεσμα υψηλή απόδοση (80 τοις εκατό - 98 τοις εκατό). Για να μειωθούν οι αντανακλάσεις στην επιφάνειά του, ο απορροφητής είναι μαύρος.
4. **Κάλυμμα:** Είναι ένα ημιδιαφανές (γυάλινο) κάλυμμα που λειτουργεί ως προστατευτικό κάλυμμα και μειώνει τις απώλειες θερμότητας του απορροφητήρα στο περιβάλλον από την κύρια πλευρά του συλλέκτη. Αυτό το ημιδιαφανές κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο διαπερατό στο φως του ήλιου χαμηλού μήκους κύματος, ενώ είναι αδιαπέραστο από τη μακροχρόνια θερμική ακτινοβολία.

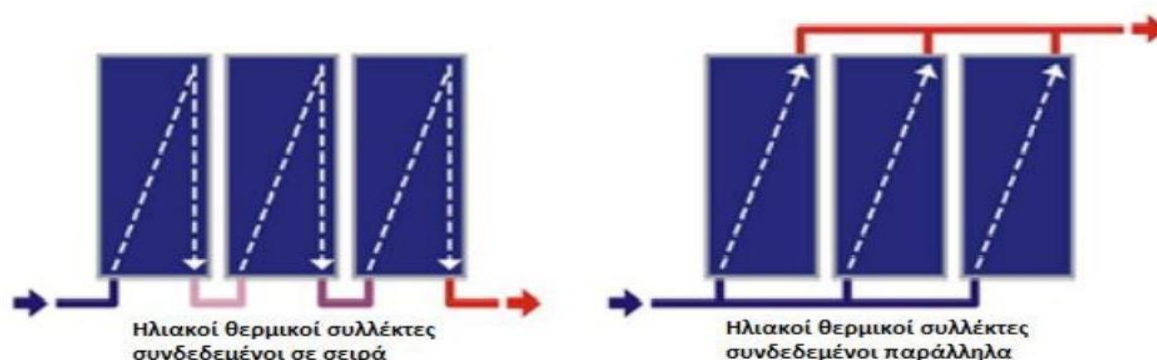
Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά του συλλέκτη παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2.6: Υλικά κατασκευής τυπικού ηλιακού θερμικού συλλέκτη (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)

Συνδεσμολογία ηλιακών πάνελ (συλλεκτών)

Τα ηλιακά πάνελ μπορούν να συνδεθούν σε ένα ηλιακό θερμικό σύστημα είτε σε σειρά είτε παράλληλα (Koussa Mustapha et al., 2015).



Εικόνα 2.7: Μορφολογία σύνδεσης ηλιακών θερμικών συλλεκτών (Koussa M. et al.,)

Όταν οι ηλιακοί συλλέκτες συνδέονται σε σειρά, η πρώτη είσοδος του συλλέκτη προέρχεται από την έξοδο της δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού. Η έξοδος του πρώτου συλλέκτη χρησιμεύει στη συνέχεια ως είσοδος στον δεύτερο συλλέκτη και ούτω καθεξής, έως ότου ο τελευταίος συλλέκτης του ηλιακού συστήματος χρησιμεύσει ως είσοδος στη δεξαμενή αποθήκευσης. Σε αυτήν την περίπτωση σύνδεσης των συλλεκτών, η πτώση πίεσης που πρέπει να καλύψει η αντλία αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των ηλιακών συλλεκτών, κάτι που απαιτεί προσοχή στην επιλογή του κατάλληλου μεγέθους αντλίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Με τη χρήση σειριακής σύνδεσης επιτυγχάνεται υψηλότερη θερμοκρασία νερού.

Όταν τα ηλιακά πάνελ συνδέονται παράλληλα, όλα τα ηλιακά πάνελ τροφοδοτούνται ταυτόχρονα από ένα μέρος του νερού από τη δεξαμενή αποθήκευσης στην οποία είναι συνδεδεμένα, μέσω του κύριου συλλέκτη εισαγωγής του δικτύου. Το νερό από τα ηλιακά πάνελ διοχετεύεται στη συνέχεια στον

συλλέκτη και επιστρέφει αμέσως στο δοχείο αποθήκευσης. Η θερμοκρασία του ζεστού νερού είναι χαμηλότερη εδώ από ό,τι στη σύνδεση σειράς.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ανιχνεύεται ένα μείγμα των δύο συνδέσεων που δημιουργήθηκαν προηγουμένως. Για να επιτευχθεί ένα ορισμένο επίπεδο θερμοκρασίας, αυτός ο συνδυασμός χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές. Υπάρχουν περιορισμοί στην τρέχουσα ρύθμιση, όχι μόνο ως προς την απώλεια θερμότητας, αλλά και ως προς την ικανότητα της αντλίας να αντέχει τις μειώσεις πίεσης του συστήματος. Η υπερβολική πτώση πίεσης θα πρέπει να αποφεύγεται κατά τη διαστασιολόγηση της συνδυασμένης σύνδεσης, καθώς αυτό πιθανότατα θα βλάψει την κυκλοφορία του νερού, την κατανάλωση της αντλίας και τη διάρκεια ζωής της αντλίας (Koussa Mustapha et al., 2015).

2.4 Δοχεία για την αποθήκευση ζεστού νερού

Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία ενός ηλιακού θερμικού συστήματος είναι η δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού. Επειδή η σχέση μεταξύ της ζήτησης θερμικής ενέργειας και της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας καθυστερεί, η χρήση τους θεωρείται απαραίτητη. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν σημαντικά υψηλότερα θερμικά φορτία τους χειμερινούς μήνες από ό,τι τους καλοκαιρινούς και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι χαμηλότερη, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συνεχή αποθήκευση ενέργειας από το ηλιακό πεδίο. Κύριο μέλημα είναι να αποθηκεύεται όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ενέργεια σε περιόδους που η ζήτηση ενέργειας είναι χαμηλή και στη συνέχεια να μην παρέχεται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά στη συνέχεια (Peuser Felix A. et al. 2010).

Ακολουθούν οι απαιτήσεις για τα δοχεία αποθήκευσης (Peuser Felix A. et al., 2010):

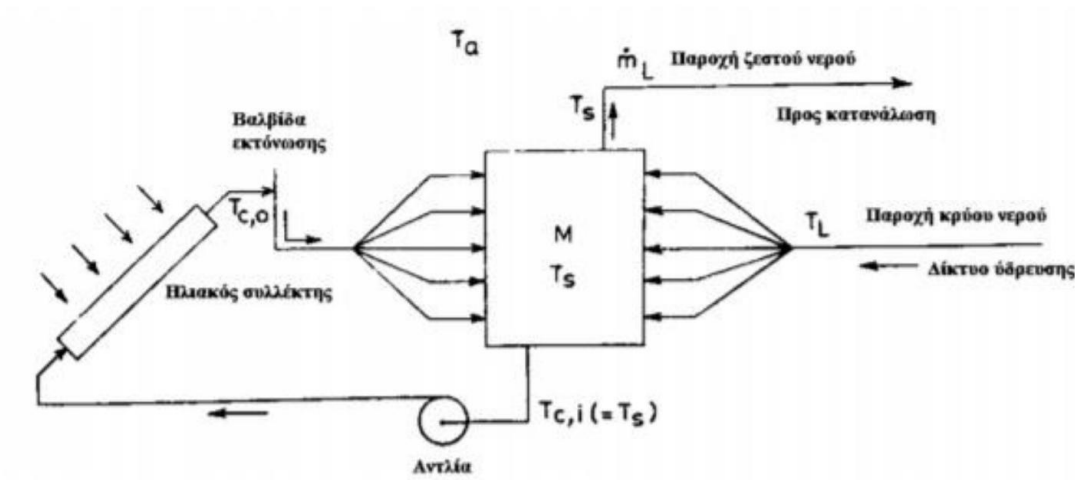
- 1) Δοχείο με καλή θερμική διαστρωμάτωση.
- 2) Τα μέσα αποθήκευσης να έχουν υψηλή θερμική ικανότητα.
- 3) Εξαιρετική απόδοση θερμότητας.
- 4) Άριστη θερμομόνωση.
- 5) Λογικές τιμές και άμεσα διαθέσιμα.

- 6) Ένας κύκλος ζωής 50 ετών είναι ιδανικός για ολόκληρο το ηλιακό σύστημα.
- 7) Οι δομικές παραλλαγές για δοχεία αποθήκευσης ζεστού νερού είναι οι εξής. (Garg et al. (1985):
- 8) Χωρίς τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας, χρησιμοποιείται δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού.
- 9) Εσωτερικός εναλλάκτης θερμότητας σε δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού (πηνίο).
- 10) Ένας εξωτερικός εναλλάκτης θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού.

Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού χωρίς τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας

Τα δοχεία αποθήκευσης είναι γνωστά ως δοχεία ανοιχτού κυκλώματος ή δοχεία ανάμειξης σε συστήματα που δεν περιλαμβάνουν εναλλάκτη θερμότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το υγρό ρέει μέσα και έξω από τη δεξαμενή αποθήκευσης, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία εισαγωγής του ηλιακού συλλέκτη να είναι ίδια με αυτή της δεξαμενής (T_s). Από τα προηγούμενα, είναι σαφές ότι το ρευστό που μεταφέρει και επιστρέφει την ηλιακή θερμότητα είναι το ίδιο και είναι το νερό.

Αυτή ήταν επίσης η πρώτη κτιριακή διάταξη που χρησιμοποιήθηκε σε ηλιακά θερμικά συστήματα, οδηγώντας στην απλούστερη έκδοση (εικόνα 3.9) (Garg et al., 1985). (Κυριακή Ε., 2020).



Εικόνα 2.8: Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού χωρίς τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας (Garg et al., 1985)

Ο ρυθμός πρόσδοσης θερμότητας, αποδίδεται από την παρακάτω σχέση: $(\dot{Q}Q'c = (m'c_p)c \cdot F \cdot (T_{c0} - T_s)$

Όπου $(m'c_p)c$ δηλώνει τον ειδικό συντελεστή θερμότητας και την παροχή μάζας ρευστού μέσω του ηλιακού συλλέκτη.

Ο συντελεστής F είναι μια συνάρτηση ελέγχου με τον ακόλουθο ορισμό:

- Εάν η αντλία λειτουργεί, $F = 1$.
- Εάν η αντλία δεν λειτουργεί, $F = 0$.

Επίσης, σύμφωνα με τους (Garg et al. (1985), ο ρυθμός άντλησης θερμότητας υπολογίζεται ως εξής:

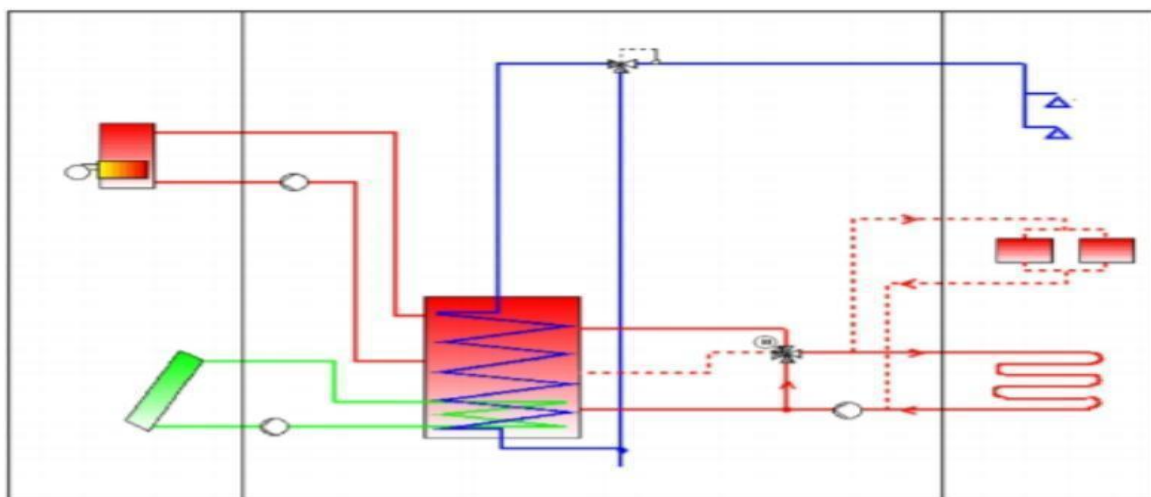
$$Q'1 = (m'c_p) l (T_s - T_w)$$

- Ο συντελεστής της ειδικής θερμότητας και του ρευστού παροχής μάζας του μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης είναι $(m'c_p)l$.
- T_s , η θερμοκρασία του υγρού μέσα στο δοχείο, καθώς και
- T_w , η θερμοκρασία του υγρού στο δημοτικό δίκτυο παροχής.

Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού με έναν εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας(σερπαντίνα).

Οι «έμμεσες δεξαμενές» είναι δοχεία αποθήκευσης ζεστού νερού με

ενσωματωμένους εναλλάκτες θερμότητας (Εικόνα 2.10). Η μορφή αυτών των εμπορευματοκιβωτίων ήταν συγκεκριμένη για τα ηλιακά συστήματα, καθιστώντας τα εξαιρετικά ακριβά. Ωστόσο, λόγω της ευρείας χρήσης τους σε ηλιακά θερμικά συστήματα, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με μια συμβατική πηγή (π.χ. λέβητα), αυτή η τεχνολογία έχει γίνει κυρίαρχη τα τελευταία χρόνια (Garg et al., 1985). (Κυριακή Ε., 2020).



Εικόνα 2.9: Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού με τη χρήση εσωτερικού εναλλάκτη θερμότητας-σερπαντίνα (Στεργιόπουλος Σ., 2018).

Το σχήμα αυτών των δοχείων προσφέρει κάποια σημαντικά οφέλη (Κυριακή Ε., 2020):

- Η εγκατάσταση είναι απλή. Επειδή δεν υπάρχει ανάγκη εγκατάστασης ξεχωριστού εναλλάκτη θερμότητας, τα έμμεσα δοχεία τοποθετούνται ευκολότερα.
- Είναι πιο συμπαγείς. Επειδή ο εναλλάκτης θερμότητας είναι ήδη ενσωματωμένος, τα έμμεσα δοχεία έχουν μικρότερο αποτύπωμα από αυτά που χρησιμοποιούν ξεχωριστό εναλλάκτη θερμότητας.
- Υπάρχει μόνο μία αντλία απαραίτητη. Δύο αντλίες είναι συνήθως απαραίτητες εάν κατασκευαστεί ένα δοχείο με εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας,

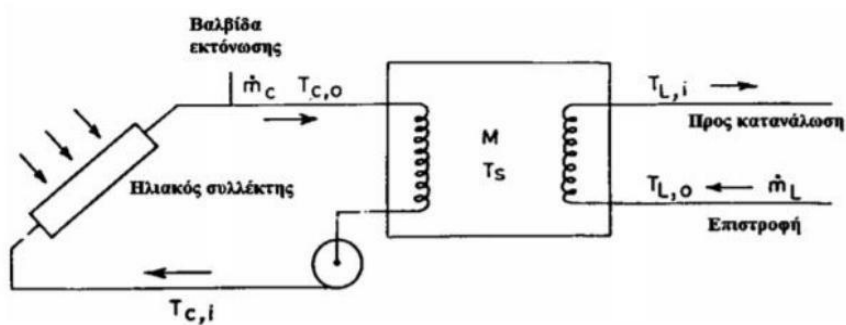
μία στην ηλιακή πλευρά και μία στην πλευρά του σπιτιού. Αυτό συνεπάγεται περισσότερες ταλαιπωρίες με την εγκατάσταση, περισσότερη συντήρηση και περισσότερα έξοδα ενέργειας για τη λειτουργία των αντλιών.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα σε αυτή τη μέθοδο:

- Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι αδύνατο να επισκευαστεί ή/και να συντηρηθεί.
- Μεγάλες απώλειες θερμότητας ανιχνεύονται ως αποτέλεσμα της υψηλής θερμοκρασίας του δοχείου και η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών μειώνεται.
- Για να επιτευχθεί άμεση παραγωγή ζεστού νερού, η θερμοκρασία του δοχείου θα πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Τα έμμεσα δοχεία διατίθενται σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, με τον σωλήνα σε σχήμα στυλό να είναι ο πιο διαδεδομένος. Επειδή ολόκληρη η επιφάνειά του έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό, ο σωλήνας συνήθως αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα, χαλκό ή εμαγιέ χάλυβα και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός. Για αυξημένη απόδοση, υπάρχουν δοχεία έμμεσης αποθήκευσης με ένα εναλλάκτη θερμότητας και με ένα μόνο "πηνίο" το κάτω μέρος, καθώς και εκείνα με διπλό εναλλάκτη θερμότητας που καλύπτει όλη την επιφάνεια του δοχείου (Garg et al., 1985).

Το σχήμα του συστήματος με εισόδους και εξόδους υγρών φαίνεται στο σχήμα 2.11.



Εικόνα 2.10: Ηλιοθερμικό σύστημα με τη χρήση εσωτερικού εναλλάκτη θερμότητας (Garg et al., 1985)

Η θερμοκρασία της εισόδου στον ηλιακό συλλέκτη (T_{ci}) δεν είναι ίδια με τη θερμοκρασία της δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού (T_s) σε αυτή την περίπτωση, όπως ήταν στην πρώτη. Ως αποτέλεσμα, ο ρυθμός φόρτισης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$Q'c = (m'c_p)c \cdot F \cdot (T_{c,o} - T_{c,i})$$

Όπου το $(m'c_p)c$ είναι ο παράγοντας θερμότητας και μάζας του ρευστού μέσω του ηλιακού συλλέκτη. Η απόδοση του εναλλάκτη διαμεσολαβείτε από τη μείωση της θερμοκρασίας του ρευστού στο κύκλωμα συλλέκτη καθώς κινείται μέσα στον εναλλάκτη θερμότητας μέσα στο δοχείο ($T_{c, o} - T_{c, i}$) Εάν χρησιμοποιείται ο ακόλουθος λόγος για τον υπολογισμό της πτώσης θερμοκρασίας:

$$(T_{c, o} - T_{c, i}) / (T_{c, o} - T_s) = 1 - \exp\left[-\frac{(U \cdot A)c}{(m'c_p)c}\right]$$

Όπου το $(U \cdot A)c$ είναι το ρευστό ηλιακού συλλέκτη που ρέει μέσα στον εναλλάκτη και το ρευστό μέσα στο δοχείο έξω από τον εναλλάκτη, αντιπροσωπεύει το γινόμενο της επιφάνειας και του συντελεστή εναλλάκτη θερμότητας του εναλλάκτη θερμότητας.

Η εξήγηση παρέχει επίσης το ρυθμό άντλησης θερμότητας:

$$Q'l = (m'c_p)l \cdot (T_{l,i} - T_{l,o})$$

Η αύξηση της θερμοκρασίας του κυκλώματος καταναλωτικής βιομηχανίας

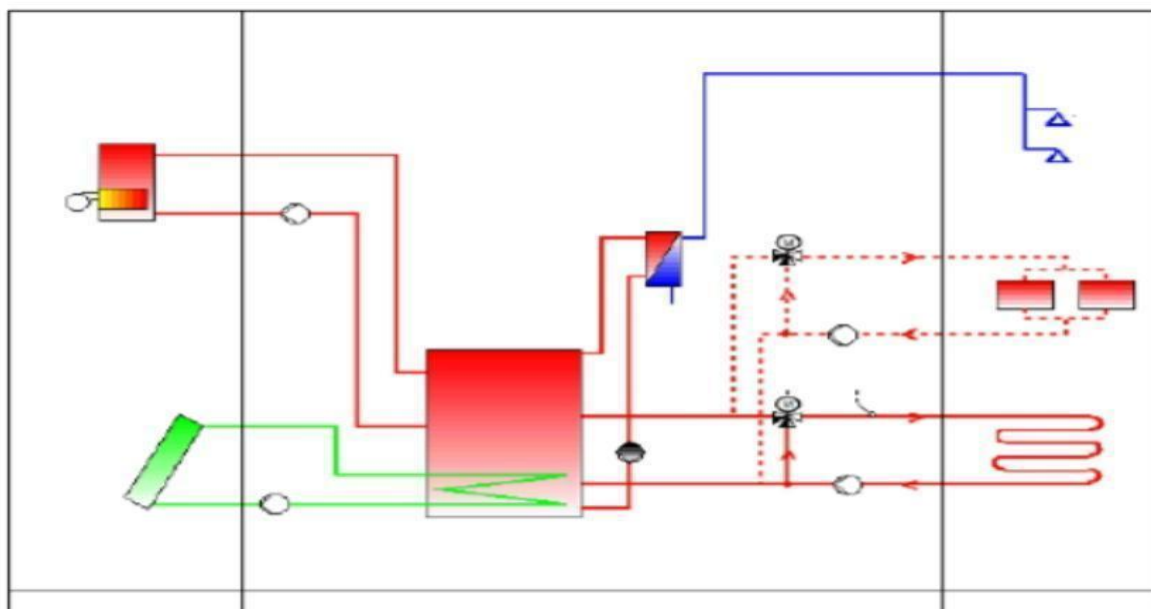
$(Tl,i - Tl,o)$,μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας τη συσχέτιση κατανάλωσης του εναλλάκτη θερμότητας βιομηχανίας ως εξής:

$$(Tl,i - Tl,o)/(Ts - Tl,o) = 1 - \exp[-(U \cdot A)l/(m' Cp)l]$$

Για το υγρό της δεξαμενής αποθήκευσης και το ρευστό μέσα στον εναλλάκτη θερμότητας, το $(U \cdot A)l$ σημαίνει το γινόμενο της επιφάνειας και τον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του εναλλάκτη θερμότητας στον τομέα κατανάλωσης (Garg et al., 1985).

Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού με έναν εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας.

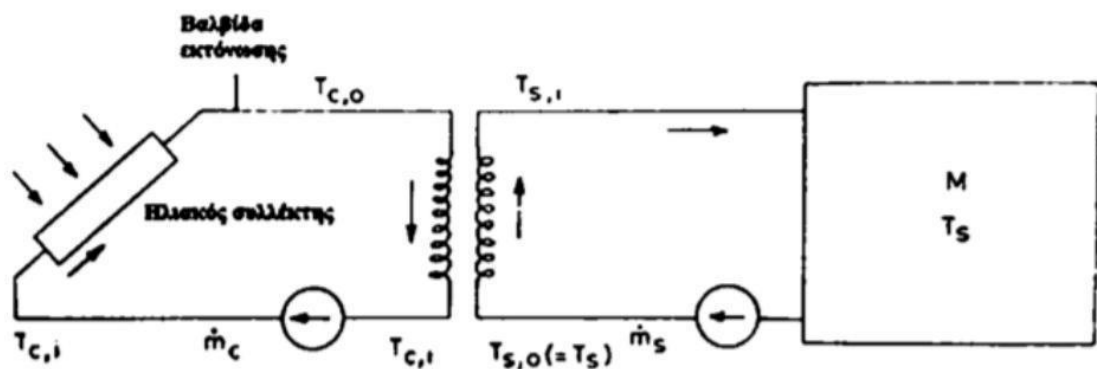
Όταν η ηλιακή ακτινοβολία αρχίζει να δρα σε αυτή τη διαμόρφωση, το κύκλωμα του συλλέκτη θερμαίνεται πρώτα. Το ρευστό (μίγμα γλυκόλης-νερού) στη συνέχεια αντλείται μέσω του εναλλάκτη θερμότητας, όπου θερμαίνεται από το κύκλωμα συλλέκτη και μεταφέρεται στο νερό στο δεύτερο κύκλωμα. Αυτό το νερό στη συνέχεια συγκρατείται στο δοχείο του συστήματος, δημιουργώντας εσωτερική θερμική διαστρωμάτωση του νερού (εικόνα 2.12). (Κυριακή Ε., 2020).



Εικόνα 2.11: Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού με τη χρήση εξωτερικού εναλλάκτη θερμότητας (Στεργιόπουλος Σ., 2018).

Επειδή είναι μια εξωτερική συσκευή, παράγει περισσότερη θερμότητα που χάνεται στο περιβάλλον. Το γεγονός ότι ο εναλλάκτης θερμότητας συνδέεται με τη δεξαμενή αποθήκευσης μέσω εξωτερικών σωλήνων οδηγεί επίσης σε αυξημένες απώλειες θερμότητας. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η απόδοση του ηλιακού θερμικού συστήματος μειώνεται.

Ωστόσο, ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι επιτρέπει την καλύτερη διατήρηση της διαστρωματοποίησης της θερμοκρασίας λόγω της αποτελεσματικότητας του ζεστού νερού σε διαφορετικά επίπεδα του δοχείου (Garg et al., 1985). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μορφολογικά το σύστημα



Εικόνα 2.12: Ηλιοθερμικό με τη χρήση εξωτερικού εναλλάκτη θερμότητας (Garg et al., 1985)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο τύπος που μας δίνει τον ρυθμό φόρτισης ($Q'c$) είναι ο εξής:

$$Q'c = (\dot{m}'Cp)c \cdot (T_{c,o} - T_{c,i}) = (\dot{m}'Cp)s \cdot (T_{s,i} - T_{s,o})$$

Η πτώση θερμοκρασίας ($T_{c,o} - T_{c,i}$) μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας (E), η οποία δίνεται από την εξίσωση:

$$E = (T_{c,o} - T_{c,i}) / (T_{c,o} - T_{s,o})$$

Σε σύγκριση με τον προηγούμενο υπολογισμό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πιο σύνθετη σύνδεση για την απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας. Ο κύριος και ο δευτερεύων κλάδος συνδέονται με μια παράμετρο (**X**) ως εξής (Garg et al., 1985) :

$$\mathbf{X} = \sqrt{((\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tc,i})/(\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tso}))^2 + ((\mathbf{Tsi} - \mathbf{Tso})/(\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tso}))^2}$$

Απαιτείται να διαγραφούν ορισμένοι όροι της εξίσωσης **Tc,i** και, **Tso** που προκύπτουν λόγω της παρουσίας του εναλλάκτη θερμότητας, προκειμένου να δημιουργηθεί σύνδεση μεταξύ της θερμοκρασίας εξόδου του συλλέκτη και της θερμοκρασίας της δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού. Όπως φαίνεται και παρακάτω:

$$(\mathbf{Tsi} - \mathbf{Tso})/(\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tc,i}) = (\mathbf{m' Cp})_c / (\mathbf{m' Cp})_s = \mathbf{R}$$

όπου από της παραπάνω σχέσεις προκύπτει :

$$(\mathbf{Tsi} - \mathbf{Tso})/(\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tc,i}) = \mathbf{R} \cdot \mathbf{E}$$

Οπότε:

$$\mathbf{X} = \sqrt{\mathbf{E}^2 \cdot (\mathbf{1} + \mathbf{R}^2)}$$

Και

$$\mathbf{E} = \sqrt{2 \cdot \mathbf{X}^2 + \mathbf{R}^2}$$

Έτσι λοιπόν καταλήγουμε ότι ο τύπος υπολογισμού του ρυθμού φόρτισης είναι :

$$\mathbf{Q'c} = (\mathbf{m' Cp})_c \cdot \mathbf{E} \cdot (\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tso})$$

Η ενέργεια που παρέχεται από τον ηλιακό συλλέκτη μπορεί να λάβει τις ακόλουθες μορφές με βάση τις ηλιακές παραμέτρους:

$$\mathbf{Q'c} = \mathbf{Ap} \cdot \mathbf{I} \cdot [\eta_0 - \mathbf{U} \cdot ((\mathbf{Tc,o} - \mathbf{Tc,i})/2) - \mathbf{T_o}].$$

Ορίζεται μια άλλη μεταβλητή (**Y**), η οποία είναι ο λόγος της επιφάνειας του ηλιακού συλλέκτη προς τη θερμότητα που μεταφέρεται ανά μονάδα διαφοράς

θερμοκρασίας του μέσου εργασίας και καθορίζει τη θερμοκρασία λειτουργίας του συλλέκτη:

$$Y = Ap(m' Cp)_c$$

Λαμβάνοντας τα πάντα υπόψη, αποδεικνύεται ότι η θερμοκρασία εξόδου του ηλιακού πάνελ, ισούται με:

$$T_{c,o} = T_{s,o} + YE \cdot I \cdot [\eta_0 - UI \cdot (T_{c,o} - T_{c,i2} - T_0)] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{c,o} = T_{s,o} + I \cdot [Y \cdot \eta_0 E] - T_{c,o} \cdot [UI \cdot Y2 \cdot E(2 - E)] + T_{s,o} \cdot [Y \cdot UI2] + U \cdot Y \cdot T_0 E \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{c,o} = I \cdot [Y \cdot \eta_0 E + UI \cdot Y - 12 \cdot UI \cdot Y \cdot E] + T_{s,o} \cdot [2 + Y \cdot UI2 + UI \cdot Y + 2 \cdot UI \cdot YE] + T_0 [Y \cdot UI E + UI \cdot Y - E \cdot UI \cdot Y2]$$

Άρα:

$$T_{c,o} = K1 \cdot I + K2 \cdot T_{s,o} + K2 \cdot T_0$$

Όπου:

- **I:** Προσπίπτουσα ακτινοβολία του ηλίου [*kwhm2*]
- **T_{s,o}:** Θερμοκρασία ρευστού κατά την έξοδο του δοχείου [°C]
- **T₀:** Θερμοκρασία περιβάλλοντος [°C]
- **T_{c,o}:** Θερμοκρασία εξόδου του συλλέκτη [°C]
- **η₀:** Βαθμός απόδοσης του συλλέκτη
- **UI:** Συντελεστής θερμοπερατότητας του συλλέκτη [*kwhm2*]

Η παραπάνω εξίσωση απεικονίζει τη θερμοκρασία εξόδου του συλλέκτη ως συνάρτηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, της θερμοκρασίας του αποθηκευμένου ρευστού και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Εάν το ρευστό αναμειχθεί ομοιόμορφα, η θερμοκρασία του ρευστού στην έξοδο του από τη

δεξαμενή αποθήκευσης ($T_{s, o}$) είναι ίδια με τη θερμοκρασία του ρευστού μέσα στο δοχείο (T_s).

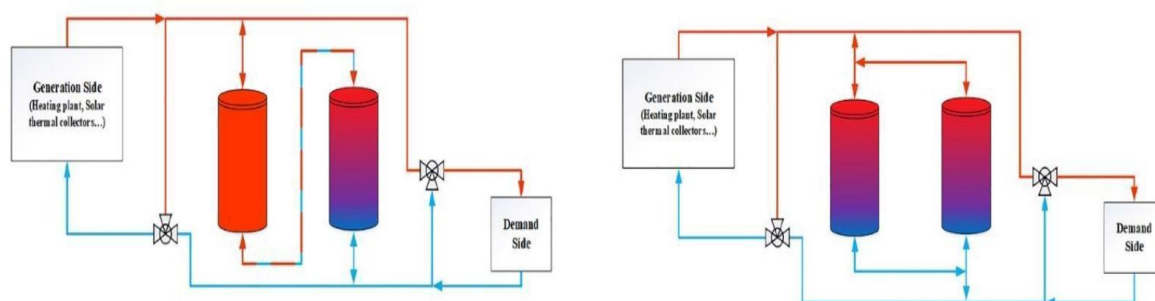
Τέλος, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (Garg et al.) Και γνωρίζοντας τη θερμοκρασία εξόδου του ηλιακού πάνελ ($T_{c, o}$), μπορεί κανείς να προσδιορίσει την ενέργεια φόρτισης του δοχείου.

(Garg et al., 1985), (Κυριακή Ε., 2020):

$$Q'c = (m' Cp)c \cdot E \cdot (T_{c,o} - T_s)$$

Σύνδεση σε δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού

Εάν το ηλιακό θερμικό σύστημα περιλαμβάνει περισσότερες από μία δεξαμενές αποθήκευσης ζεστού νερού, οι συνδέσεις μεταξύ τους πρέπει να διαχωριστούν. Ειδικότερα, υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης σε σειρά και παράλληλη (Εικόνα 2.14). (Dahash A. et al., 2019).



Εικόνα 2.13: Σύνδεση δοχείων αποθήκευσης θερμού νερού σε σειρά και παράλληλα αντίστοιχα (Dahash A. et al., 2019)

Στο διάγραμμα που απεικονίζει τη σύνδεση σειράς, το πάνω μέρος του πρώτου δοχείου συνδέεται απευθείας με τη γραμμή τροφοδοσίας του συστήματος, ενώ το κάτω μέρος του συνδέεται εν σειρά με το πάνω μέρος του άλλου δοχείου του συστήματος. Το κάτω μέρος της τελικής δεξαμενής του συστήματος, από την άλλη πλευρά, συνδέεται με τη γραμμή επιστροφής, επιτρέποντας στο υγρό να εισέλθει στην πηγή θερμότητας, να θερμανθεί και στη συνέχεια να επιστρέψει στο κύκλωμα. Αυτή η δομή επιτρέπει την προοδευτική στρωματοποίηση, με

αποτέλεσμα αυξημένο όγκο ζεστού νερού. Ως αποτέλεσμα, η παραγωγή εντροπίας ελαχιστοποιείται και η συνολική απόδοση του συστήματος βελτιώνεται. Σε αντίθεση με την εν σειρά καλωδίωση, τα δοχεία μπορούν να συνδεθούν παράλληλα, επιτρέποντας στα φαινόμενα στρωματοποίησης να εμφανίζονται ανεξάρτητα σε κάθε μονάδα. Ως αποτέλεσμα, εάν κάθε μονάδα έχει τον ίδιο όγκο, η διαστρωμάτωση θερμοκρασίας σε όλα τα δοχεία του συστήματος είναι η ίδια. Ως αποτέλεσμα, η θερμοϋδραυλική συμπεριφορά των συνδεδεμένων εμπορευματοκιβωτίων (n) είναι πανομοιότυπη με αυτή ενός μεμονωμένου δοχείου αποθήκευσης με n φορές το ύψος και τον όγκο του.

Οι παράλληλες διασυνδεδεμένες (n) μονάδες, από την άλλη πλευρά, συμπεριφέρονται ως ένα ενιαίο δοχείο με το ίδιο ύψος και n φορές τον όγκο. (Dahash A. et al., 2019).

Κεφάλαιο 3

Το θέμα αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η θέρμανση νερού για βιομηχανικές διεργασίες (καθαρισμός λεβήτων και αφύγρανση τους) καθώς και για χώρους γραφείου κρίνεται αναγκαία λοιπόν η δημιουργία μιας αναπαράστασης ενός ολόκληρου ηλιακού θερμικού συστήματος.

3.1 Ηλιακό θερμικό σύστημα

Ένα ηλιακό θερμικό σύστημα μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα. Όταν το υγρό (ή το μείγμα γλυκόλης-νερού) έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του ηλιακού πάνελ που είναι εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμαίνεται.

Όταν το προαναφερθέν υγρό είναι νερό, μπορεί να θερμανθεί απευθείας και να κυκλοφορήσει σε όλη την εγκατάσταση, δίνοντας στο σύστημα τον χαρακτηρισμό “άμεσο”. Όταν το υγρό είναι μείγμα γλυκόλης-νερού (αντιψυκτικό), ωστόσο, δρα ως ρευστό μεταφοράς θερμότητας, περνώντας από έναν εναλλάκτη θερμότητας πριν θερμάνει τα λύματα. Το σύστημα ταξινομείται ως έμμεσο σε αυτό το σενάριο (Patel et al., 2012).

Σύμφωνα με τους Patel et al. (2012), τα ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

A) Με Φυσική κυκλοφορία (θερμοσιφωνικό σύστημα)

B) Με εξαναγκασμένη κυκλοφορία (κεντρικά συστήματα).

Φυσικής κυκλοφορίας (θερμοσιφωνικό σύστημα)

Τα συστήματα θέρμανσης νερού έχουν πιο απλή ιδέα λειτουργίας από τα συστήματα αναγκαστικής κυκλοφορίας. Η κυκλοφορία νερού ή υγρού μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του συλλέκτη και της ανυψωμένης δεξαμενής ζεστού νερού βασίζεται στην αρχή της φυσικής μεταφοράς (χωρίς τη χρήση αντλίας). Η πυκνότητα ενός υγρού μειώνεται καθώς θερμαίνεται. Ως αποτέλεσμα, ανεβαίνει στην κορυφή της συλλογής και τελικά πέφτει στο δοχείο.

αποθήκευση. Το κρύο υγρό συγκεντρώνεται στον πάτο του δοχείου, με αποτέλεσμα να ρέει πίσω στον συλλέκτη για να θερμανθεί.

Αυτά τα συστήματα είναι λιγότερο ακριβά από τα συστήματα αναγκαστικής κυκλοφορίας, αλλά είναι επίσης λιγότερο αξιόπιστα. Βρίσκονται συχνά σε τοποθεσίες με περισσότερο ηλιακό φως (Patel et al., 2012).

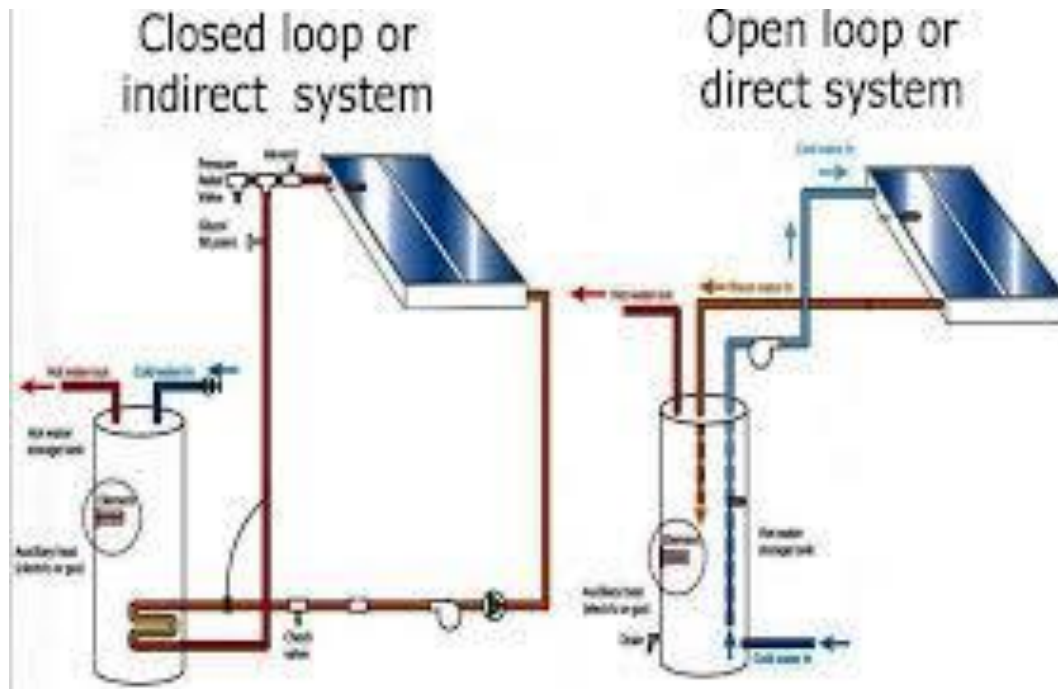
Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (κεντρικά συστήματα)

Απλές ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και ελεγκτές για την κυκλοφορία νερού ή μίγματος γλυκόλης-νερού σε συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Patel et al., 2012).

Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων σε αυτήν την κατηγορία:

Το θερμαινόμενο νερό στους ηλιακούς συλλέκτες χρησιμοποιείται ως ζεστό νερό σε άμεσο ή ανοιχτό κύκλο (εικόνα 2.15). Αυτά τα συστήματα είναι πολύ αποδοτικά και εξοικονομούν χρήματα, αλλά δεν είναι ιδανικά για «σκληρό» ή όξινο νερό λόγω γρήγορης διάβρωσης. Σε μη παγωμένα κλίματα, χρησιμοποιούνται πιο συχνά.

Το ζεστό νερό κατοικίας θερμαίνεται από ένα δεύτερο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει το μείγμα γλυκόλης-νερού και συνδέεται με τους ηλιακούς συλλέκτες (εικόνα 2.16). Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται ευρύτερα. Είναι χρήσιμα σε σκληρές συνθήκες θερμοκρασίας επειδή παρέχουν ελεγχόμενη προστασία από το πάγωμα.



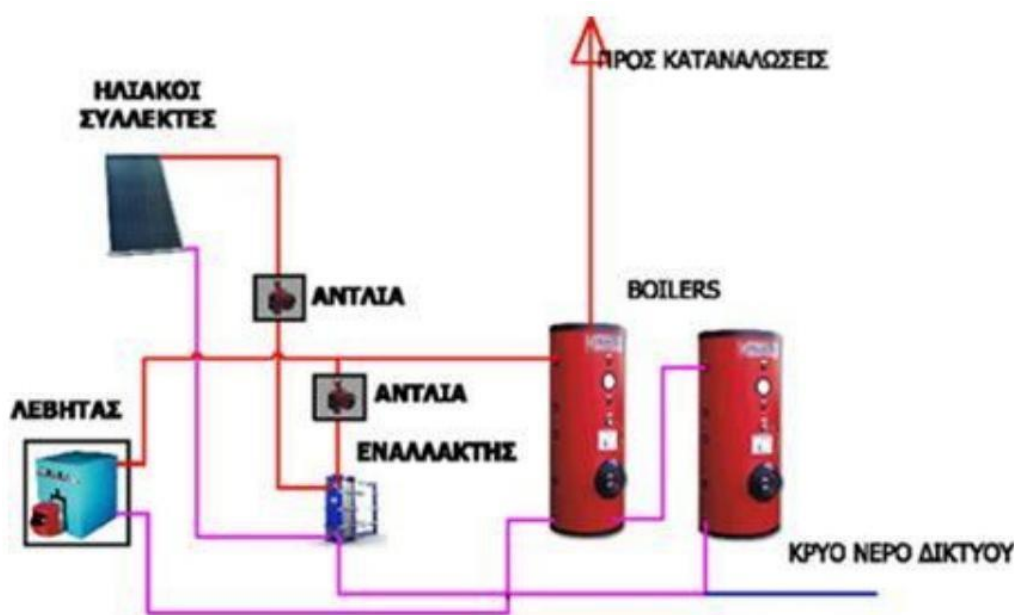
3.1: Άμεσα ή ανοιχτού κύκλου συστήματα- Έμμεσα ή κλειστού κύκλου συστήματα (ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΝΙΚΟΛΟΥΔΗΣ ΖΗΣΗΣ)

3.2 Ολοκληρωμένη εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος

Το πραγματευόμενο σύστημα συνδυάζει την παραγωγή ζεστού νερού από ηλιακή

ενέργεια με μια επιπλέον βοηθητική πηγή ενέργειας σε περίπτωση που τα φορτία των ηλιακών συλλεκτών είναι ανεπαρκή. Για τη μείωση της απώλειας θερμότητας, το παραγόμενο νερό αποθηκεύεται σε ένα ή περισσότερα (ανάλογα με την κυβική ζήτηση νερού) δοχεία με την απαραίτητη θερμομόνωση.

Αφού συλλέξουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέψουν σε θερμική ενέργεια, οι ηλιακοί συλλέκτες τη μεταδίδουν σε ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας (συνήθως μείγμα γλυκόλης-νερού). Η θερμότητα μεταφέρεται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών στους εναλλάκτες θερμότητας, οι οποίοι στη συνέχεια μεταφέρουν τη θερμότητα στο ρευστό κατανάλωσης (νερό). Οι εναλλάκτες θερμότητας είναι τοποθετημένοι μέσα ή έξω από τη δεξαμενή αποθήκευσης και το ρευστό ρέει στις μεμονωμένες καταναλώσεις μέσω του κυκλώματος του σωλήνα με τη βοήθεια κυκλοφορητών, ενώ ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διασφαλίζει την ομαλή και αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος. (Εικόνα 3.2)



Εικόνα 3.2: Ολοκληρωμένο ηλιοθερμικό σύστημα εγκατάστασης(Υδροκλίμα Α.Ε., 2021)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα ηλιακά θερμικά συστήματα που περιγράφονται παραπάνω είναι συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας. Πρόκειται για συστήματα στα οποία το παραγόμενο ρευστό θερμαίνεται μεταξύ 40 και 120 βαθμών Κελσίου. Υπάρχουν επίσης συστήματα μέσης και υψηλής θερμοκρασίας,

τα οποία θερμαίνουν το παραγόμενο ρευστό σε θερμοκρασίες άνω των 4000οC. Με τη συμπερίληψη μηχανικών συστημάτων (ατμοστρόβιλοι, γεννήτριες), τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ενέργειας (Amarantos P. et al., 2006). Επειδή όμως τα συστήματα αυτά δεν αποτελούν το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν υπάρχει εκτενέστερη διερεύνηση τους.

Υπόλοιπα μέρη του συστήματος

Τα ακόλουθα στοιχεία απαιτούνται για να λειτουργεί αποτελεσματικά και αποδοτικά ένα πλήρες ηλιακό θερμικό σύστημα (Εικόνα 3.2) (Sonne S.A., 2021):

- Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού
- Φωτοβολταϊκά πάνελ
- Δίκτυο σωληνώσεων
- Εναλλάκτης θερμότητας
- Κυκλοφορητές
- Δοχεία διαστολής
- Βαλβίδες ασφαλείας
- Αυτόματο σύστημα εξαερισμού



Εικόνα 3.3: Μέρη του ηλιοθερμικού συστήματος (Sonne S.A., 2021)

Διαστασιολόγηση ηλιακού θερμικού συστήματος

Η προσέγγιση του διαγράμματος f είναι η πιο συχνή μέθοδος για τον προσδιορισμό του μεγέθους ενός ηλιακού θερμικού συστήματος. Οι S.A. Klein και W.A. Beckman παρουσίασαν τη μέθοδο f-chart ως πρόγραμμα σχεδίασης. Η θερμική απόδοση f του ηλιακού συστήματος που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ZNX ή για θέρμανση χώρων μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο (Duffie J.A & Beckman W.A, 2013).

Το ηλιακό κλάσμα f, το οποίο είναι ίσο με τον λόγο του μηνιαίου φορτίου θέρμανσης (για θέρμανση χώρου και παραγωγή ZNX) που παράγεται από την ηλιακή ενέργεια ως συνάρτηση δύο μεταβλητών, υπολογίζεται με τη μέθοδο των καμπυλών-f (X, Y). Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζονται από τις ιδιότητες του συλλέκτη, τα θερμαντικά φορτία και τις καιρικές συνθήκες. (I. F. Okafor & G. Akubue 2012).

Δύο κρίσιμες μεταβλητές πρέπει να υπολογιστούν για να λειτουργήσει αυτή η μέθοδος. Η μεταβλητή X αντιπροσωπεύει την αναλογία των απωλειών του ηλιακού συλλέκτη προς τα συνολικά θερμικά φορτία, ενώ η μεταβλητή Y αντιπροσωπεύει την αναλογία της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας προς τα συνολικά θερμικά φορτία. Οι ακόλουθοι τύποι χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των δύο μεταβλητών: Ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες (Duffie J.A & Beckman W.A, 2013):

$$X = FR \cdot UL \cdot (F'R/FR) \cdot (T_{ref} - T_a) \cdot \Delta t \cdot (AC/LW) \cdot K2 \cdot K3$$

$$Y = FR \cdot (\tau\alpha)_n \cdot (F'R/FR) \cdot \tau\alpha(\tau\alpha)_n \cdot HT \cdot (ACLW) \cdot K4$$

Όπου:

- **AC**: η επιφάνεια του ηλιακού πάνελ [m^2]
- **FR**: ο συντελεστής απομάκρυνσης θερμότητας • **F'R**: ο συντελεστής θερμικών απολαβών του συλλέκτη
- **UL**: θερμική αγωγιμότητα ηλιακού συλλέκτη [$W m^2 K$]
- **t**: ο συνολικός αριθμός δευτερολέπτων του μήνα [s]

- **T_a**: μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος [°C]
- **T_{ref}**: Εναλλακτικά, μια εμπειρικά καθορισμένη θερμοκρασία αναφοράς [100°C]
- **LW**: μηνιαίο μέσο θερμικό φορτίο [J]
- **HT**: μηνιαία μέση ημερήσια ακτινοβολία που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του συλλέκτη [J/m²]
- **τ(α) n**: το μέσο μηνιαίο γινόμενο διαπερατότητας στην απορροφητική επιφάνεια του ηλιακού πάνελ
- **[τα/(τα)n]** : συντελεστής διόρθωσης που εκφράζει τις απώλειες που προκαλούνται από διαφανή καλύμματα ηλιακών πάνελ.
- **K2**: συντελεστής προσαρμογής για τη χωρητικότητα του εμπορευματοκιβωτίου
- **K3**: συντελεστής αντιστάθμισης για ζεστό νερό
- **K4**: συντελεστής ρύθμισης για το μέγεθος του εναλλάκτη θερμότητας φορτίου

Μετά τον προσδιορισμό των μεταβλητών X και Y, το ηλιακό κλάσμα f μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας την ακόλουθη σχέση (I. F. Okafor & G. Akubue, 2012), (John A. Duffie & William A. Beckman, 2013):

$$f = 1,029 \cdot Y - 0,065 \cdot X - 0,245 \cdot Y^2 + 0,0018 \cdot X^2 + 0,0215 \cdot Y^3$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές X και Y υπόκεινται στους ακόλουθους περιορισμούς:

$$\bullet 0 \leq X \leq 15$$

$$\bullet 0 \leq Y \leq 3$$

Το μηνιαίο θερμικό φορτίο για την κάλυψη των θερμικών απαιτήσεων σε Z.N.X. και θέρμανση χώρου είναι το μέσο μηνιαίο θερμικό φορτίο LW, το οποίο αναφέρεται στις δύο μεταβλητές. (I. F. Okafor & G. Akubue 2012)

Παράγοντες για διόρθωση:

1. **Συντελεστής διόρθωσης για τη χωρητικότητα του εμπορευματοκιβωτίου (K2).**

Για την χωρητικότητα δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού 75 λίτρων ανά m^2 ηλιακών συλλεκτών, προσδιορίστηκε η θεωρία των καμπυλών **f**. Όταν ένα δοχείο ποικίλης χωρητικότητας χρησιμοποιείται σε ένα ηλιοθερμικό σύστημα, υπολογίζεται ο συντελεστής **K2**. Ακολουθεί η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε:

$$K2 = (C/75)^{-(1/4)}$$

Όπου η μεταβλητή **C** είναι η χωρητικότητα του δοχείου σε λίτρα ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας συλλέκτη.

Εάν η χωρητικότητα του δοχείου είναι διαφορετική από 75 λίτρα ανά m^2 ηλιακών συλλεκτών, ο συντελεστής **K2** πρέπει να προσδιοριστεί και να συνυπολογιστεί στον υπολογισμό της μεταβλητής **X**.

2. **Συντελεστής διόρθωσης Z.N.X (K3)**

Ο συντελεστής εάν το ηλιακό θερμικό σύστημα χρησιμοποιείται μόνο για την παραγωγή Z.N.X. ή αν το φορτίο για την παραγωγή Z.N.X. είναι σημαντικά υψηλότερο από το φορτίο θέρμανσης χώρου. Διαφορετικά, ο συντελεστής έχει την τιμή 1. Η τιμή του καθορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$K3 = \frac{11,6 + 1,18 \cdot TW + 3,86 \cdot Tm - 2,32 \cdot Ta}{100 - Ta}$$

Όπου:

- **TW**: η προτιμώμενη θερμοκρασία Z.N.X. [K]
- **Tm**: θερμοκρασία νερού του δικτύου της πόλης [K]
- **Ta**: η μηνιαία μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος [K]

Σημειώστε ότι ο ρυθμός **K3** πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε μήνα και εξαρτάται από τις τιμές των θερμοκρασιών **Tm** και **Ta**, οι οποίες ποικίλλουν κάθε μήνα.

3. **Συντελεστής διόρθωσης για το μέγεθος του εναλλάκτη φορτίου (K4)**

Όταν το μέγεθος του εναλλάκτη φορτίου μειώνεται και το ηλιακό θερμικό σύστημα χρησιμοποιείται επίσης για θέρμανση, η θερμοκρασία του δοχείου αποθήκευσης πρέπει να αυξηθεί για να επιστρέψει την ίδια ποσότητα ενέργειας φορτίου, δηλαδή να καλύψει τις πληροφορίες κατά την ίδια αναλογία.

Για να βρούμε τον συντελεστή K_4 , πρέπει πρώτα να ορίσουμε την παράμετρο, η οποία είναι μια μέτρηση του μεγέθους της μεταβλητής. Απαιτείται εναλλάκτης θερμότητας για θέρμανση χώρας.

$$\lambda = [\varepsilon \cdot C_{min} / (U \cdot A) b]$$

Όπου:

- ε : η απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας
- C_{min} : η ελάχιστη θερμική χωρητικότητα του εναλλάκτη [W K]
- $(U \cdot A) b$: ο μέσος συντελεστής απώλειας θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου [W/K]

Ο συντελεστής K_4 προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$K_4 = 0,39 + 0,65 \varepsilon (0,139/\lambda)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέθοδος της καμπύλης f αναπτύχθηκε για $\lambda = 2$ όπου ισχύει

$K_4 = 1$, ενώ ο συντελεστής K_4 θα πρέπει να καθοριστεί εάν η τιμή του είναι διαφορετική, και να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της μεταβλητής Y .

Μετά τον υπολογισμό των συντελεστών X και Y , θα πρέπει να υπολογιστεί το ηλιακό κλάσμα. Για κάθε μήνα f_i το ετήσιο ηλιακό κλάσμα (F) του θερμικού φορτίου μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχονται.

Η ηλιακή ενέργεια, που εκφράζεται ως ο λόγος του αθροίσματος των μηνιαίων κλασμάτων της επί το μηνιαίο θερμικό φορτίο L_i προς το ετήσιο θερμικό φορτίο

L :

$$F = (\sum f_i \cdot Li / \sum_1^{12} Li)$$

3.3 Βιομηχανικό ηλιακό θερμικό σύστημα

Για να διαστασιολογηθεί ένα σύστημα αξιοποίησης ηλιακής θερμικής ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα, πρέπει πρώτα να συλλεχθούν τα σχετικά δεδομένα, τα οποία χωρίζονται σε δύο βασικές ομάδες και περιγράφονται παρακάτω (Κ.Α.Π.Ε., 2002):

1. Νομικές απαιτήσεις για το κτίριο / διαθέσιμο χώρο

- 1) Αναλυτικό σχέδιο του κτιρίου που δείχνει τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά του (διαστάσεις, προσανατολισμός, πιθανά εμπόδια από άλλα κτίρια).
- 2) Εξέταση πιθανών νομικών απαιτήσεων για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης ηλιακού θερμικού συστήματος.
- 3) Εξέταση τη διαθεσιμότητας χώρου στην οροφή για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών, καθώς και την ευκολία πρόσβασης.

2. Χαρακτηριστικά βιομηχανικής επεξεργασίας

- 1) Συγκέντρωση βιομηχανικών θερμικών φορτίων.
- 2) Κατανόηση των διαδικασιών βιομηχανικής παραγωγής προκειμένου να διερευνηθούν οι δυνατότητες σύνδεσής τους με ηλιακά θερμικά συστήματα. Θα πρέπει επίσης να καταγράφεται η θερμοκρασία εισόδου-εξόδου κάθε επεξεργασίας.

Μετά την ολοκλήρωση των προηγούμενων διαδικασιών, θα πρέπει να διερευνηθεί η μέθοδος σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων που συνθέτουν ένα ηλιοθερμικό σύστημα προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση και η βέλτιστη λειτουργία.

Εναλλακτικές συνδέσεις για την παραγωγή ζεστού νερού που μπορούν να υπάρχουν και να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικό περιβάλλον είναι (Κ.Α.Π.Ε., 2002):

- 1) Χρήση μια δεξαμενής αποθήκευσης με έναν εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας(σερπαντίνα) για την επεξεργασία παροχής ζεστού νερού.
- 2) Χρήση μιας δεξαμενής αποθήκευσης με έναν εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας για την επεξεργασία παροχής ζεστού νερού.

- 3) Χρήση μιας δεξαμενής αποθήκευση χωρίς εναλλάκτη θερμότητας, βασιζόμενοι αποκλειστικά στη θερμική διαστρωμάτωση του νερού μέσα στη δεξαμενή.

Μια άλλη διάκριση που μπορεί να γίνει όταν χρησιμοποιούνται δοχεία αποθήκευσης ζεστού νερού είναι εάν χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα δοχεία. Όταν χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα δοχεία, προσφέρονται επιλογές με διαφορετικές συνδέσεις. Αν δηλαδή τα δοχεία συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα.

Αφού εξεταστούν οι παραπάνω επιλογές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταλήξουμε στην καλύτερη πιθανή λύση (Κ.Α.ΠΕ., 2002).

Η καύση ορυκτών καυσίμων παρέχει πάνω από το 90% της θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία. Η ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παράγεται γενικά από σταθμούς παραγωγής ενέργειας που καίνε ορυκτά καύσιμα, αντιπροσωπεύει το υπόλοιπο 10% της θερμικής ενέργειας. Η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή θερμικής ενέργειας έχει σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες, συμπεριλαμβανομένης της μόλυνσης των υδάτων, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των υπερβολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η κοινωνική ώθηση για την ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι επομένως εμφανής. Η θέση της βιομηχανίας ως ο μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας της χώρας, με υψηλές απαιτήσεις σε θερμότητα και σημαντική εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, παρουσιάζει τεράστιες δυνατότητες για την εφαρμογή ηλιοθερμικής τεχνολογίας. (Gosselaar J. & Johnson M., 2011).

Ο λόγος της ενέργειας που παράγεται από τον ηλιακό συλλέκτη προς το ενεργειακό περιεχόμενο της ηλιοφάνειας αναφέρεται ως απόδοση ηλιακής μετατροπής. Η απόδοση μετατροπής της ηλιακής ενέργειας είναι περίπου 90%. Η ηλιακή θερμική ενέργεια είναι σχεδόν ανύπαρκτη στον βιομηχανικό τομέα, παρά το υψηλό ποσοστό μετατροπής και την τεράστια χρήση της. Η ηλιοθερμική ενέργεια, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), είναι μια ρεαλιστική τεχνολογία με άφθονο χώρο για βελτίωση που δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για βιομηχανικούς σκοπούς.

Ανάλογα με τις επιθυμητές θερμοκρασίες, τα βιομηχανικά ηλιοθερμικά συστήματα

μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες:

- 1) Συστήματα χαμηλότερου εύρους θερμοκρασίας (κάτω από 80° C).
- 2) Συστήματα που λειτουργούν στο εύρος θερμοκρασίας 80-250 ° C.
- 3) Συστήματα με εύρος θερμοκρασίας άνω των 250° C.

Απαιτείται συμπυκνωμένη ηλιακή ενέργεια για να επιτευχθεί ένα τέτοιο επίπεδο θερμοκρασίας.

Πάραυτα, εκτός από τις τεράστιες δυνατότητες της ηλιακής ενέργειας στην κάλυψη της θερμικής ζήτησης στον βιομηχανικό τομέα, υπάρχουν πολλά εμπόδια και ζητήματα που πρέπει να διερευνηθούν. Το κόστος, η μεταβλητότητα της παραγωγής, η αποθήκευση ενέργειας και η ολοκλήρωση της διαδικασίας είναι οι πιο σημαντικές προκλήσεις (Gosselar J. & Johnson M., 2011).

Τα ηλιακά συστήματα μεγάλης κλίμακας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πέντε διαφορετικούς τομείς σε βιομηχανικές εφαρμογές. Πρόκειται για βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας και όπου η συμβολή του ηλιακού συστήματος στο ενεργειακό φορτίο μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη. Τα ηλιοθερμικά συστήματα είναι πολύ χρήσιμα σε διαδικασίες παραγωγής που απαιτούν νερό σε θερμοκρασίες μεταξύ 40 και 80 βαθμών Κελσίου (M. Karagiorgas et al., 2001).

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί τομείς βιομηχανιών όπου τα ηλιοθερμικά συστήματα έχουν πολλές δυνατότητες:(M. Καράγιωργας κ.ά., 2001)

- 1) Αγροτική βιομηχανία (ηλιακή ξήρανση, κηπουρική-φυτώρια, σφαγεία, μεταποίηση κρέατος).
- 2) Βιομηχανία τροφίμων (γαλακτοκομικά προϊόντα, αλλαντικά και εργοστάσια επεξεργασίας κρέατος, ζαχαροπλαστεία, διυλιστήρια ελαιόλαδου, κονσέρβες, σφαγεία).
- 1) Κλωστοϋφαντουργία (βυρσοδεψεία, επεξεργασία δέρματος, διυλιστήρια,

μεταποίηση υφασμάτων).

- 2) Βιομηχανία αλκοόλ (οινοποιεία, οινοπνευματώδη, ζυθοποιία, αναψυκτικά).
- 3) Χημική βιομηχανία (καλλυντικά, απορρυπαντικά, φαρμακευτικά προϊόντα, κεριά, αποστακτήρια, ζυθοποιία).

Τέλος, τα ηλιοθερμικά συστήματα είναι πάρα πολύ αποδοτικά συμφέρουν σημαντικά σε εφαρμογές θέρμανσης βιομηχανικών διεργασιών λόγω της υψηλής αποδοτικότητας και της ικανότητάς τους να αξιοποιούν την άφθονη ηλιακή ενέργεια που μας χαρίζει απλόχερα η φύση. Ένα άλλο βασικό κίνητρο για τη χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι η αύξηση της τιμής των υγρών καυσίμων (ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ντίζελ ή υγραέριο).

Κεφάλαιο 4

4.1 Ανάλυση των βιομηχανικών λειτουργιών

Στην βιομηχανία κατά την οποία θα γίνει η παρακάτω μελέτη κατασκευάζονται και επισμαλτώνονται ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η έδρα της βρίσκεται στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Οι κατασκευαστικές εγκαταστάσεις βρίσκονται σε ένα ακίνητο 18.000 m² με έκταση περίπου 9.000 m². Το εργοστάσιο χωρίζεται σε δύο τμήματα:

- 1) Ο μηχανολογικός τομέας, ο οποίος περιλαμβάνει το κατασκευαστικό κομμάτι λεβήτων, ηλιακών συστημάτων, θερμοσίφωνες και μεταλλικά εξαρτήματα.
- 2) Ο τομέας επεξεργασίας των παραπάνω: βαφή ,πλύση ,επισμάλτωση.

Η Επιχείρηση απασχολεί πλέον συνολικά 30 άτομα. Το έμπειρο και πλήρως εξειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό είναι χωρισμένο στα δύο παραπάνω τμήματα.

- 1) 1 επικεφαλής οικονομικών - λογιστικών
- 2) 1 μηχανολόγος μηχανικός, υπεύθυνος παραγωγής
- 3) 1 ηλεκτρολόγος μηχανικός, υπεύθυνος παραγωγής

- 4) 1 μηχανικός συντήρησης μηχανημάτων και εγκαταστάσεων
- 5) 8 τεχνίτες
- 6) 8 συγκολλητές
- 7) 5 υπάλληλοι στο ψήσιμο των δοχείων
- 8) 6 υπάλληλοι στην επισμάλτωση των δοχείων

Στη βιομηχανία υπάρχει σύγχρονος και εξελιγμένος μηχανολογικός εξοπλισμός όπου σε κάποια τμήματα λειτουργούν πλήρως αυτοματοποιημένες μέθοδοι κατασκευής. Έχει υψηλή παραγωγική ικανότητα γεγονός που την κάνει δυνατό ανταγωνιστή στις υπόλοιπες παρόμοιες βιομηχανίες. Οι μέθοδοι έρευνας είναι καθιερωμένοι ως μέρος της διαδικασίας παραγωγής και της ανάπτυξης νέων προϊόντων, δίνοντας στην επιχείρηση ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην παγκόσμια αγορά.

4.1.1 Επεξήγηση κατασκευαστικού τμήματος

Το κατασκευαστικό τμήμα είναι ο πρώτος κλάδος της βιομηχανίας. Ο κλάδος αυτός ειδικεύεται στην κατασκευή ηλιακών συστημάτων, ηλιακού κλιματισμού, καθώς και στην κατασκευή λεβήτων αποθήκευσης ζεστού νερού χωρητικότητας από 10 έως 2.500 λίτρα. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός αυτής της βιομηχανίας περιλαμβάνει:

1. Μηχανήματα μηχανουργικής επεξεργασίας και διαμόρφωσης λαμαρίνας για την κατασκευή εργαλείων παραγωγής και καλουπιών.
2. Καλούπια για την κατασκευή δοχείων οποιασδήποτε χωρητικότητας και διαμέτρου που κυμαίνεται από 150 έως 1000 mm
3. Υδραυλικές πρέσες διαμόρφωσης και κρουστικών εξαρτημάτων με πιέσεις εμβόλου έως 1000 τόνους.
4. Αυτόματες περιστροφικές και διαμήκεις συσκευές συγκόλλησης.
5. Μονάδα συσκευασίας εφαρμογής μόνωσης πολυουρεθάνης με αλυσίδα μεταφοράς και πρόσθετα συστήματα ποιότητας.

6. Έπειτα μετά το πέρας της διαδικασίας παραγωγής και του ποιοτικού ελέγχου τα δοχεία συνεχίζουν για το τμήμα επισμάλτωσης.

4.1.2 Επεξήγηση τμήματος επισμάλτωσης

Το τμήμα αυτό ασχολείται με την επισμάλτωση των προϊόντων παραγωγής. Ο σκοπός της παραπάνω διεργασίας είναι η εξασφάλιση της πλήρους κάλυψης του εσωτερικού των δοχείων, η οποία κατά τη διαδικασία περιέχει νερό χρήσης, με σμάλτο για να γίνουν πιο ανθεκτικά στη διάβρωση.

Το εξειδικευμένο τμήμα επισμάλτωσης έχει δυναμικότητα παραγωγής 3000 kg/h. Με μέσο βάρος κοντέινερ περίπου 50 kg ανά δοχείο, η παραγωγική ικανότητα του τμήματος εκτιμάται ότι είναι περίπου 60 δοχεία ανά ώρα παραγωγής. Τα μηχανολογικά μέρη που αποτελείται το τμήμα επισμάλτωσης είναι τα εξής:

1. 17 δεξαμενές χωρητικότητας 5 m³ το καθένα, τα οποία περιέχουν μείγμα νερό-καυστικού σαπουνιού για τον καθαρισμό των δοχείων, υδροχλωρικό οξύ επίσης για τον καθαρισμό, μείγμα καυστικής σόδας- νερού για την αύξηση της αντοχής και της ανθεκτικότητας σε συνθήκες περιβάλλοντος και της υγρασίας που επικρατεί μέχρι να βαφτούν, και τέλος ένα στεγνωτήριο-δεξαμενή για την απομάκρυνση της υγρασίας από το δοχείο αφήνοντάς το έτοιμο για την βαφή.
2. Ρομποτικό σύστημα βαφής για την εσωτερική επιφάνεια του λέβητα, το οποίο αποτελείται από τρία ρομπότ με κυκλική κίνηση λειτουργίας σε περιστρεφόμενη πλατφόρμα.
3. Χρήση ειδικού στεγνωτηρίου για το στέγνωμα του υγρού υλικού που επικάθεται στις εσωτερικές επιφάνειες των δοχείων. Το δοχείο είναι έτοιμο για ψήσιμο όταν στεγνώσει τελείως το σμάλτο.
4. Σύστημα ψησίματος των δοχείων στους 860 ° C για τη τήξη του σμάλτου στην εσωτερική επιφάνεια.

4.2. Η/Μ εξοπλισμός

1. Λουτρά

Οι τεχνικές προδιαγραφές του λέβητα στον χώρο των λουτρών είναι οι εξής:

- 1) Τύπος λέβητα: SLW 650
- 2) Μέγιστη πίεση λειτουργίας 5 bar
- 3) Μέγιστη θερμοκρασία 95°C
- 4) Θερμική ισχύς 754 kW

2. Στεγνωτήριο μπάνιου

Λέβητας αέρα-αέρα και ένας εναλλάκτης πτερυγίων για την διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας αέρα 70°C.

Οι τεχνικές προδιαγραφές του λέβητα είναι οι εξής:

- 1) Τύπος λέβητα: F.B.R- GAS X4CE
- 2) Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 3,6 bar
- 3) Μέγιστη θερμοκρασία αέρα καύσης: 60°C
- 4) Θερμική ισχύς: 114-234 kW

3. Στεγνωτήριο- βαφής

Υγραέριολέβητας αέρα-αέρα, ο οποίος διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία στους 70 °C για την μετατροπή του υγρού σμάλτου σε ξηρό.

Οι τεχνικές προδιαγραφές του λέβητα είναι οι εξής:

- 1) Τύπος λέβητα: Kombi-LU
- 2) Παροχή αέρα: 8.400 m³ / h
- 3) Θερμική ισχύς: 114 kW

4.3 Βιομηχανική μονάδα παραγωγής

Η δημιουργία ενός δοχείου θα παρουσιαστεί σε αυτό το κεφάλαιο, από την αρχή της λαμαρίνας μέχρι το τελικό της στάδιο. Για το εξωτερικό μέρος (μανδύας) του δοχείου απαιτείται λαμαρίνα 1,5 mm, ενώ για το «σώμα» και τα καπάκια απαιτείται λαμαρίνα 2,5 mm.

Ακολουθεί η σειρά παραγωγής:

- 1) Κόψιμο της λαμαρίνας στις υδραυλικές πρέσες.
- 2) Διαμόρφωση της με ειδικά καλούπια σε πρέσες.
- 3) Ανασυγκρότηση, συναρμολόγηση και ηλεκτροσυγκόλληση.
- 4) ποιοτικός έλεγχος του τελικού προϊόντος.

Το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας κατασκευής ξεκινά όταν έχει κατασκευαστεί το δοχείο.

Εν συνεχεία:

- 1) Καθαρισμός του δοχείου με ένα συγκεκριμένο μείγμα.
- 2) Αφαίρεση σκουριάς από λαμαρίνα με υδροχλωρικό οξύ.
- 3) Βύθιση του δοχείου σε διάλυμα καυστικής σόδας για βελτίωση αντοχής του από εξωγενείς παράγοντες.
- 4) Χρήση του στεγνωτήριου για το στέγνωμα των δοχείων.
- 5) Χρήση ρομποτικών μηχανημάτων για την επισμάλτωση του εσωτερικού των δοχείων.
- 6) Τοποθέτηση των δοχείων σε φούρνο για την επί-υαλιση του σμάλτου στους 860°C.

4.4 Παρουσίαση γραφειακών χώρων

Τα γραφεία της εταιρείας εκτείνονται συνολικά σε 441 m², όπου χρησιμοποιούνται 15 καλοριφέρ τύπου PANEL για να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες. Ο κεντρικός λέβητας υγραερίου αέρα-νερού χρησιμοποιείται ως πηγή ζεστού νερού. Ακολουθεί ο τρόπος με τον οποίο κατανέμεται η περιοχή και ο αριθμός των θερμαντικών σωμάτων:

- ❖ Χώρος γραφείου 1: 63 m² με 2 καλοριφέρ και χαρακτηριστικά 22/900/1200 και 22/900/1200.
- ❖ Χώρος γραφείου 2: 63 m² με 3 καλοριφέρ και χαρακτηριστικά 22/900/1200.
- ❖ Χώρος γραφείου 3: 40 m², 1 καλοριφέρ, 22/900/900 χαρακτηριστικά.
- ❖ Χώρος γραφείου 4: 40 m², 1 καλοριφέρ, 22/900/800 χαρακτηριστικά.
- ❖ Χώρος έκθεσης 210 m² με 6 καλοριφέρ και χαρακτηριστικά 33/900/900.

- ❖ Χώρος Μπάνιου 1: 15 m², 1 καλοριφέρ, 11/900/1100 χαρακτηριστικά.
- ❖ Χώρος Μπάνιου 2: 10 m², 1 καλοριφέρ, 11/900/900 χαρακτηριστικά.

Αρχικά πρέπει να καθοριστούν τα συνολικά θερμικά φορτία του χώρου γραφείων της βιομηχανίας. Τα θερμικά φορτία κάθε χώρου υπολογίστηκαν χωριστά χρησιμοποιώντας το πρότυπο EN-12831/2003. Έπειτα πρέπει να καταγραφεί η ενέργεια που απαιτείται για την πλήρη θέρμανση του εσωτερικού κατά τον χειμώνα. Οι διαστάσεις και τα απαιτούμενα κατασκευαστικά στοιχεία προήλθαν από τα αρχικά σχέδια. Επιπλέον, οι συντελεστές που χρησιμοποιούνται στην υπολογιστική προσέγγιση προέρχονται από τον κανονισμό...E...-20701-1 / 2017.

Τα συνολικά θερμικά φορτία, τα οποία είναι 140,99 kW, πρέπει στη συνέχεια να υπολογιστούν για να προσδιοριστεί η απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας.

Ένας λέβητας χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμικής ενέργειας και η απόδοσή του παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Ως αποτέλεσμα, η απαιτούμενη ενέργεια υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την προσέγγιση μεταβλητού βαθμού βάσης. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη των απαραίτητων θερμικών φορτίων για τη θέρμανση των χώρων είναι 248.149,57 kWh ετησίως όπως φάνηκε μετά την ολοκλήρωση της υπολογιστικής διαδικασίας.

4.5 Υπολογισμοί των θερμικών απαιτήσεων της μονάδας

Η βιομηχανία παρέχει σταθερή ποσότητα υγραερίου, η οποία είναι 3 τόνοι την εβδομάδα. Η κατανάλωση αερίου χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: 1) Στην επί-υάλωση του σμάλτου του εσωτερικού (διαδικασία ψησίματος λέβητα), 2) άλλες εργασίες κατασκευής και 3) τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων.

Έχουν εγκατασταθεί μετρητές ροής για την παρακολούθηση και την αναφορά της κατανάλωσης αερίου σε κάθε λέβητα της βιομηχανίας. Η κατανάλωση είναι 1,6 t/εβδομάδα για το ψήσιμο των δοχείων και 1,6 t/εβδομάδα για τις υπόλοιπες διαδικασίες, σύμφωνα με τις αναλυτικές μετρήσεις τους.

Μετά από αυτό, το έτος πρέπει να μεταφραστεί σε εργάσιμες εβδομάδες. Το έτος θεωρείται ότι αποτελείται από 220 εργάσιμες ημέρες. Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν 44 εργάσιμες εβδομάδες συνολικά. Συνοψίζοντας, η ετήσια μάζα χρήσης υγραερίου είναι 71 t ανά έτος.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το υγραέριο που χρησιμοποιείται είναι ένα μείγμα προπανίου και βουτανίου. Αποτελείται κυρίως από 25% προπάνιο και 75% βουτάνιο. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται προκειμένου να προσδιοριστεί με ακρίβεια η πυκνότητα της υγρής φάσης και η Κ.Θ.Δ. αξίες (Φυσικές ιδιότητες υγραερίου, 2017).

Επιπλέον χαρακτηριστικά:

$$\rho = 0.6 \frac{kg}{m^3}$$

$$H_o = 12.8 \frac{kWh}{kg}$$

Τέλος παρακάτω τύπος ισούται με την αναγκαία ενεργειακή κάλυψη:

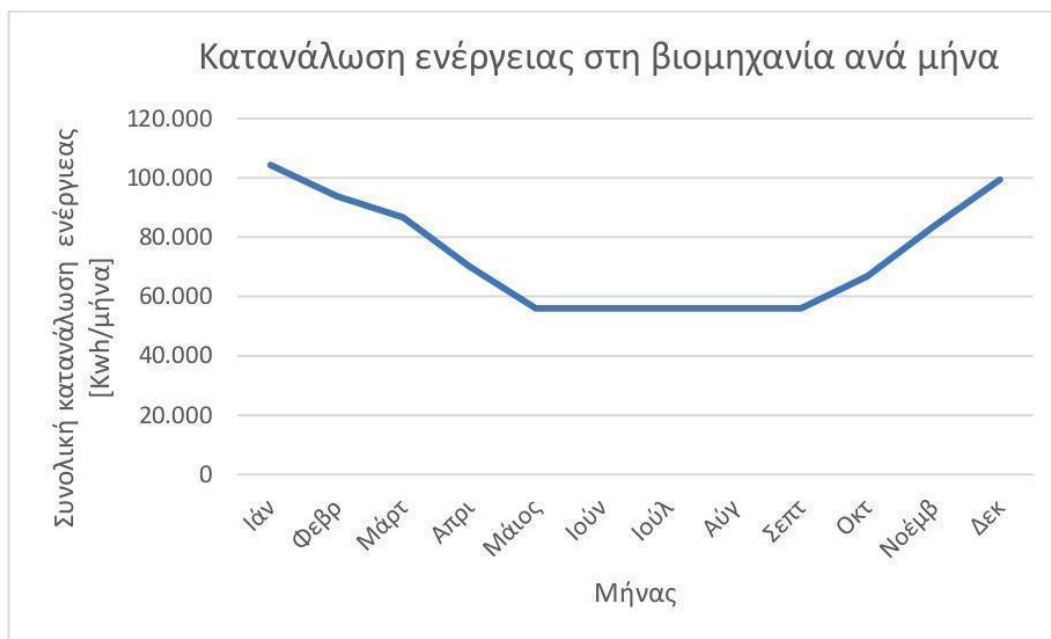
$$Q = H_o \cdot m = 12.8 \frac{kWh}{kg} \cdot 70980 \frac{kg}{\text{Έτος}} = 901.856 \frac{kWh}{\text{Έτος}}$$

Ο Πίνακας 4.1 συνοψίζει τα αποτελέσματα των υπολογισμών:

Πίνακας 4.1: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση βιομηχανίας ανά έτος

	Ενεργειακά Φορτία KW/year	Ενεργειακή Κατανάλωση KW/h
Παραγωγή		653.706,43
Γραφείο	140,99	248.149,57
Σύνολο	140,99	901.856

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει τη χρήση ενέργειας της βιομηχανίας μήνα με μήνα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Πρέπει να τονιστεί ότι η συνολική ενέργεια παραμένει σταθερή από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο, λόγω της σταθερής παραγωγής στον κλάδο.



Εικόνα 4.1: Ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα .

Κεφάλαιο 5: Υλοποίησή

5.1 Λεπτομέρειες υλοποίησης

Αυτή η ενότητα εισάγει τις συνθήκες διερεύνησης σε αυτή τη διατριβή. Επιλέχθηκαν κατά περίπτωση συγκεκριμένες λύσεις για τη σύνδεση του ηλιακού θερμικού συστήματος και της βοηθητικής πηγής ενέργειας, με κύριο στόχο τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.

Α) Ηλιακό θερμικό σύστημα χωρίς την ανάγκη εφεδρικής πηγής ενέργειας

Το πρώτο σενάριο είναι ότι το ηλιακό θερμικό σύστημα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του. Σενάριο εύκολα κατανοητό αλλά και ανέλπιστα ικανό να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας βιομηχανίας. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά του στοιχεία:

1. Ηλιοθερμικοί συλλέκτες 990 m^2 (495 συλλέκτες των 2 m^2 έκαστος). Οι συστοιχίες συλλεκτών σωλήνων κενού είναι διατεταγμένες σε 25 παράλληλες συστοιχίες, ενώ οι επίπεδες επιλεκτικές πολλαπλές διατάσσονται σε 20.

2. Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού 25.000 λίτρων με εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας (σπειροειδή εναλλάκτη) και δύο ηλεκτρικές αντιστάσεις .

B) Ηλιακό θερμικό σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού ως πρόσθετη πηγή ενέργειας

Η κύρια διαφορά μεταξύ του A και B είναι η συμπληρωματική πηγή θερμότητας. Χρησιμοποιείται αντλία θερμότητας αέρα-νερού. Τα ακόλουθα είναι τα βασικά στοιχεία αυτού του συστήματος:

- 1) Ηλιοθερμικοί συλλέκτες 990 m² (495 συλλέκτες των 2 m² έκαστος). Οι συστοιχίες συλλεκτών σωλήνων κενού είναι διατεταγμένες σε 25 παράλληλες συστοιχίες, ενώ οι επίπεδες επιλεκτικές πολλαπλές διατάσσονται σε 20.
- 2) Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού 25.000 λίτρων με εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας (σπειροειδή εναλλάκτη) και δύο ηλεκτρικές αντιστάσεις
- 3) Αντλία θερμότητας αέρα-νερού 300 kW με δύο ηλεκτρικές αντιστάσεις συνολικής ισχύος 120 kW.

Στο σενάριο σύνδεσης B παρουσιάζεται μια κεντρική δεξαμενή ζεστού νερού η οποία είναι μέρος του. Με τη βοήθεια του εσωτερικού εναλλάκτη θερμότητας, τόσο το ηλιακό πεδίο όσο και η βοηθητική θέρμανση προθερμαίνουν το νερό μέσα στη δεξαμενή. Το δίκτυο θέρμανσης τροφοδοτείται από το κέντρο της δεξαμενής αποθήκευσης, ενώ το Z.N.X. θερμαίνεται από έναν εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας που διατρέχει το μήκος του δοχείου. Υπάρχουν δύο ηλεκτρικές αντιστάσεις για επιπλέον θέρμανση νερού εκτός από την αντλία θερμότητας.

Γ) Ηλιακό θερμικό σύστημα με αντλία θερμότητας γεωεναλλάκτη νερού-νερού ως πρόσθετη πηγή ενέργειας

Τέλος, το σενάριο Γ είναι παρόμοιο με το Β, με εξαίρεση τη συμπληρωματική ενεργειακή πηγή. Η πηγή ενέργειας είναι μια αντλία θερμότητας νερού-νερού. Σε αυτή την περίπτωση, η βοηθητική πηγή παρέχει όλο το νερό που απαιτείται για τη θέρμανση του χώρου, ενώ η βοηθητική πηγή και το ηλιακό πεδίο χρησιμοποιούν τον εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας για την προετοιμασία του νερού μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Το νερό για κατανάλωση ΖΝΧ λαμβάνεται από την κορυφή της δεξαμενής αποθήκευσης. Υπάρχει επίσης μια ηλεκτρική αντίσταση για περαιτέρω θέρμανση νερού εκτός από την αντλία θερμότητας. Μια αντλία θερμότητας σαν και αυτήν προσφέρει το ενεργειακό πλεονέκτημα ότι μπορεί να λειτουργεί με την ίδια απόδοση όλο το εικοσιτετράωρο. Αυτό επιτρέπει την προθέρμανση πριν από τις απαιτήσεις κατά την διάρκεια τις ώρες λειτουργίας στην περίπτωση θέρμανσης των γραφείων και του νερού μέσα στη δεξαμενή. Κατά τη διάρκεια μη λειτουργικών ωρών ένα έξτρα αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται η διατήρηση της θερμοκρασίας τόσο εντός των γραφείων όσο και στο νερό που διατηρείται στη δεξαμενή. Ωστόσο, για να μειωθούν οι απώλειες, το δοχείο αποθήκευσης θα πρέπει να είναι επαρκώς μονωμένο. Αυτή η στρατηγική μειώνει τα θερμικά φορτία που θα απαιτήσει η βιομηχανία κατά τη λειτουργία. Στο κέντρο της δεξαμενής αποθήκευσης τοποθετείται ηλεκτρική αντίσταση έτσι ώστε να υπάρχει κάποιου τύπου εφεδρεία εάν η αντλία θερμότητας ή το ηλιακό πεδίο δεν μπορούν να φτάσουν τις καθορισμένες θερμοκρασιακές ανάγκες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό το σενάριο επιλέχθηκε αφού παλαιότερα είχε κατασκευαστεί στον κλάδο ο γεωθερμικός εναλλάκτης νερού. Τα ακόλουθα είναι τα βασικά στοιχεία αυτού του συστήματος:

- 1) Ηλιοθερμικοί συλλέκτες 990 m^2 (495 συλλέκτες των 2 m^2 έκαστος). Οι πολλαπλές σωλήνων κενού είναι διατεταγμένες σε 25 παράλληλες συστοιχίες, ενώ οι επιλεκτικές πολλαπλές στάθμης είναι διατεταγμένες σε 20.
- 2) Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού 25.000 λίτρων με εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας (σπιράλ εναλλάκτη) και αντίσταση.
- 3) Ισχυρή αντλία θερμότητας νερού-νερού 560 kW με ηλεκτρική αντίσταση 90 kW
- 4) Εναλλάκτης γεωθερμικού νερού που βρίσκεται 50 μέτρα υπόγεια.

Κεφάλαιο 6

Στην ενότητα αυτή θα διερευνηθεί η εγκατάσταση του ηλιοθερμικού συστήματος στη βιομηχανία. Η μελέτη περιλαμβάνει την εγκατάσταση ενός τύπου ηλιακών θερμικών συλλεκτών καθώς και την εξέταση τριών διαφορετικών καταστάσεων προκειμένου να προκύψει η καλύτερη.

6.1 Αποτελέσματα

Ο παρακάτω πίνακας περιέχει ορισμένες σχετικές πληροφορίες για τον τύπο συλλέκτη:

Πίνακας 6.1: Χαρακτηριστικά ηλιακών θερμικών συλλεκτών

Τύποι Συλλεκτών	Συντελεστής θερμικής απώλειας FR·UL	Συντελεστής μηδενικών απωλειών FR(τα)n	Διορθωτικός παράγοντας (τα) (τα)n Σωλήνων κενού
Σωλήνων κενού	1,793,75	0,73	0,87-0,90

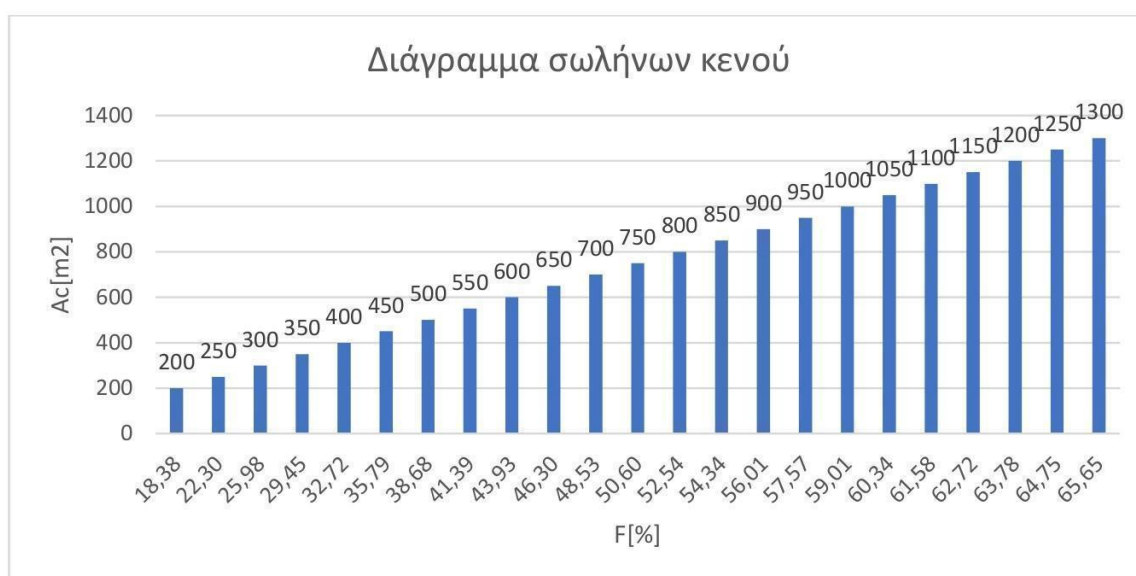
Είναι σημαντικό ότι για τον τύπο του διορθωτικού παράγοντα :

$$(τα)/(τα)n$$

καθώς και η εποχή του χρόνου, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γωνία στην οποία είναι εγκατεστημένο το ηλιακό πάνελ. Σύμφωνα με το πρότυπο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 / 2017, η πιο αποδοτική γωνία εγκατάστασης για τη συγκεκριμένη εφαρμογή της οποίας η έδρα βρίσκεται στην Κοζάνη και η λειτουργία της είναι ετήσια είναι ίση με 45°. Επιπλέον, το ίδιο πρότυπο χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των υπόλοιπων βασικών μεταβλητών.

Ακολουθούν μερικές από τις πιο σημαντικές παρατηρήσεις:

- ❖ Ένα ηλιακό ποσοστό μεγαλύτερο από 100 τοις εκατό επιτυγχάνεται στους συλλέκτες σωλήνων κενού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό οφείλεται στα μεγαλύτερα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας στη Βόρεια Ελλάδα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες,
- ❖ Τους χειμερινούς μήνες και με την χρήση αυτών των συλλεκτών, επιτυγχάνονται πιο χαμηλά ποσοστά ηλιακής ενέργειας γιατί είναι δύσκολο να φτάσει η θερμοκρασία του νερού πέρα από τους 50°C, ειδικά στη Βόρεια Ελλάδα.



Εικόνα 6.1: Διάγραμμα σωλήνων κενού

Βάση του παραπάνω διαγράμματος παρατηρούμε συνεχή αύξηση του ηλιακού κλάσματος όσο αυξάνεται και η επιφάνεια των ηλιακών πάνελ κατά 3-4%. Εντούτοις φτάνοντας στην περιοχή των 990 m² η αύξηση είναι σχεδόν αμελητέα, γεγονός που την καθιστά την καταλληλότερη για την κάλυψη των

αναγκών μας.

A) Ηλιακό θερμικό σύστημα χωρίς την ανάγκη εφεδρικής πηγής ενέργειας

Οι υπολογισμοί αποκάλυψαν ότι η χρήση μόνο του ηλιακού θερμικού συστήματος δεν είναι κατάλληλη. Ωστόσο για την διερεύνηση και την απόδειξη της μη ορθότητας του σεναρίου χρησιμοποιήθηκε ένας τύπος συλλεκτών. Για τους συλλέκτες σωλήνων κενού δεν μπορεί να υπερβαίνει το 60 τοις εκατό. Τα ποσοστά φτάνουν ή και ξεπερνούν το 100% την άνοιξη και ιδιαίτερα το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα είναι κάτω από 15%. Επιπλέον, επειδή αυτό το σύστημα βασίζεται εξ ολοκλήρου στην ηλιακή ακτινοβολία η οποία αυξομειώνεται συνεχώς φτάνουμε στο αποτέλεσμα άλλοτε να παρέχει μεγάλη ποσότητα ηλιακής ενέργειας και άλλοτε μηδενική. Ως εκ τούτου, το να βασιζόμαστε μόνο σε ένα ηλιακό θερμικό σύστημα για την παροχή θερμικών απαιτήσεων δεν είναι το κατάλληλο ενεργειακό σενάριο. Απαιτείται συνύπαρξη με βοηθητική πηγή ενέργειας για την παροχή της θερμικής ενέργειας για περιπτώσεις μη επάρκειας του ηλιοθερμικού συστήματος από μόνο του.

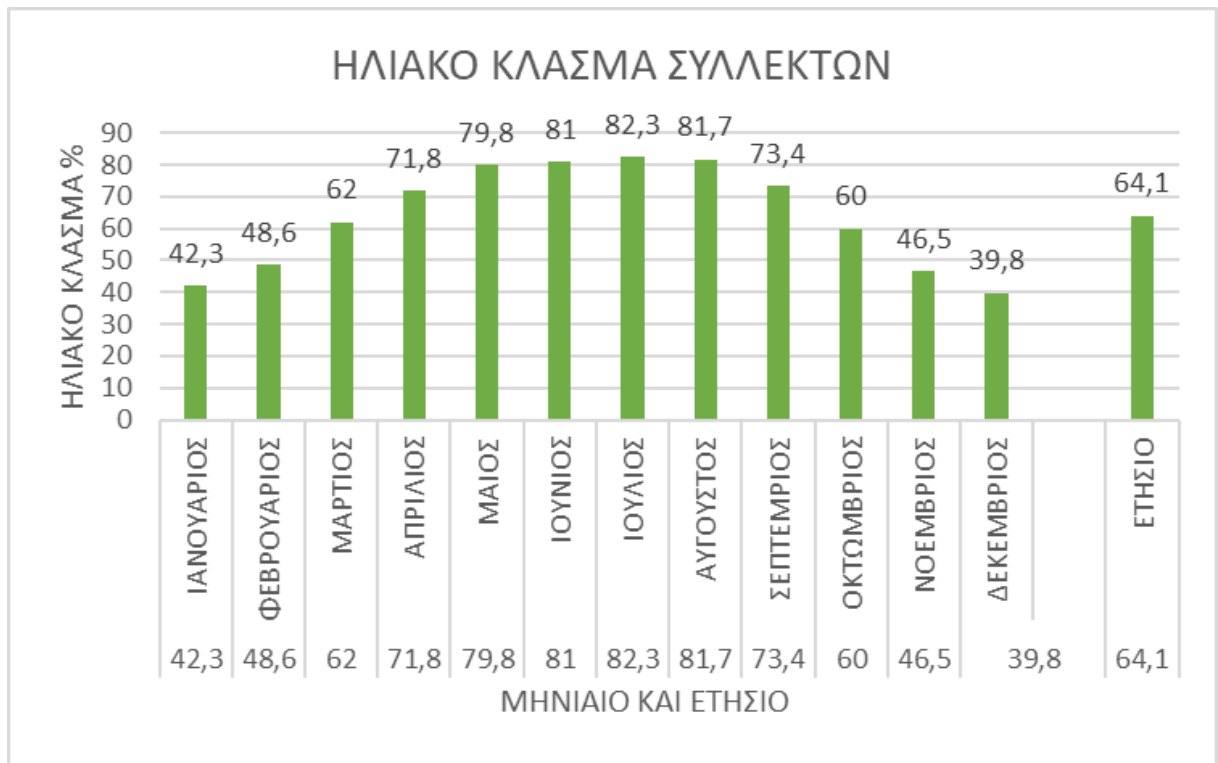
B) Ηλιακό θερμικό σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού ως πρόσθετη πηγή ενέργειας.

Το γεγονός ότι οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα που χρησιμοποιούν ένα μικρό ποσοστό της ενέργειας από την οποία παράγουν μόλις (20-40%). Τις ταξινομεί ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Εντούτοις το εν λόγω σενάριο με την αντλία θερμότητας αέρα-νερού δεν μπορεί καλύψει τις ανάγκες μας και να σταθεί πλήρως λειτουργικό και αποδοτικό. Τόσο γιατί μια τέτοια εγκατάσταση δεν μπορεί να λειτουργήσει στην συγκεκριμένη περιοχή λόγω καιρικών συνθηκών, όσο και για το ότι δεν μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις της βιομηχανίας σε ZNX και θέρμανση και στην προκειμένη περίπτωση το σενάριο B είναι μια ανεπαρκής πηγή ενέργειας, γεγονός που παρουσιάζεται αναλυτικότερα στον παρακάτω πίνακα (6.2) και στην συνέχεια στο διάγραμμα: Εικόνα (6.2).

Πίνακας 6.2: Ετήσιο ηλιακό κλάσμα συλλέκτη σεναρίου Β

Μήνες	Ηλιακό κλάσμα
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	42,3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	48,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	62
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	71,8
ΜΑΙΟΣ	79,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	81
ΙΟΥΛΙΟΣ	82,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	81,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	73,4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	46,5
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	39,8
ΕΤΗΣΙΟ	64,1



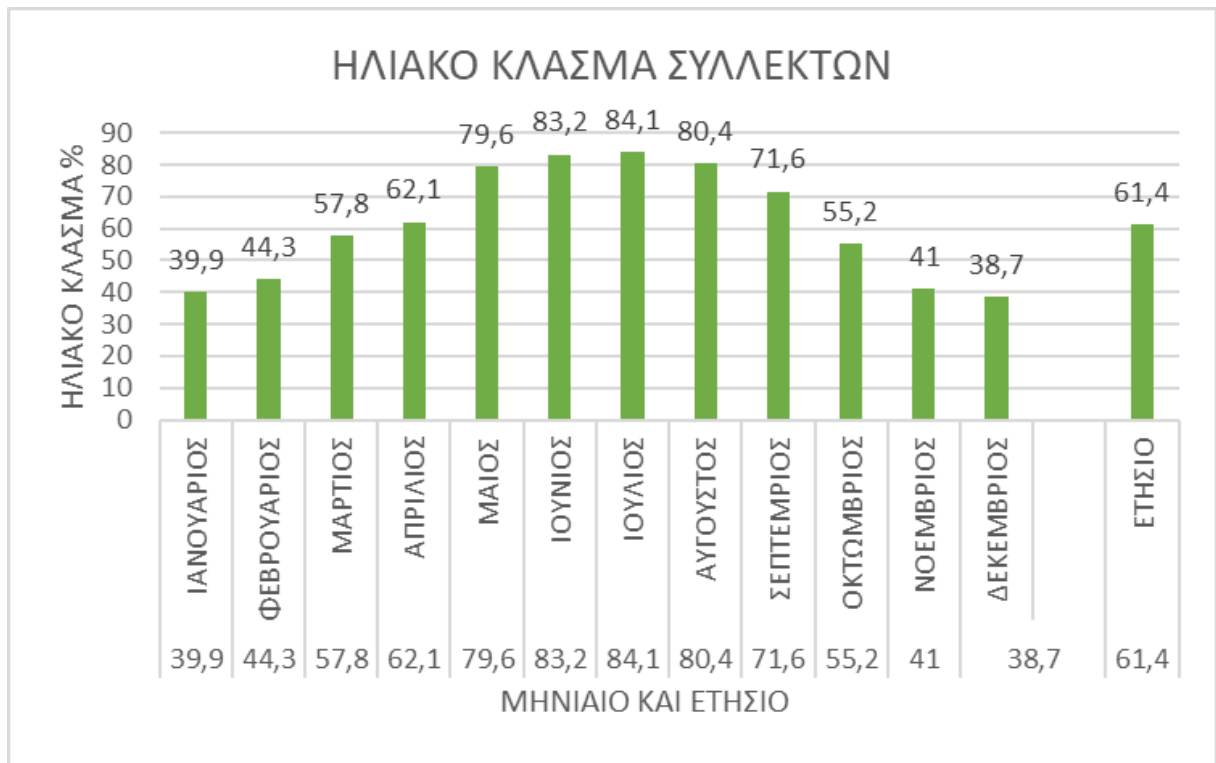
Εικόνα 6.2: Διάγραμμα Ηλιακού κλάσματος Β σεναρίου

Γ) Ηλιακό θερμικό σύστημα με αντλία θερμότητας γεωεναλλάκτη νερού-νερού ως πρόσθετη πηγή ενέργειας

Στην περίπτωση του σεναρίου Γ, οι συλλέκτες σωλήνων κενού είναι πολύ αποτελεσματικοί. Πιο συγκεκριμένα, οι συλλέκτες σωλήνων κενού παρέχουν μεγάλο ηλιακό κλάσμα για όλους τους μήνες του έτους.. Αν και υπάρχουν μικρές διαφορές με το Β. Αυτό οφείλεται στη χρήση παρόμοιας πηγής ενέργειας ως εφεδρική γεγονός που παρουσιάζεται αναλυτικότερα στον παρακάτω πίνακα (6.3) και στην συνέχεια στο διάγραμμα: Εικόνα (6.3).

Πίνακας 6.3: Ετήσιο ηλιακό κλάσμα συλλέκτη σεναρίου Γ

Μήνες	Ηλιακό κλάσμα
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	39,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	44,3
ΜΑΡΤΙΟΣ	57,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,1
ΜΑΙΟΣ	79,6
ΙΟΥΝΙΟΣ	83,2
ΙΟΥΛΙΟΣ	84,1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	80,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	71,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	55,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	41
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	38,7
ΕΤΗΣΙΟ	61,4



Εικόνα 6.3: Διάγραμμα Ηλιακού κλάσματος Γ σεναρίου

Αξίζει να γίνει μια αναφορά στη μεγάλη διαφορά στην τελική κατανάλωση ενέργειας μεταξύ των σεναρίων Γ και Β σε σχέση με διαφορετικού τύπου λύσεις θέρμανσης συσκευές όπως παραδείγματος χάρι λέβητας αερίου ή υγρών καυσίμων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αντλίες θερμότητας, ως συσκευές, λαμβάνουν λιγότερη τελική ενέργεια για να δημιουργήσουν χρησιμοποιήσιμη θερμότητα από τους λέβητες, και ταξινομούνται επίσης ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπλέον, επειδή η θερμοκρασία του νερού είναι τόσο χαμηλή όσο υψηλότερη είναι και η απόδοση μιας αντλίας θερμότητας της οποίας η θερμοκρασία εισόδου είναι σταθερή και ίση με 15 °C.

Στην συνέχεια περνάμε στο επόμενο στάδιο, αυτό της οικονομοτεχνικής ανάλυσης, προκειμένου να υπολογιστεί η Ανάλυση Κόστος Κύκλου Ζωής.

6.2 Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Κατά τη μελέτη της εγκατάστασης κρίνεται αναγκαία η πραγματοποίηση μιας οικονομικής αξιολόγησης. Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα των συστημάτων ΑΠΕ είναι το υψηλό αρχικό κόστος που απαιτείται για την εγκατάστασή τους. Σε πολλές περιπτώσεις η υλοποίηση κάποιων συστημάτων Α.Π.Ε. δεν είναι μια οικονομικά σκόπιμη επένδυση, αν και το αντίθετο μπορεί να ισχύει για την ενέργεια και το περιβάλλον. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η μεθοδολογία που ακολουθείται για την οικονομική αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων είναι η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής. Αυτή η μεθοδολογία χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των εκάστοτε εναλλακτικών επενδυτικών σεναρίων που υπάρχουν και είναι εφικτά στο να υλοποιηθούν, με βάση το συνολικό κόστος της επένδυσης καθώς και τη διάρκεια ζωής της.

Λαμβάνοντας υπόψιν το αρχικό κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας (κόστος συντήρησης, κόστος ενέργειας κ.λπ.) καθώς και το κόστος στο τέλος της ωφέλιμης ζωής (μεταπώληση, αποξήλωση, διάθεση κ.λπ.). Τα λειτουργικά κόστη μειώνονται στην παρούσα αξία τους (συνολικό ποσό που θα εξασφαλιστεί σήμερα για τη χρηματοδότηση μελλοντικών δαπανών), χρησιμοποιώντας κατάλληλο ποσοστό μείωσης, το οποίο συνήθως περιλαμβάνει το ποσοστό πληθωρισμού. Ακολουθεί η εξίσωση για τον υπολογισμό του Κύκλου Κόστους Ζωής (ΚΚΖ) (Κυριακή Ε., 2020):

$$\text{Κ.Κ. Ζ.} = \text{Cin} + \sum_{i=1}^n \frac{\text{Cen} \cdot (1+e)^t + \text{CO\&M} \cdot (1+f)^t}{1+d)^t} \pm \text{S.V.}$$

Όπου:

- 1) **Cin:** Κόστος επένδυσης(€)
- 2) **n:** Διάρκεια ζωής έργου
- 3) **t:** Έτος
- 4) **Cen:** Κόστος ενέργειας
- 5) **CO&M:** Κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- 6) **e:** Ρυθμός αύξησης κόστους ενέργειας

- 7) **f:** Πληθωρισμός
- 8) **d:** Αναγωγικό επιτόκιο
- 9) **S.V.:** Υπολειμματική αξία

Στην περίπτωση του Α σεναρίου, όπου αφορά την αποκλειστική κάλυψη θερμικών αναγκών από το ηλιακό θερμικό σύστημα, το Κ.Κ.Ζ. δεν θα υπολογιστεί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι καιρικές συνθήκες στη συγκεκριμένη περιοχή όπου βρίσκεται η βιομηχανία (Κλιματική ζώνη Δ) είναι δύσκολες, επομένως δεν λειτουργεί. Το ίδιο συμβαίνει και στο Β σενάριο όπου η αντλία θερμότητας αέρα-νερού χρησιμοποιείται ως βοηθητική πηγή ενέργειας για τους ίδιους ακριβώς λόγους.

Γ ΣΕΝΑΡΙΟ

Στην περίπτωση του Γ σεναρίου επίσης αναφέρονται παρακάτω:

- 1) Συλλέκτες σωλήνων κενού 990 m²: 72.000 Ευρώ
- 2) Αντλία θερμότητας νερού-νερού 560 kW: 100.000 Ευρώ (Climaveneta, 2021).
- 3) Δοχεία αποθήκευσης 25.000 λίτρων με εσωτερικό σπειροειδή εναλλάκτη θερμότητας: 2.500 ευρώ
- 4) 5.000 € για περαιτέρω εξαρτήματα εγκατάστασης.
- 5) Ετήσιο κόστος συντήρησης: 1.000 Ευρώ

Έτσι, το συνολικό κόστος εγκατάστασης για το ηλιοθερμικό σύστημα με συλλέκτες σωλήνων κενού κοστίζουν 180.500€.

Και στην παρούσα περίπτωση, η επένδυση έχει διάρκεια ζωής 20 χρόνια.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 6.2, στα 2% αύξηση στην τιμή της ενέργειας .

Πίνακας 6.3 Αποτελέσματα Γ σεναρίου για 2% αύξηση του κόστους ενέργειας

	Γ ΣΕΝΑΡΙΟ (σωλήνων κενού)
Κόστος κύκλου ζωής	582.828 €
Κόστος ενέργειας	408.592 €
Χρόνος εξόφλησης	3,6 έτη

Μερικά σημαντικά συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τα προηγούμενα ευρήματα είναι ότι ενώ η εγκατάσταση ενός ηλιακού συστήματος με βοηθητική πηγή ενέργειας αντλία θερμότητας νερού-νερού βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση και μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, απαιτεί υψηλό αρχικό κεφάλαιο επένδυσης, αυξάνοντας το συνολικό κόστος εγκατάστασης. Περαιτέρω τα έξοδα συντήρησης είναι και αυτά υψηλά, γεγονός που έχει αρνητικές επιπτώσεις στο Κ.Κ.Ζ., η απόδοσή της είναι υψηλότερη στον σημερινό τομέα καθώς επεκτείνονται οι εγκαταστάσεις ZNX. Αυτό συμβαίνει επειδή η αντλία θερμότητας είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, πράγμα που σημαίνει ότι η τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας που παράγει συνδέεται άμεσα με το οικονομικό σκέλος της εγκατάστασης. Ως αποτέλεσμα το Κόστος Κύκλου Ζωής. Τέλος, όσον αφορά τον χρόνο εξόφλησης, φαίνεται ότι είναι σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η βιομηχανία καταναλώνει πολύ υγραέριο ετησίως, πράγμα που σημαίνει ότι η εγκατάσταση ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης εξοικονομεί αρκετούς τόνους καυσίμων. Επιπλέον, λόγω του υψηλότερου αρχικού κόστους απόκτησης του εξοπλισμού, η περίπτωση του Γ σεναρίου είναι αισθητά συμφέρουσα.

Εν τέλει, η προαναφερθείσα έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού με ηλιακούς συλλέκτες σωλήνων κενού είναι πιο συμφέρουσα για αυτόν τον κλάδο.

Κεφάλαιο 7

7.1 Συμπεράσματα

Τρία σενάρια ηλιακών θερμικών συστημάτων διερευνήθηκαν λεπτομερώς. Η σύγκριση αυτών των καταστάσεων βασίστηκε στη βοηθητική πηγή ενέργειας, χωρίς βοηθητική πηγή ενέργειας στο πρώτο σενάριο. Μια αντλία θερμότητας αέρα-νερού ως βοηθητική πηγή ενέργειας στο δεύτερο σενάριο και γεωθερμική αντλία νερού-νερού αντίστοιχα στο τρίτο. Ο στόχος ήταν να καθοριστεί το πιο ενεργειακά αποδοτικό και οικονομικό σενάριο.

Η εκτίμηση των θερμικών φορτίων του κλάδου ήταν το πρώτο βήμα για τη διαστασιολόγηση ενός ηλιοθερμικού συστήματος. Κατά τους χειμερινούς μήνες, η βιομηχανία απαιτεί τη θέρμανση χώρων γραφείων καθώς και τεράστια ποσότητα (25.000 l) ZNX σε θερμοκρασία 80°C για τη διαδικασία παραγωγής. Σύμφωνα με τους μετρητές καυσίμου, η χρήση υγραερίου για τις δύο παραπάνω διαδικασίες είναι 71 t ετησίως. Αυτό σημαίνει ότι η απαιτούμενη ετήσια θερμική ενέργεια είναι 901.856 kWh. Ωστόσο, θεωρείται σημαντικό να διαχωριστεί η σημαντική ποσότητα ενέργειας που δαπανάται για τη θέρμανση του χώρου γραφείου από την ενέργεια που δαπανάται για την κατανάλωση ZNX. Με αυτά τα δύο στοιχεία κατανέμεται η απαιτούμενη θερμική ενέργεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, λαμβάνοντας υπόψη ότι η βιομηχανική παραγωγή είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και ότι η χειμερινή περίοδος στην Κοζάνη διαρκεί από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο.

Σε αυτή τη μελέτη διερευνήθηκε ένας τύπος ηλιακών θερμικών συλλεκτών για τη σύνθεση του ηλιοθερμικού συστήματος. Συλλέκτες σωλήνων κενού. Η προσέγγιση του διαγράμματος f χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της περιοχής συλλογής που θα εγκατασταθεί. Η ιδανική επιφάνεια συλλογής βρέθηκε να είναι 990 m² όταν εφαρμόστηκε η διαδικασία με βηματική αύξηση 50m² στην επιφάνεια συλλογής.

Το σενάριο A κρίθηκε ακατάλληλο εξ αρχής λόγω της κλιματικής ζώνης της περιοχής. Το B σενάριο, στο οποίο η συμπληρωματική πηγή ενέργειας είναι μια αντλία θερμότητας αέρα-αέρα, δεν είναι κατάλληλο για τη βιομηχανία, σύμφωνα με την ενεργειακή μοντελοποίηση και αυτό για τους ίδιους λόγους. Τέλος, το σενάριο Γ είναι μια παραλλαγή του B σεναρίου με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού ως συμπληρωματική πηγή ενέργειας έχοντας υψηλότερα ποσοστά αποδοτικότητας στην παρούσα βιομηχανία.

Η επιλογή συλλεκτών σωλήνων κενού βελτιώνει την απόδοση του ηλιοθερμικού συστήματος. Αυτό οφείλεται στις θερμοκρασιακές εγκαταστάσεις του κλάδου στα Ζ.Ν.Χ. είναι πολύ ψηλά.

Η οικονομική και τεχνολογική εξέταση των σεναρίων είναι η τελευταία ενότητα της διατριβής, ειδικότερα ο υπολογισμός του Κόστους Ζωής. Τα δύο πρώτα σενάρια παραλείπονται λόγω μη αποδοτικότητας. Στην συνέχεια προχωρήσαμε στον υπολογισμό εγκατάστασης του Γ σεναρίου, καθώς μπορεί να καλύψει τις ανάγκες Ζ.Ν.Χ. και διάφορες ανάγκες θέρμανσης χώρων. Αν και το σχέδιο Γ απαιτεί υψηλή αρχική επένδυση σε εξοπλισμό. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι ΑΠΕ που οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Επειδή αυτά τα ενεργειακά κέρδη έχουν άμεση επίδραση στο κόστος του κύκλου ζωής.

Επιπλέον, λόγω των υψηλότερων ποσοστών ηλιακής ενέργειας που επιτυγχάνονται, το κόστος κύκλου ζωής των συλλεκτών σωλήνων κενού είναι πολύ χαμηλότερο. Τέλος, ολοκληρώνονται οι υπολογισμοί του χρόνου αποπληρωμής. Τα διαστήματα αποπληρωμής για την εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμικού συστήματος διαφέρουν ελαφρώς, γεγονός που εξαρτάται κυρίως από το συνολικό κόστος απόκτησης του εξοπλισμού.

Το σενάριο Γ, το οποίο περιλαμβάνει ηλιακούς συλλέκτες σωλήνων κενού και μια γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού, είναι η καλύτερη επιλογή για την εγκατάσταση ενός ηλιοθερμικού συστήματος στην τρέχουσα βιομηχανική μονάδα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία αυτά αφορούν την κλιματική ζώνη Δ όπου βρίσκεται η μονάδα. Τα πιθανά αποτελέσματα της αλλαγής των κλιματικών δεδομένων δεν είναι εντελώς διαφορετικά. Για παράδειγμα, εάν η βιομηχανία βρισκόταν στην κλιματική ζώνη Α, η απόδοση του ηλιοθερμικού συστήματος ήταν σημαντικά υψηλότερη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το σύστημα ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντικά μεγαλύτερο εκεί, με αποτέλεσμα υψηλότερα ηλιακά κλάσματα. Επιπλέον, το σενάριο Β με αντλία θερμότητας αέρα-νερού δεν αποκλείστηκε επειδή οι κανονικές χειμερινές θερμοκρασίες δεν είναι κάτω από 5°C, επομένως η απόδοση της αντλίας θερμότητας αέρα δεν είναι τόσο κακή.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εγκατάσταση ενός ηλιοθερμικού συστήματος για μια βιομηχανική μονάδα με υψηλές θερμοκρασίες και ποσοτικά δεδομένα σε ZNX το ηλιακό θερμικό σύστημα θα λειτουργεί πάντα σε συνδυασμό με μια βοηθητική πηγή ενέργειας, και όχι αποκλειστικά, επειδή τα ηλιακά κλάσματα που επιτυγχάνονται δεν αγγίζουν υψηλά επίπεδα, υπονοώντας ότι δεν μπορούν να καλύψουν το 100% της ζήτησης.

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η διερεύνηση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος (σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ΑΠΕ), το οποίο θα καλύψει μεγάλο ποσοστό της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας του κλάδου, θα πρέπει να είναι το επόμενο βήμα της έρευνας.

Βιβλιογραφία

Amanatidis, G., & Cujkova, J. (2019). European policies on climate and energy towards 2020, 2030 and 2050. IPOL| Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, PE 631.047 .

Allouhi, A., Agrouaz, Y., Amine, M.B., Rehman, S., Buker, M.S., Kousksou, T., Jamil, A., & Benbassou, A. (2017). Design optimization of a multi-temperature solar thermal heating system for an industrial process. *Applied Energy* 206 (2017) 382-392..

Bolognese, M., Viesi, D., Bartali, R. & Grema L. (2020). Modeling study for low-carbon industrial processes integrating solar thermal technologies. A case study in the Italian Alps: The Felicetti Pasta Factory. *Solar Energy* 208 (2020) 548-558.

Best, R. B., Aceves, H., Islas, S., Fabio, L., Manzini, P., Pilatowsky, I. F., Scoccia, R. & Motta, M. (2013). Solar cooling in the food industry in Mexico: A case study. *Applied Thermal Engineering* 50 (2013) 1447-1452.

Climaveneta. (2021). Ενημέρωση τιμών για γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού, προσωπική επικοινωνία.

Cottret, N. & Menichetti, E. (2012). Solar Heat for industrial processes (SHIP). State of the art in the Mediterranean region.

Druck & Harold. (2011). Potential, market and practical experience with solar process heat. Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering, Research and Testing Centre for Thermal Solar Systems. Environmental and Energy Study Institute.

Duffie, J.A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of thermal process* (Fourth edition). John Wiley & Sons Inc, New Jersey, United States of America.

EAA. (2019). Trends and projections in Europe 2019 (Issue 15).

Eiholzer, T., Olsen, D., Hoffmann, S., Sturm, B., & Wellig, B. (2017). Integration of a solar thermal system in a medium-sized brewery using pinch analysis: Methodology and case study. *Applied Thermal Engineering* 113 (2017) 1558-1568.

Eurostat. (2015). Energy Efficiency in Buildings. <https://epthinktank.eu/2016/07/08/energyefficiency-in-buildings/>. Τελευταία πρόσβαση: Ιούνιος 2022.

Garg, H. P., Mullick, S. C., & Bhargava, A. K. (1985). Solar thermal energy storage. D.Reidel.

Gosselar, J. & Johnson, M. (2011). Solar thermal energy for industrial uses.

Environmental and Energy study institute. December 2011.

IEA. (2019). Solar Heat Worldwide – Global Market Development and Trends in 2018|

IEA. (2017). Energy Policies of IEA countries – Greece 2017 review. OECD. Detailed Market Figures 2017 (Edition 2019).

IEA. (2021). Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020. <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>.

IEO. (2017). U.S. Energy Department sees sizable increase in world energy use till 2040. <https://energypost.eu/15718-2/>.

Karagiorgas, M., Botzios, A., Tsoutsos, T. (2001). Industrial solar thermal applications in Greece Economic evaluation, quality requirements and case studies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 5 (2001) 157-173.

Koussa, M., Haken, S. A., Saheb, D., Sami, S., Belkhamza, H., Zoubir, B., Lalaoui, M. A., Mustapha, H. (2015). Effect of parallel and serie connection configuration of solar collector on the solar system. International Renewable Energy Congress (IREC) 2015.

Lauterbach, C., Schmitt, B. & Vajen, K. (2014). System analysis of a low-temperature solar process heat system. Solar Energy 101 (2014) 117-130.

Okafor, I. F. & Akubue, G. (2012). F-chart method for designing solar thermal water heating systems. International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 3, September-2012 (ISSN 2229-5518).

Patel, K., Mrs. Patel, P. & Mr. Patel, J. (2012). Review of solar water heating systems. International Journal of Advanced Engineering Technology E-ISSN 0976-3945.

Peuser Felix, A., Remmers, K. H., Schnauss, M. (2010). Solar Thermal Systems, Successful Planning and Construction. London. Solarpraxis AG.

Petrakopoulou, F. & Loizidou, M. (2015). Energy Statistics and Renewable Energy

Potential of Greece - Identification of the case study. GENERGIS – Green Energy for Islands, 2012-IEF-332028.

Regnagel & Sprenger. (1989). Θέρμανση και Κλιματισμός: 1. Θέρμανση. 59η Έκδοση. Αθήνα: Γκιούρδας, Μ. .

Sharad, S., & Harvey, K. (2016). Global Trends in Renewable Energy. KPMG.Sol Energy Hellas S.A. (2001). <https://www.globalsolenergy.gr/>.

Sonne S. A. (2021). <https://www.sonne.gr/kentrika-systimata-veviasmenis-kykloforias/glasskentrika-sistimata-veviasmenis-kikloforias.html> .

Tsoutsos, T. D., Karagiorgas, M., Zidianakis, G., Drosou, V., Aidonis, A., Gouskos, Z. & Moeses, C. (2009). Development of the applications of solar thermal cooling system in Greece and Cyprus (vol 18-7b).

Uppal, A., Dr. Kesari, J. P., & Zunaid, M. (2016). Designing of Solar Process Heating System for Indian Automobile Industry. International journal of renewable energy research (vol 6-4, 2016).

Αμάραντος, Π., Δακούρας, Σ., Νταγκούμας, Α., Παυλίδης, Π. (2006). Οι προοπτικές των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα με βάση το νέο θεσμικό πλαίσιο. Μόνιμη επιτροπή ενέργειας Τ.Ε.Ε./Τ.Κ.Μ.

Ζάρρα, Δ. (2020). Στόχοι Ενεργειακής Πολιτικής σε Ευρώπη και Ελλάδα, Στροφή προς το Υδρογόνο. <https://www.envinow.gr/>.

IENE. (2019). Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας (Ετήσια Έκθεση 2019). <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>.

Κ.Α.Π.Ε. (2018). Energy Efficiency trends and policies in Greece.

Κ.Α.Π.Ε. (2002). Θερμικά ηλιακά συστήματα (Θ.Η.Σ.) σε βιομηχανικές εφαρμογές – Οδηγίες σχεδιασμού και συντήρησης. ALTENER 4. 1030/Z/02-084/2002

Κ.Π.Ε. (2008). Ενέργειας, από τη φύση στην κοινωνία.

Κατσαπρακάκης, Δ. (2015). Σύνθεση ενεργειακών συστημάτων. [ηλεκτρονικό

βιβλίο]. Αθήνα:

Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Κεφ. 5.

Κικίης Α. (2021). Εφαρμογή ηλιοθερμικών συστημάτων στον βιομηχανικό τομέα. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κυριακή, Ε. (2020). Ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Στεργιόπουλος, Σ. (2018). Βελτιστοποίηση εναλλάκτη θερμότητας δοχείου αποθήκευσης για ηλιακά θερμικά συστήματα. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μιλισάρης, Β. (2013). Συγκριτική μελέτη θερμικών ηλιακών συστημάτων για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στην περιοχή των Χανίων: Οικονομική και ενεργειακή ανάλυση. Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. (2011). Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών [Εκπαιδευτικό υλικό]. Θεματική ενότητα ΔΕ4: Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Ταραμονλής, Γ. (2021). Ενημέρωση τιμών για λέβητα υγραερίου, προσωπική επικοινωνία.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. (2017). Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017: Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

Φυσικές Ιδιότητες Υγραερίου.(2017).
http://www.nomoskopio.gr/a_14858_93_1_3.php?toc=0&printWindow&.

Υδροκλίμα Α. Ε. (2021).
<https://www.hydroclima.gr/default1c16.html?lang=el&id=1>.

