

Π Ο Λ Υ Τ Ε Χ Ν Ε Ι Ο Κ Ρ Η Τ Η Σ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ) σε ξενοδοχειακή μονάδα
μέσω ηλιοθερμίας, γεωθερμίας και ανάκτησης από ψυκτικά
συγκροτήματα.**

Παρανυχιανάκης Στέργιος

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής: Κονσολάκης Μιχαήλ
Ιψάκης Δημήτριος

Χανιά, 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Σπύρο Παπαευθυμίου, για την ανάθεση διπλωματικής εργασίας του ενδιαφέροντος μου. Επιπλέον, θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στη διοίκηση του AVRA IMPERIAL HOTEL, και κυρίως τον κύριο Πολέντα Παναγιώτη, υπεύθυνο μηχανολογικών εγκαταστάσεων του ξενοδοχείου, για την βοήθεια του στην παροχή των δεδομένων λειτουργίας της εγκατάστασης. Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην εταιρεία ΥΔΡΟΚΛΙΜΑ Α.Ε και κυρίως στον πατέρα μου, κύριο Παρανυχιανάκη Νικόλαο, για την αμέριστη βοήθεια του σε οποιαδήποτε απορία – διευκρίνιση κλήθηκε να απαντήσει και για όλη την καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X) σε ξενοδοχειακές μονάδες απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας, γεγονός που αυξάνει το κόστος λειτουργίας της επιχείρησης. Μειώνοντας το κόστος παραγωγής των Z.N.X, συμβάλλουμε στην ρύθμιση του κόστους διανυκτέρευσης, καθορίζοντας έτσι την κερδοφορία της επιχείρησης.

Η παραγωγή ZNX με την χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως η ηλιοθερμία, η γεωθερμία και η ανάκτηση θερμότητας από άλλες πηγές (π.χ μονάδες παραγωγής ψύξης) συμβάλουν στην μείωση του κόστους παραγωγής των Z.N.X, και κατά συνέπεια, στην μείωση του κόστους λειτουργίας της επιχείρησης, καθώς και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης .

Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή των παραπάνω συστημάτων για την κατανόηση του τρόπου λειτουργία τους. Ακολούθως, εξετάζεται η εφαρμογή τους σε ξενοδοχειακή μονάδα της περιοχής των Χανίων.

Γίνεται αναφορά στην ηλιακή ενέργεια και στο πως αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή Z.N.X μέσω ηλιακών συλλεκτών. Ακολούθως περιγράφεται εν συντομία η γεωθερμική ενέργεια και γίνεται περεταίρω εμβάθυνση στα συστήματα αβαθούς γεωθερμίας τα οποία αποτελούν μέρος της εφαρμογής που μελετάτε.

Έπειτα, γίνεται αναφορά στην ανάκτηση θερμότητας από Αντλίες Θερμότητας. Περιγράφεται ο ψυκτικός κύκλος καθώς και σε τί αναφέρεται ο βαθμός απόδοσης που τις περιγράφει. Τέλος, παρουσιάζονται οι εναλλάκτες θερμότητας (τύποι, τρόπος λειτουργίας) και η χρήση τους για την παραγωγή Z.N.X μέσω ανάκτησης θερμότητας.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη προς μελέτη εφαρμογή, το μέγεθος της καθώς και τις λύσεις που θα εφαρμοστούν. Γίνεται υπολογισμός των απαιτήσεων σε Z.N.X και στη συνέχεια ο σχεδιασμός των επιμέρους συστημάτων (ηλιακό πεδίο, γεωθερμική εφαρμογή, ανάκτηση θερμότητας από Α.Θ), συμπεριλαμβανομένων των βασικών εξαρτημάτων (αντλίες – κυκλοφορητές, εναλλάκτες). Επιπλέον περιγράφεται εν συντομία ο Αυτοματισμός ελέγχου και λειτουργίας (BMS) της εφαρμογής.

Τέλος, γίνεται παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής όσο αφορά τη εξοικονόμηση ενέργειας, τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις καθώς και το κόστος λειτουργίας και γίνεται σύγκριση με τρεις εναλλακτικές μεθόδους κάλυψης των απαιτήσεων Z.N.X.

Περιεχόμενα

1. ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ	11
1.1 Ηλιακή Ενέργεια	11
1.2 Ηλιακοί συλλέκτες.....	14
1.3 Ηλιοθερμικά συστήματα	18
1.3.1 Κατηγορίες των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων	18
1.3.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα φυσικής κυκλοφορίας	20
1.3.3 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.....	21
2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	24
2.1 Εισαγωγή	24
2.2 Συστήματα Αβαθούς Γεωθερμίας	25
2.2.1 Ανοικτά γεωθερμικά συστήματα	28
2.2.2 Κλειστά γεωθερμικά συστήματα	30
2.3 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	31
2.4 Εφαρμογές.....	32
3. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	33
3.1 Ψυκτικός κύκλος.....	33
3.2 Αντλίες θερμότητας.....	34
3.3 Εναλλάκτες θερμότητας.....	37
3.4 Ανάκτηση από Αντλίες Θερμότητας και Ψυκτικά συγκροτήματα	41
3.5 Εφαρμογές.....	45
4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Ζ.Ν.Χ ΞΕΝΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	47
4.1 Περιγραφή εφαρμογής	47
4.2 Περιγραφή ηλιακού πεδίου	49
4.3 Αξιολόγηση Ηλιακού πεδίου	67
4.3.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών	67
4.3.2 Αποτελέσματα αξιολόγησης ηλιακού πεδίου	72
4.4 Περιγραφή γεωθερμικής εφαρμογής	78
4.5 Ανάκτησης θερμότητας από ψυκτικές μονάδες	95
4.6 Δίκτυο Ανακυκλοφορίας	104
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	110
5. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (BMS)	111

5.1 Περιγραφή συστημάτων BMS	111
5.2 Σενάριο λειτουργίας	114
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ	116
6.1 Αποτελέσματα Λειτουργίας για τα Έτη 2014 – 2019	116
6.2 Εναλλακτικές Λύσεις - Σύγκριση Σεναρίων	122
6.2.1 Σενάριο Β - Λέβητας Πετρελαίου 542 kW (COP = 0.85) + Ηλιακό Πεδίο (όμοιο με επιλεχθείσα λύση).....	123
6.2.2 Σενάριο Γ - Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας 542 kW (COP = 3.3) + Ηλιακό Πεδίο (όμοιο με επιλεχθείσα λύση).....	125
6.2.3 Σενάριο Δ- Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας 542 kW (COP = 3.3) + Λέβητας Πετρελαίου (backup)	127
6.2.4 Σύγκριση Σεναρίων.....	128
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	132
Βιβλιογραφία	133
Παράρτημα	135

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.1: Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία $\frac{kWh}{m^2}$ στην Ευρώπη.

Εικόνα 1.1.2: Χάρτης ολικής ετήσιας ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο της Ελλάδας

Εικόνα 1.2.1: Τμήματα επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

Εικόνα 1.2.2: Καμπύλη στιγμιαίας απόδοσης & Ισχύς εξόδου συλλέκτη SULIT B1639

Εικόνα 1.3.1: Τύποι θερμοσιφωνικών συστημάτων

Εικόνα 1.3.2: Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ανοιχτού βρόχου

Εικόνα 1.3.3: Κεντρικό ηλιοθερμικό συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (κλειστού βρόχου)

Εικόνα 2.2.1: Ετήσια μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα, πετρωμάτων και υδροφόρου ορίζοντα

Εικόνα 2.2.2: Διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους σε συνάρτηση με το βάθος

Εικόνα 2.2.3: Ανοικτό σύστημα γεωθερμίας

Εικόνα 2.2.4: Κλειστά συστήματα γεωθερμίας (οριζόντιο δεξιά, κάθετο αριστερά)

Εικόνα 3.1: Ψυκτικός Κύκλος

Εικόνα 3.2.2: Κύκλος λειτουργίας αντλίας θερμότητας νερού-νερού

Εικόνα 3.3.1: Ενδεικτική απεικόνιση ομοκεντρικού εναλλάκτη (ομορροής/αντιρροής)

Εικόνα 3.3.2: Εναλλάκτης σταυρωτής ροής

Εικόνα 3.3.3: Εναλλάκτης κελύφους (μικτής ροής)

Εικόνα 3.3.4: Απεικόνιση λειτουργίας πλακοειδούς εναλλάκτης

Εικόνα 3.4.1: Διάγραμμα Πίεσης [MPa] - Ενθαλπίας [$\frac{kJ}{kg}$] για τον ψυκτικό κύκλο

Εικόνα 3.4.2: Ενδεικτικό διάγραμμα Πίεσης – Ενθαλπίας για ολική και μερική ανάκτηση αντίστοιχα.

Εικόνα 4.1.1: Πανοραμική άποψη του ξενοδοχείου AVRA IMPERIAL HOTEL

Εικόνα 4.2.1: Διάταξη του ηλιακού πεδίου

Εικόνα 4.2.2: Διάγραμμα απωλειών πιέσεων σε σωλήνες χαλκού +70°C

Εικόνα 4.2.3: Διάταξη της σύνδεσης boiler – ηλιακού πεδίου

Εικόνα 4.2.4: Μενού επιλογής παραμέτρων PHE manager

Εικόνα 4.2.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη ηλιακού πεδίου (1)

Εικόνα 4.2.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη ηλιακού πεδίου (2)

Εικόνα 4.2.7: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων του ηλιακού πεδίου (1)

Εικόνα 4.2.8: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων του ηλιακού πεδίου (2)

Εικόνα 4.2.9: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το πρωτεύον κύκλωμα του ηλιακού πεδίου.

Εικόνα 4.2.10: Μενού επιλογής παραμέτρων «size by application» “Grundfos online product selection”

Εικόνα 4.2.11: Μενού επιλογής παραμέτρων «size by application - Installation» “Grundfos online product selection”

Εικόνα 4.2.12: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας πρωτεύοντος κυκλώματος ηλιακού πεδίου

Εικόνα 4.2.13: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το δευτερεύον κύκλωμα του ηλιακού πεδίου

Εικόνα 4.2.14: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας δευτερεύοντος κυκλώματος ηλιακού πεδίου

Εικόνα 4.3.2.1: Τεχνικά στοιχεία εφαρμογής για την αξιολόγηση του ηλιακού πεδίου

Εικόνα 4.3.2.2: Πίνακας οι απαιτήσεων του ζεστού νερού ανά μήνα

Εικόνα 4.3.2.3: Πίνακας κλιματολογικών δεδομένων – στοιχείων εγκατάστασης

Εικόνα 4.3.2.4: Πίνακας υπολογισμού θερμικών φορτίων

Εικόνα 4.3.2.5: Πίνακας στοιχείων θερμικής ανάλυσης

Εικόνα 4.4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικού ψύκτη κατά τη λειτουργία ανάκτησης

Εικόνα 4.4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Z.N.X (1)

Εικόνα 4.4.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Z.N.X (2)

Εικόνα 4.4.4: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Z.N.X

Εικόνα 4.4.5: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το δίκτυο boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Z.N.X

Εικόνα 4.4.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας boiler αποθήκευσης - εναλλάκτη Z.N.X

Εικόνα 4.4.7: Διάγραμμα λειτουργίας κατά τη λειτουργία ανάκτησης από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας

Εικόνα 4.4.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά τη λειτουργία απόρριψης μέσω γεωθερμίας

Εικόνα 4.4.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη γεωθερμίας (1)

Εικόνα 4.4.10: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη γεωθερμίας (2)

Εικόνα 4.4.11: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Ζ.Ν.Χ

Εικόνα 4.4.12: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το δίκτυο εναλλάκτη γεωθερμίας – γεωθερμικής Α.Θ

Εικόνα 4.4.13: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας εναλλάκτη γεωθερμίας – γεωθερμικής Α.Θ

Εικόνα 4.4.14: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων γεώτρησης αναρρόφησης

Εικόνα 4.4.15: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για τη γεώτρηση αναρρόφησης

Εικόνα 4.4.16: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας γεώτρησης αναρρόφησης

Εικόνα 4.4.17: Διάγραμμα λειτουργίας κατά τη απόρριψης στο έδαφος

Εικόνα 4.4.18: Γενικό διάγραμμα λειτουργίας της γεωθερμικής εφαρμογής

Εικόνα 4.5.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά αερόψυκτου ψύκτη

Εικόνα 4.5.2: Διάγραμμα log πίεσης – ενθαλπίας , που δείχνει τη διαθέσιμη ενέργεια υπερθέρμανσης σε ένα σύστημα ψυκτικής μηχανής

Εικόνα 4.5.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Desuperheater (1)

Εικόνα 4.5.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Desuperheater (2)

Εικόνα 4.5.5: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων Desuperheater (HOT SIDE) – Αερόψυκτης Α.Θ

Εικόνα 4.5.6: Διάγραμμα σύνδεσης εναλλακτών Desuperheater με τις αερόψυκτες αντλίες θερμότητας

Εικόνα 4.5.7: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων boiler αποθήκευσης - Desuperheater (COLD SIDE)

Εικόνα 4.5.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Desuperheater (COLD SIDE)

Εικόνα 4.5.9: Διάγραμμα σύνδεσης εναλλακτών Desuperheater με τα boiler αποθήκευσης Ζ.Ν.Χ

Εικόνα 4.6.1: Δίκτυο Ζ.Ν.Χ χωρίς ανακυκλοφορία

Εικόνα 4.6.2: Δίκτυο Ζ.Ν.Χ με ανακυκλοφορία

Εικόνα 4.6.3: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για την ανακυκλοφορία

Εικόνα 4.6.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας ανακυκλοφορίας

Εικόνα 4.6.5: Διάγραμμα λειτουργίας ανακυκλοφορίας

Εικόνα 6.1.1: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.1.2: Πίνακες Δεδομένων Λειτουργίας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.1.3: Διαγράμματα Δεδομένων Λειτουργίας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ ανά μήνα για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.1.4: Διαγράμματα Ποσοστού Κάλυψης Απαιτήσεων Ζ.Ν.Χ ανά έτος, για τα έτη 2014 -2019

Εικόνα 6.1.5: Πίνακες Δεδομένων Λειτουργίας Αντλιών δικτύου Ζ.Ν.Χ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.1.6: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης

Εικόνα 6.1.7: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.1.8: Ετήσιο κόστος λειτουργίας - συντήρησης για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.1.1: Πίνακες Δεδομένων Σεναρίου Β για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.1.2: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης Σεναρίου Β

Εικόνα 6.2.1.3: Αναμενόμενη Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂ Σεναρίου Β για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.1.4: Αναμενόμενο Ετήσιο κόστος λειτουργίας – συντήρησης Σεναρίου Β για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.2.1: Πίνακες Δεδομένων Σεναρίου Γ για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.2.2: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης Σεναρίου Γ

Εικόνα 6.2.2.3: Αναμενόμενη Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂ Σεναρίου Γ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.2.4: Αναμενόμενο Ετήσιο κόστος λειτουργίας – συντήρησης

Σεναρίου Γ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.3.1: Πίνακες Δεδομένων Σεναρίου Δ για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.3.2: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης Σεναρίου Δ

Εικόνα 6.2.3.3: Αναμενόμενη Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂

Σεναρίου Δ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.3.4: Αναμενόμενο Ετήσιο κόστος λειτουργίας – συντήρησης

Σεναρίου Δ για τα έτη 2014 – 2019

Εικόνα 6.2.4.1: Σύγκριση Σεναρίων με βάση της εκπομπές CO₂

Εικόνα 6.2.4.2: Σύγκριση Σεναρίων με βάση την κατανάλωση ενέργειας

Εικόνα 6.2.4.3: Σύγκριση Σεναρίων με βάση την μέση ετήσια εξοικονόμηση σε €

Εικόνα 6.2.4.4: Σύγκριση Σεναρίων με βάση το Χρόνο Αποπληρωμής της Επένδυσης

Εικόνα 6.2.4.5: Σύγκριση Σεναρίων με βάση τη Καθαρή Παρούσα Αξία

1. ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ

1.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ισχύς της ακτινοβολίας που δέχεται η γη από τον ήλιο είναι ανά έτος είναι κατά μέσο όρο $173 \times 10^3 \text{ TW}$ [1]. Για σύγκριση αναφέρεται, ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της ανθρωπότητας για το 2017 ήταν 12.893 TW [2]. Βλέπουμε ότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά 13500 μεγαλύτερη από την ετήσια κατανάλωση ενέργειας όλου του πλανήτη. Αυτός ο αριθμός δείχνει λοιπόν την τεράστια ποσότητα ενέργειας που δέχεται η γη από τον ήλιο [1].

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης ποικίλλει λόγω των μεταβαλλόμενων ατμοσφαιρικών συνθηκών και της αλλαγής της θέσης του ήλιου, με τα σύννεφα να αποτελούν την κυρίαρχη ατμοσφαιρική παράμετρο που καθορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη. Επιπλέον τα τοπικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά, όπως τα βουνά, οι ωκεανοί και οι μεγάλες λίμνες, επιδρούν στον σχηματισμό των νεφών. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλεται επίσης ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή. Σε γενικές γραμμές, η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση στη διάρκεια του χρόνου και της ημέρας.

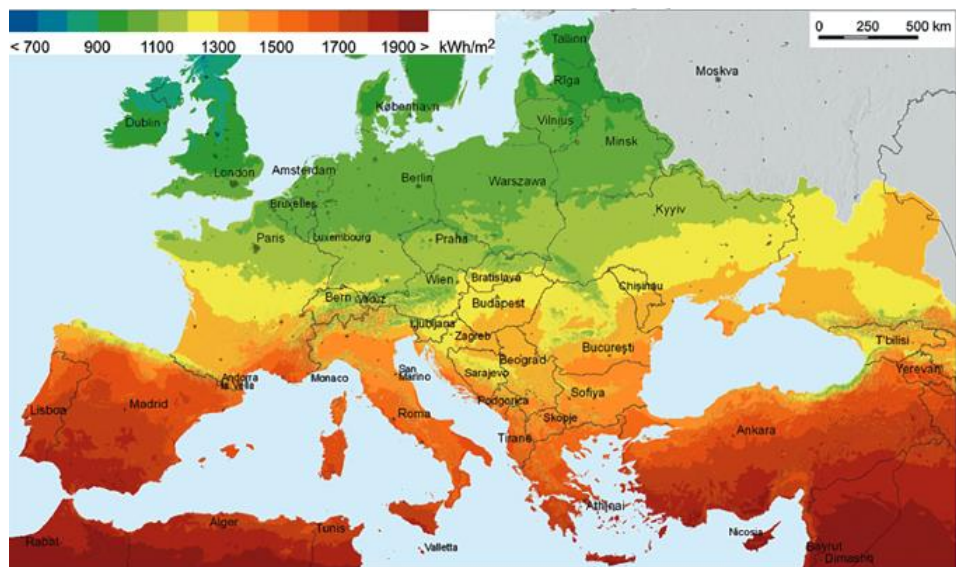
Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια έχει δύο συνιστώσες, την άμεση και τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή που φτάνει απευθείας από τον ηλιακό δίσκο στην επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση (αλλαγή κατεύθυνσης) κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Εξαρτάται από την απόσταση Ήλιου-Γης, την ηλιακή απόκλιση, το ηλιακό ύψος, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το υψόμετρο του τόπου, την κλίση της επιφάνειας επί της οποίας προσπίπτει, καθώς και από την απορρόφηση και διάχυση την οποία υφίσταται μέσα στην ατμόσφαιρα. Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ποσό της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά την ανάκλαση ή σκέδασή της μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά και μετά την ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια της Γης.

Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος, το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους, το ποσό και το είδος των νεφών, καθώς και από την παρουσία διάφορων κέντρων σκεδάσεως (αερολυμάτων, υδροσταγόνων κ.ά.) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

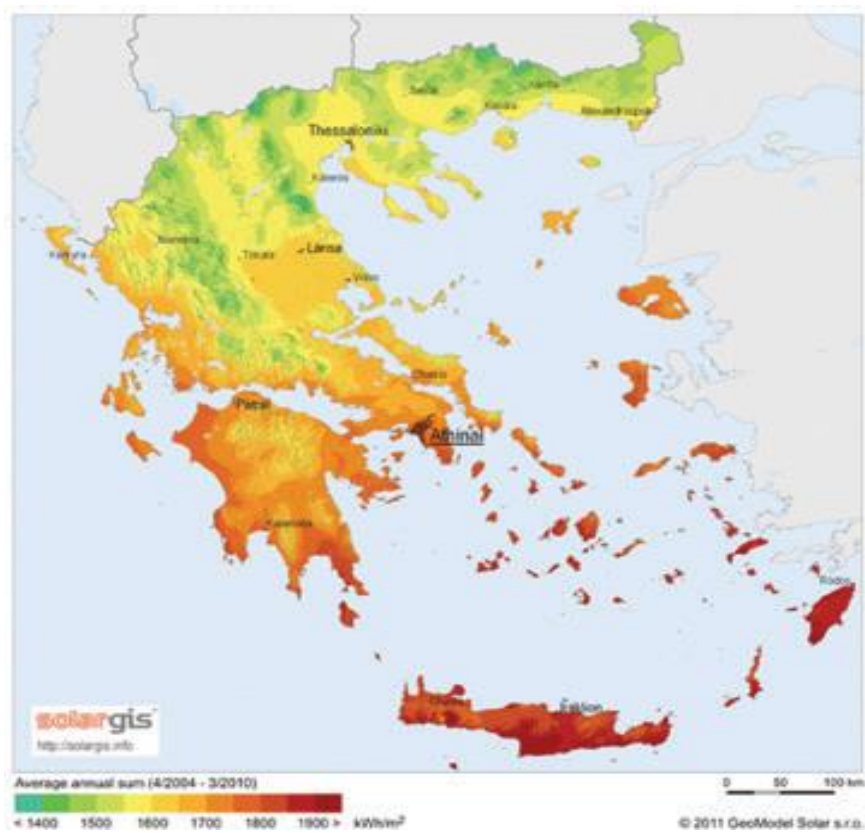
Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης. Για τον λόγο αυτό, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή. Τέλος, όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια επιφάνεια στη Γη τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της.

Για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε κεκλιμένη ή/και περιστρεφόμενη επιφάνεια είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας

στο οριζόντιο επίπεδο. Στην Ελλάδα η εθνική μετεωρολογική υπηρεσία (Ε.Μ.Υ) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία ($\frac{kWh}{m^2}$) για διάφορες περιοχές της χώρας. Μπορεί λοιπόν να ειπωθεί ότι η Ελλάδα παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου $1400 - 1800 \frac{kWh}{m^2}$ ετησίως στο οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Αντίστοιχα δεδομένα με τα παραπάνω υπάρχουν και σε άλλες χώρες της Ευρώπης και όχι μόνο (από μετεωρολογικές υπηρεσίες κ.λπ.), και έτσι έχει καταστεί δυνατή η διαμόρφωση «ηλιακών χαρτών» που καλύπτουν όλο τον κόσμο, συγκεκριμένες περιοχές, κράτη ή/και περιφέρειες αυτών. Στη συνέχεια παρατίθενται δύο τέτοιοι χάρτες, ένας για την Ευρώπη και ένας ειδικά για την Ελλάδα (για λόγους σύγκρισης αλλά και επιβεβαίωσης όσων αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με το υψηλό δυναμικό της χώρας μας) [3].



Εικόνα 1.1.1: Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία $\frac{kWh}{m^2}$ στην Ευρώπη.



Εικόνα 1.1.2: Χάρτης ολικής ετήσιας ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο της Ελλάδας

Η Ελλάδα κατέχει την Τρίτη θέση μεταξύ των χωρών της ΕΕ ως προς την εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών πίσω από την Γερμανία και την Αυστρία, καθώς και την ένατη θέση παγκοσμίως [4].

Το πεδίο εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας είναι πολύ ευρύ. Η θέρμανση νερού χρήσης είναι η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική πλευρά.

1.2 Ηλιακοί συλλέκτες

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή θερμότητας γίνεται με διαφόρους τύπους ηλιακών συλλεκτών. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν όλες τις διατάξεις που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια, παγιδεύοντας την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα. Η θερμική ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX), για την θέρμανση χώρων, για την ψύξη χώρων ή και για συνδυασμό όλων των παραπάνω.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών οι οποίοι μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα κτήριο, ανάλογα τη χρήση καθώς και τη διαθέσιμη επιφάνεια εγκατάστασης [4].

Ο πιο διαδεδομένος τύπος ηλιακού συλλέκτη είναι ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης. Υπάρχουν και άλλοι τύποι ηλιακών συλλεκτών, εκτός του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη, οι οποίοι αναφέρονται ονομαστικά παρακάτω:

- Ηλιακός συλλέκτης χωρίς κάλυμμα
- Επίπεδος συλλέκτης κενού
- Ηλιακοί συλλέκτες αέρα

- Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης

Είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος συλλέκτη και συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή ZNX. Εκμεταλλεύεται την άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου απαιτούνται θερμοκρασίες μεταξύ 50-80°C. Όταν έχουμε υψηλά ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας, παρουσιάζονται και υψηλότερες αποδόσεις [4].

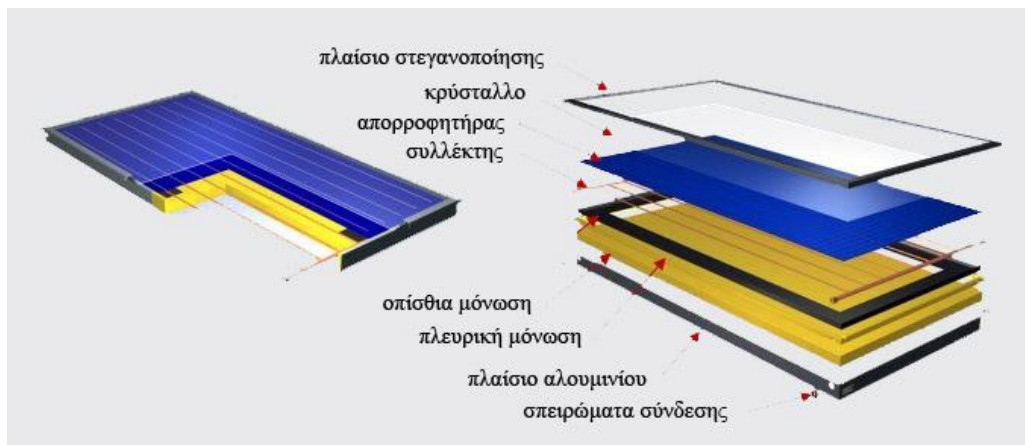
Η λειτουργία του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη είναι απλή. Το μεγαλύτερο ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στο συλλέκτη απορροφάτε από μια επιφάνεια, που συμπεριφέρεται σαν "μέλαν" σώμα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ένα μέρος από την ενέργεια που απορροφάτε μεταφέρεται σε κάποιο ρευστό, ενώ το υπόλοιπο χάνεται στο περιβάλλον. Η θερμότητα που απάγεται στο ρευστό, είναι το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος του συλλέκτη και μπορεί να αποθηκευτεί είτε να τροφοδοτεί το φορτίο απευθείας [1].

Η κλίση του συλλέκτη πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει ει δυνατόν πιο κάθετα στην επιφάνεια του συλλέκτη και ο προτιμώμενος προσανατολισμός για το βόρειο ημισφαίριο είναι ο συλλέκτης να αντικρίζει τον αληθινό Νότο. Παρόλα αυτά, μια απόκλιση μέχρι 30ο έχει μικρή επίδραση στην απόδοση του συστήματος. Η προτιμώμενη γωνία κλίσης των συλλεκτών είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής εγκατάστασης, όταν απαιτείται καλή απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους [5].

Τα κύρια μέρη του συλλέκτη είναι:

- Η απορροφητική πλάκα ή απορροφητής
Συνήθως αποτελείτε από μια μεταλλική επιφάνεια βαμμένη σε μαύρο ματ χρώμα, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας
- Σωλήνες ή αγωγούς για την κυκλοφορία υγρού ή αέρα σε θερμική επαφή με τον απορροφητή
- Θερμική μόνωση στην πίσω και στις πλευρικές επιφάνειες του συλλέκτη
- Ένα, ή περισσότερα στρώματα αέρα, τα οποία χωρίζονται από διαφανή καλύμματα και μονώνουν την πάνω επιφάνεια του συλλέκτη

- Πλαίσιο, το οποίο προσδίδει την αναγκαία μηχανική αντοχή και εξασφαλίζει την αντοχή του συλλέκτη στα καιρικά φαινόμενα.



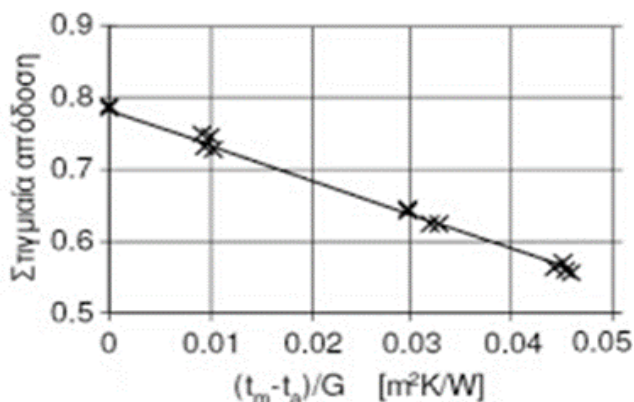
Εικόνα 1.2.1: Τμήματα επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

Τα διαφανή καλύμματα είναι συνήθως από γυαλί. Το γυαλί έχει εξαιρετική αντοχή στις μηχανικές ιδιότητες και μεγάλη διαφάνεια. Συνήθως χρησιμοποιείται απλό τζάμι, ενώ σε περιοχές με αντίξοες καιρικές συνθήκες χρησιμοποιείται διπλό τζάμι.

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ορισμένα πλαστικά. Συγκριτικά με το γυαλί είναι λιγότερο εύθραυστα, ελαφριά και φθηνά, όμως δεν έχουν την υψηλή αντοχή του γυαλιού στις καιρικές συνθήκες [1].

Το διαφανές κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν διαπερατό στη μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία, και μη διαπερατό στη μεγάλου μήκους θερμική ακτινοβολία [4].

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός συλλέκτη περιγράφονται από την καμπύλη απόδοσης του συλλέκτη. Η απόδοση του συλλέκτη εξαρτάται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας G , την θερμοκρασία του αέρα T_a και την μέση θερμοκρασία συλλέκτη T_m .



Καμπύλη στιγμιαίας απόδοσης συλλέκτη **SULIT B1639**

AKTINOBOΛΙΑ / RADIATION			
T _m -T _a	400	700	1000
[K]	[W/m²]	[W/m²]	[W/m²]
10	477	893	1310
30	305	721	1138
50	115	531	948

Ισχύς εξόδου συλλέκτη **SULIT B1639**

Εικόνα 1.2.2: Καμπύλη στιγμιαίας απόδοσης & Ισχύς εξόδου συλλέκτη

SULIT B1639

Τα δύο πρώτα χαρακτηριστικά εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες, ενώ η μέση θερμοκρασία του συλλέκτη επηρεάζεται από τον σχεδιαστή του συλλέκτη. Για την αύξηση της απόδοσης του συλλέκτη η θερμοκρασία προσαγωγής (και κατ' επέκταση η μέση θερμοκρασία) θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, ώστε ο συλλέκτης να λειτουργεί στην αριστερή πλευρά του διαγράμματος όπου και αυξάνεται η απόδοσή του.

Το κύκλωμα των συλλεκτών πρέπει να συνδέεται με το θερμοδοχείο μέσω εσωτερικού εναλλάκτη και όχι με ευθείας σύνδεση, ώστε το κύκλωμα του να διαχωρίζεται από αυτό της υπόλοιπης εγκατάστασης. Αυτό είναι απαραίτητο ώστε το κύκλωμα των ηλιακών να μπορεί να προστατευθεί από τον παγετό με την προσθήκη κάποιου αντιψυκτικού μέσου.

Ο βαθμός απόδοσης ενός συλλέκτη εκφράζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που δεσμεύεται από αυτόν και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του συλλέκτη (θερμική μόνωση,

διαφάνεια τζαμιού, επιφάνεια συλλογής κ.α.) καθώς και από τις συνθήκες λειτουργίας του (μέση θερμοκρασία νερού μέσα στο συλλέκτη, θερμοκρασία περιβάλλοντος, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ο συλλέκτης).

Οι ηλιακοί συλλέκτες θα πρέπει να είναι επιλεκτικής επιφάνειας. Οι "επιλεκτικές επιφάνειες" έχουν υψηλό βαθμό απορρόφησης και εκπομπής για την ηλιακή ακτινοβολία (200-2000nm), αλλά πολύ χαμηλότερες τιμές για την μεγαλύτερου κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία, που εκπέμπεται από σώματα θερμοκρασίας κάτω από 100°C. Η απόδοση των επιλεκτικών επιφανειών είναι ο λόγος του συντελεστή απορρόφησης για την ηλιακή ακτινοβολία προς τον συντελεστή εκπομπής στη θερμοκρασία λειτουργίας [3].

1.3 Ηλιοθερμικά συστήματα

Τα ηλιοθερμικά συστήματα διαιρούνται σε ενεργητικά και παθητικά συστήματα. Αν και αυτή η διάκριση δεν είναι πάντα ξεκάθαρη, μπορεί να ειπωθεί ότι τα ενεργητικά συστήματα χρησιμοποιούν τους συλλέκτες και τη δεξαμενή αποθήκευσης ως χωριστές συνιστώσες και η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με άντληση, ενώ τα παθητικά συστήματα αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα του κελύφους των κτιρίων και στηρίζονται στη φυσική μεταφορά της ενέργειας. Η παρακάτω ανάλυση αφορά αποκλειστικά τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

1.3.1 Κατηγορίες των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες. Η ποικιλία των διατάξεων των συστημάτων οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους προστατεύονται τα συστήματα από τον παγετό. Από την άλλη, οι σημαντικές συνιστώσες των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων (συλλέκτες, δεξαμενές/δοχεία αποθήκευσης της θερμότητας – αλλιώς θερμοδοχεία, αντλίες κυκλοφορίας, εναλλάκτες θερμότητας, συστήματα ελέγχου) παραμένουν κοινές σε όλες τις διατάξεις, δεδομένου ότι εκτελούν τις κύριες λειτουργίες ολόκληρης της διαδικασίας.

Τα συστήματα με συλλέκτες υγρού περιλαμβάνουν τους ηλιακούς συλλέκτες, τη θερμική αποθήκευση, τη διασύνδεση των φορτίων, καθώς επίσης και τα συστήματα ελέγχου και τα όργανα. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάτε από τους συλλέκτες, μεταφέρεται στο υγρό (μέσο μεταφοράς της θερμότητας) που κυκλοφορεί μέσα στους συλλέκτες και αποθηκεύεται στις δεξαμενές θερμού νερού για την εν ευθέτω χρόνο χρήση του. Οι ηλιακοί συλλέκτες και η δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από τη ζήτηση για θερμότητα, επιτρέποντας στην ηλιακή ενέργεια να συλλέγεται και να αποθηκεύεται όποτε είναι διαθέσιμη αρκετή ηλιακή ακτινοβολία.

Τα συστήματα που κυκλοφορούν το νερό ή το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας μέσα στο σύστημα χωρίς αντλίες καλούνται συστήματα φυσικής κυκλοφορίας. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων συστημάτων:

1. Οι ενιαίοι θερμαντήρες ή ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης που αποτελούνται από μία ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με μια διαφανή πλευρά να βλέπει προς τον ήλιο. κατά τη διάρκεια του χειμώνα πρέπει να προστατεύονται από τον παγετό ή να αποστραγγίζονται.
2. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα, τα οποία στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για να κυκλοφορεί το νερό χρήσης στους συλλέκτες και στη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται πάνω από τον συλλέκτη. καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη, γίνεται ελαφρύτερο και ανεβαίνει με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή που βρίσκεται από πάνω. Το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωλήνων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη, δημιουργώντας έτσι κυκλοφορία σε όλο το σύστημα.

Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (ή «ενεργητικά») χρησιμοποιούν αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή τα άλλα ρευστά μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων συστημάτων:

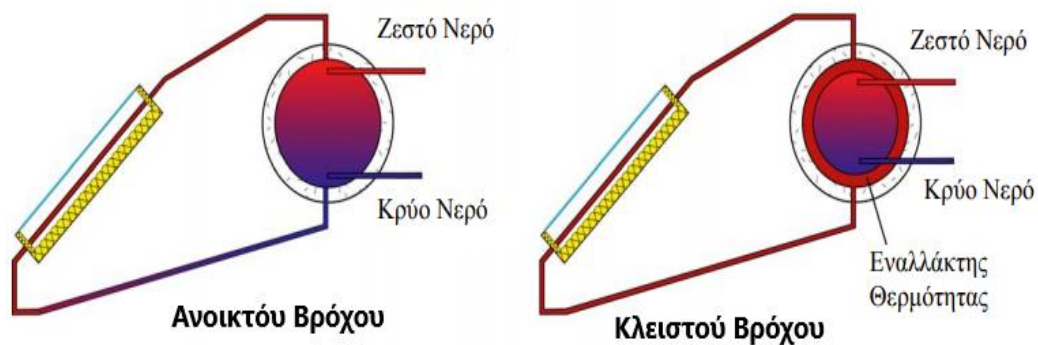
1. Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου, που χρησιμοποιούν αντλίες για να κυκλοφορήσουν το νερό στους συλλέκτες. Αυτό το σύστημα είναι κατάλληλο σε περιοχές όπου δεν υπάρχει παγετός για μεγάλες περιόδους και που δεν έχουν σκληρό ή όξινο νερό.
2. Τα συστήματα κλειστού βρόχου, που αντλούν κάποιο ρευστό μεταφοράς θερμότητας, π.χ. ένα αντιψυκτικό μίγμα γλυκόλης και νερού, μέσα στους συλλέκτες. Οι εναλλάκτες θερμότητας μεταφέρουν τη θερμότητα από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

1.3.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα φυσικής κυκλοφορίας

- Θερμοσιφωνικά συστήματα

Τα θερμοσιφωνικά συστήματα θερμαίνουν είτε πόσιμο νερό (άμεσα συστήματα) είτε ένα ρευστό μεταφοράς της θερμότητας (έμμεσα συστήματα) και χρησιμοποιούν τη φυσική συναγωγή για να το μεταφέρουν από τον συλλέκτη στον εναλλάκτη μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Στα άμεσα συστήματα ολόκληρη η εγκατάσταση βρίσκεται στην ίδια πίεση με αυτή του νερού του δικτύου και, συνεπώς, απαιτούνται στραγγαλιστικές βαλβίδες πίεσης όταν η πίεση του νερού του δικτύου είναι μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας των συλλεκτών.

Σε ένα θερμοσιφωνικό σύστημα η δεξαμενή πρέπει να ανυψωθεί επάνω από τον συλλέκτη, προκειμένου να γίνεται φυσική κυκλοφορία του ρευστού. Το πρωί, καθώς ο ήλιος αρχίζει να θερμαίνει τους συλλέκτες, το θερμό νερό μέσα σε αυτούς ανεβαίνει προς τη δεξαμενή λόγω της μικρότερης πυκνότητάς του, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής αποθήκευσης ρέει προς τον συλλέκτη με τη βαρύτητα. Σε αυτή την περίπτωση δεν απαιτείται καμία αντλία ή σύστημα ελέγχου, επειδή το ρευστό κυκλοφορεί λόγω της ιδιότητας της θερμικής διαστολής του, όποτε η θερμοκρασία στον συλλέκτη είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της δεξαμενής αποθήκευσης.



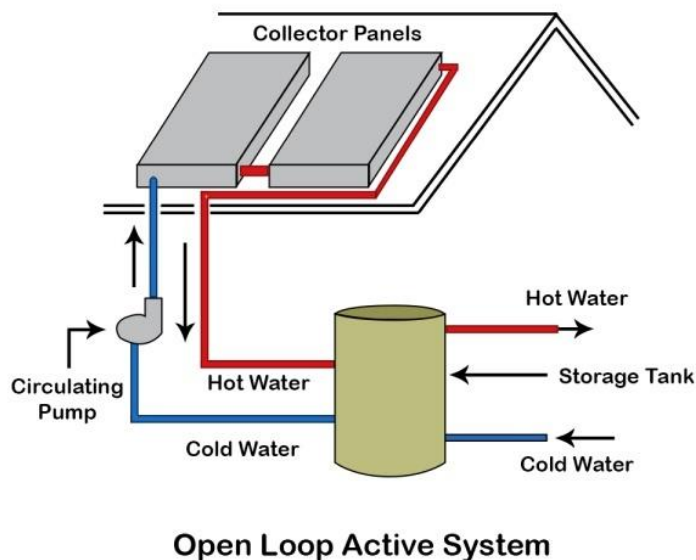
Εικόνα 1.3.1: Τύποι θερμοσιφωνικών συστημάτων

1.3.3 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας

- Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ανοιχτού βρόχου

Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ανοιχτού βρόχου αντλούν πόσιμο νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης στους συλλέκτες όταν υπάρχει αρκετή διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια για να το θερμάνει και, κατόπιν, το ζεστό νερό επιστρέφει στη δεξαμενή αποθήκευσης. Δεδομένου ότι το νερό κυκλοφορεί με τη βοήθεια μιας αντλίας, οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν είτε πάνω είτε κάτω από τη δεξαμενή αποθήκευσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μία ή δύο δεξαμενές σε διάφορες διατάξεις και ενσωματώνονται εύκολα σε υπάρχοντα συστήματα.

Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου είναι κατάλληλα για εφαρμογές οικιακών συστημάτων ζεστού νερού (ZNX) σε ήπια και μέτρια κλίματα.



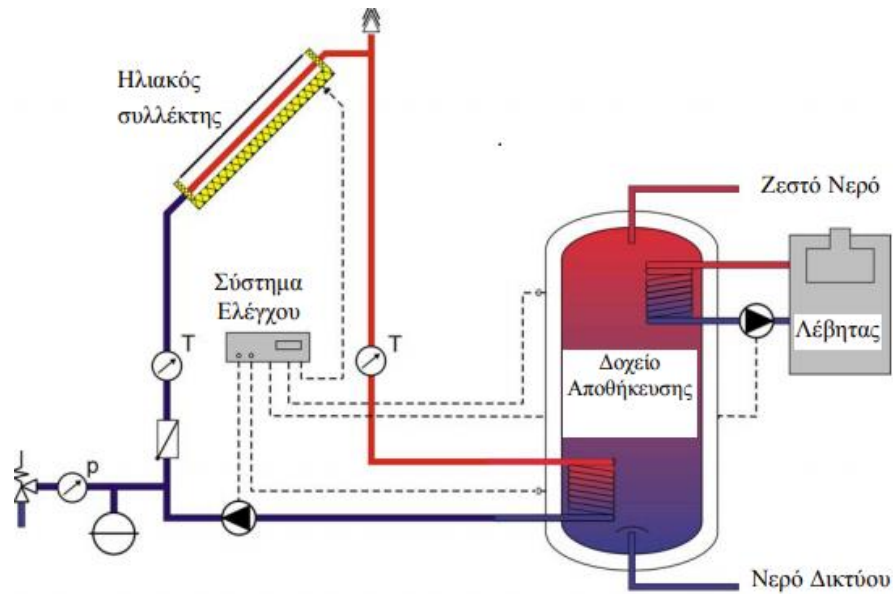
Εικόνα 1.3.2: Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ανοιχτού βρόχου

- Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας κλειστού βρόχου

Στα συστήματα αυτά κυκλοφορεί ένα αντιπηκτικό ρευστό μεταφοράς της θερμότητας από τον κλειστό βρόχο του συλλέκτη σε έναν εναλλάκτη θερμότητας, όπου η θερμότητά του μεταφέρεται στο πόσιμο νερό. Τα διαφόρων τύπων αντιπηκτικά ρευστά δεν είναι πόσιμα, και ως εκ τούτου, απαιτείται η χρήση εναλλακτών θερμότητας με διπλά τοιχώματα.

Ο βρόχος του συλλέκτη είναι κλειστός και επομένως απαιτείται δοχείο διαστολής και ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης. Μπορεί επίσης να χρειάζεται πρόσθετη προστασία από υπερθέρμανση για να αποτρέπεται η περίπτωση αποσύνθεσης του ρευστού του συλλέκτη ή το να καταστεί αυτό διαβρωτικό. πρέπει να αποφεύγεται η αυτόματη αντιστάθμιση νερού στα συστήματα κλειστού βρόχου με διαλύματα αντιπηκτικού, επειδή στην περίπτωση μεγάλης διαρροής μπορεί να εισαχθεί αρκετό νερό στο κύκλωμα και να αυξηθεί έτσι η θερμοκρασία πήξης του διαλύματος που περιέχει πολύ νερό σε τιμή μεγαλύτερη από αυτή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, προκαλώντας το πάγωμα της συστοιχίας των συλλεκτών και των εξωτερικών σωληνώσεων.

Τα συστήματα ηλιακής θέρμανσης κλειστού βρόχου είναι κατάλληλα για εφαρμογές σε απλά και σύνθετα συστήματα ηλιακής θέρμανσης, π.χ. ηλιακή θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, ηλιακή θέρμανση ζεστού νερού λουτρού, ηλιακή θέρμανση πισίνας ή ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρων καθώς και για περιοχές με αμφισβητήσιμη ποιότητα νερού, και ψυχρό κλίμα.



Εικόνα 1.3.3: Κεντρικό ηλιοθερμικό συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (κλειστού βρόχου)

2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Η γεωθερμική ενέργεια ορίζεται ως το τμήμα της γήινης θερμότητας το οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού (ή μίγμα των παραπάνω), ή θερμών – ξηρών πετρωμάτων σε ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες.

Συνήθως ο όρος χρησιμοποιείται για να δηλώσει το τμήμα της γήινης θερμότητας, που μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης χώρων ή βιομηχανικού ατμού. Είναι μία καθαρή, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, λόγω του ότι η θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης είναι ουσιαστικά απεριόριστη.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της γεωθερμίας είναι μικρές και εύκολα ελεγχόμενες - η γεωθερμική ενέργεια παράγει ελάχιστες εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου, υδρόθειου, διοξειδίου του θείου, αμμωνίας, μεθανίου, αιωρούμενων σωματιδίων και διοξειδίου του άνθρακα είναι εξαιρετικά χαμηλές, ειδικά όταν συγκρίνονται με τις εκπομπές των συμβατικών καυσίμων.

Η σημαντικότερη παράμετρος στην αξιοποίηση αυτής της γεωθερμικής ενέργειας είναι η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών, η οποία καθορίζει το είδος της εφαρμογής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή για θερμικές χρήσεις .

Το πιο σημαντικό κριτήριο για την ταξινόμηση της γεωθερμικής ενέργειας στις ανανεώσιμες πηγές είναι ο ρυθμός επαναφόρτισης του ενεργειακού συστήματος. Κατά την εκμετάλλευση ενός φυσικού γεωθερμικού συστήματος, η επανατροφοδοσία επιτυγχάνεται με την αναπλήρωση του θερμού νερού στον ταμειυτήρα στο ίδιο χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται η παραγωγή των θερμών ρευστών [6].

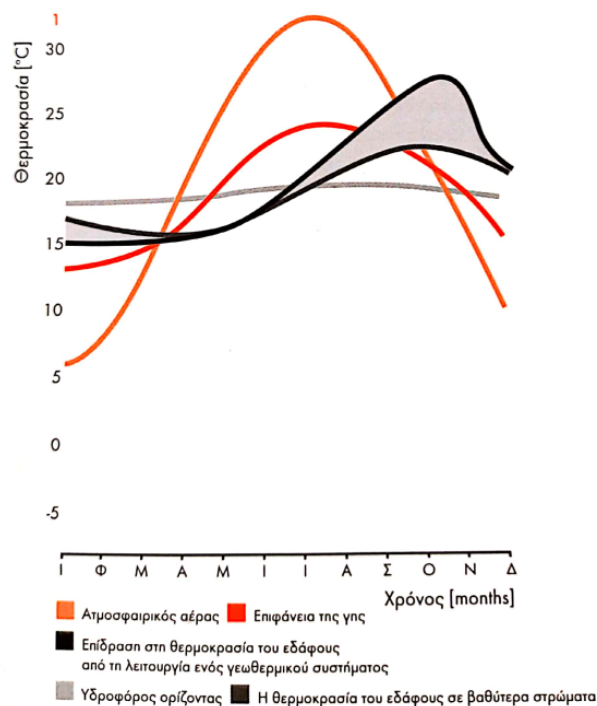
2.2 Συστήματα Αβαθούς Γεωθερμίας

Όταν η θερμοκρασία του υπεδάφους είναι υψηλότερη των 25°C τότε αναφερόμαστε σε χαμηλής, μέσης ή υψηλής ενθαλπίας γεωθερμικό δυναμικό. Το κύριο ενδιαφέρον που αφορά το καταναλωτικό κοινό είναι η αξιοποίηση της γεωθερμίας για την παραγωγή θέρμανσης, ψύξης και ZNX για ίδια χρήση, σε περιοχές που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό, με σκοπό την κατάργηση της χρήσης συμβατικών καυσίμων και την εξασφάλιση σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας και χρημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται είτε μέσω απαγωγής φορτίων από τα υψηλότερα στρώματα του υπεδάφους ώστε να έχουμε θέρμανση, είτε μέσω της εναπόθεσης φορτίων από την εγκατάσταση στο έδαφος έτσι ώστε να έχουμε ψύξη.

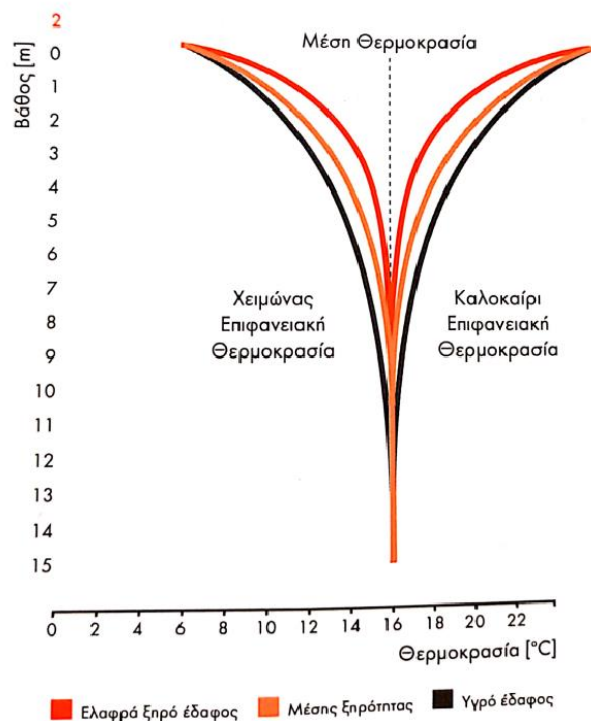
Η ενέργεια που μεταφέρεται από και προς το έδαφος είναι αποτέλεσμα μιας σειράς κλιματολογικών μεταβολών, όπως ο αέρας, η βροχή και το χιόνι, και σε ποσοστό που αγγίζει το 50% είναι η ενέργεια που φτάνει στο έδαφος λόγω της συνεχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Η ποσότητα αυτή αποθηκεύεται στα επιφανειακά στρώματα της γης και παραμένει ανεκμετάλλευτη. Το έδαφος παρουσιάζει την ιδιότητα να μεταφέρει την ενέργεια του με πολύ αργούς ρυθμούς ενώ έχει τη δυνατότητα πολύ μεγάλης αποθήκευσης, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του να μεταβάλλεται με πολύ αργούς ρυθμούς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ακόμα και επί σειρά ετών. Δηλαδή η θερμοκρασία του εδάφους ακολουθεί τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά με "θερμοκρασιακή χρόνο-καθυστέρηση" την οποία μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε ενεργειακά για τη θέρμανση και την ψύξη του κτηρίου.

Ενώ η θερμοκρασία στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους ακολουθεί με πολύ αργούς ρυθμούς τις θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος, το έδαφος σε βαθύτερα στρώματα τείνει να έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη χειμερινή περίοδο, και χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την καλοκαιρινή. Μελέτες έχουν παρουσιάσει αποτελέσματα μιας σχεδόν σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 10-20 m, η οποία είναι αποτέλεσμα της συνεχούς ακτινοβολίας του ήλιου και της θερμομόνωσης που παρουσιάζει το εκάστοτε πέτρωμα .

Γενικότερα, παρουσιάζεται μια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους της τάξης των $\pm 6^{\circ}\text{C}$ από την ετήσια μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα. Ωστόσο όμως, η διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους ακόμα και στα ρηχά πετρώματα είναι αρκετά μικρότερη της θερμοκρασίας που επικρατεί στην επιφάνεια, παρόλο που η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζεται μερικώς από τη θερμοκρασία του αέρα. Επειδή το έδαφος δρα ως θερμομονωτικό στοιχείο, η οποιαδήποτε διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση, τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια, την ποιότητα του εδάφους και την παρουσία ή μη χιονιού και υδροφόρου.



Εικόνα 2.2.1: Ετήσια μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα, πετρωμάτων και υδροφόρου ορίζοντα



Εικόνα 2.2.2: Διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους σε συνάρτηση με το βάθος

Για την παραλαβή ή εναπόθεση του ενεργειακού φορτίου από και προς το έδαφος απαιτείται ένα "μέσο μεταφοράς" της ενέργειας. Στην περίπτωση των εφαρμογών ZNX ο μεταφορέας αυτός είναι το νερό, το οποίο αντλείται είτε μέσω υδρογεωτρήσεων είτε ανακυκλωφορεί σε ενταφιασμένες σωληνώσεις στο έδαφος. Στην περίπτωση άντλησης μέσω υδρογεωτρήσεων αναφερόμαστε στα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα ενώ στην περίπτωση ανακυκλωφορίας του νερού στο έδαφος μέσα σε ενταφιασμένες σωληνώσεις αναφερόμαστε στα κλειστά γεωθερμικά συστήματα. Χρησιμοποιώντας το έδαφος ή κάποιο υδάτινο πόρο (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια, υπόγεια κοιτάσματα νερού) σαν πηγή ή δεξαμενή θερμότητας είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί σύνδεση μεταξύ της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και του εδάφους. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνουν οι λεγόμενοι γεωεναλλάκτες. Πρόκειται για συστήματα αγωγών τοποθετημένων σε διατάξεις, μέσα από τους οποίους διέρχεται το εργαζόμενο ρευστό, το οποίο ανάλογα το είδος του συστήματος μπορεί να είναι νερό, ψυκτικό υγρό ή και αέρας. Η σύνδεση αυτή με το έδαφος ή τους υδάτινους ταμιευτήρες καλείται κύκλωμα ή βρόχος.

2.2.1 Ανοικτά γεωθερμικά συστήματα

Τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα εκμεταλλεύονται τον υπόγειο ή επιφανειακό υδροφόρο ορίζοντα μέσω υδρογεωτρήσεων (δύο τουλάχιστον-άντλησης και εμπλουτισμού).

Η παροχή του υπόγειου νερού σε ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα για τη λειτουργία του. Η παροχή άντλησης θα πρέπει να υπάρχει στην απαιτούμενη ποσότητα και στη σωστή θερμοκρασία ώστε να επιτυγχάνεται η ονομαστική απόδοση του συστήματος. Πριν γίνει η εγκατάσταση του μηχανοστασίου, πραγματοποιείται μέτρηση της διαθέσιμης παροχής του υπόγειου νερού στη γεώτρηση του έργου. Είναι ωστόσο προτιμότερο να έχει αποσαφηνιστεί η διαθεσιμότητα του αντλούμενου νερού πριν ξεκινήσει η ανόρυξη των υδρογεωτρήσεων στο εκάστοτε έργο. Η διαθεσιμότητα του αντλούμενου νερού προέρχεται από στατιστικά στοιχεία που λαμβάνονται από γεωλόγους για την υδρογεωλογία της ευρύτερης περιοχής του έργου ή από ήδη υπάρχουσες υδρογεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή. Όταν πραγματοποιηθεί η υδρογεώτρηση θα πρέπει να γίνει δοκιμαστική άντληση ώστε να δοκιμαστεί η συμπεριφορά της κάτω από συνθήκες συνεχούς στρες, με σκοπό να αποσαφηνιστεί η ποσότητα νερού και η ποιότητα του.

Σε περίπτωση που η διατιθέμενη παροχή είναι μικρότερη από την παροχή που απαιτεί το σύστημα, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιμέρους γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μικρότερης ισχύος συνδεδεμένες σε σειρά. Κατά αυτό τον τρόπο μειώνεται η συνολική απαιτούμενη παροχή, καθώς και οι θερμοκρασίες εισόδου του νερού στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, αυξάνεται όμως η κατανάλωση ενέργειας.

Οι περιορισμοί των ανοικτών γεωθερμικών συστημάτων αποτελεί συνάρτηση της συνεχόμενης πλούσιας υδροφορίας και της καταλληλότητας του υπόγειου διαθέσιμου νερού. Σε περίπτωση επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα τείνουμε να χρησιμοποιούμε κλειστά γεωθερμικά συστήματα, λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και της

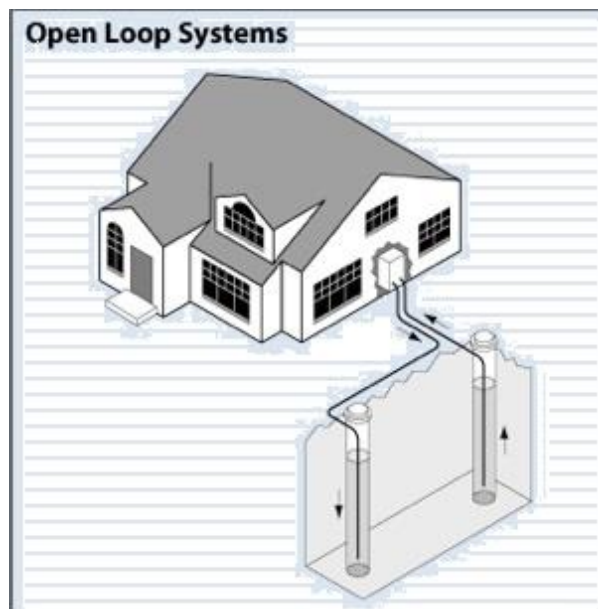
περιορισμένης πρόσβασης σε αυτά που θα προέκυπτε από την εφαρμογή ενός ανοικτού συστήματος.

Κατά το σχεδιασμό ενός ανοικτού γεωθερμικού συστήματος, πρέπει να προσδιοριστεί η μέγιστη και η ελάχιστη παροχή του, το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης καθώς και ο τρόπος εμπλουτισμού του αντλούμενου νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα από τον οποίο προήλθε. Το τελευταίο είναι βασικό στις παραθαλάσσιες περιοχές ή στις περιπτώσεις όπου το σύστημα των υδρογεωτρήσεων παρουσιάζει υψηλή στάθμη ηρεμίας, όπου ο εμπλουτισμός είναι αρκετά δύσκολος. Το φαινόμενο αυτό επιδεινώνεται με την αύξηση της ποσότητας του αντλούμενου νερού.

Τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα διαχωρίζονται σε:

1. Συστήματα άμεσου βρόχου – Χρησιμοποιούν το νερό της υδρογεώτρησης απευθείας στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, ανεξαρτήτου της ποιότητας του.
2. Συστήματα έμμεσου βρόχου – Παρεμβάλλεται εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος διαχωρίζει το νερό της υδρογεώτρησης από την υπόλοιπη γεωθερμική εγκατάσταση. Η παρεμβολή του εναλλάκτη θερμότητας δημιουργεί δύο ανεξάρτητα κυκλώματα ροής, όπου το ένα αναφέρεται στο δίκτυο άντλησης των υδρογεωτρήσεων και το άλλο στο δίκτυο ανακυκλοφορίας μεταξύ των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και του εναλλάκτη θερμότητας.

Τα συστήματα άμεσου βρόχου παρουσιάζουν μικρότερο αρχικό κόστος επένδυσης, και απαιτούν μεγαλύτερο κόστος συντήρησης, ενώ συνήθως έχουν μικρότερο χρόνο ζωής από τα συστήματα έμμεσου βρόχου. Τα συστήματα έμμεσου βρόχου παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ρύθμισης της θερμοκρασίας ανακυκλοφορίας στο δεύτερο βρόχο και του καλύτερου αυτοματισμού σχετικά με τη τελική λειτουργία του συστήματος [7].



Εικόνα 2.2.3: Ανοικτό σύστημα γεωθερμίας

2.2.2 Κλειστά γεωθερμικά συστήματα

Το μέγεθος του διαθέσιμου ελεύθερου χώρου και η σύσταση του υπεδάφους καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του γεωθερμικού εναλλάκτη.

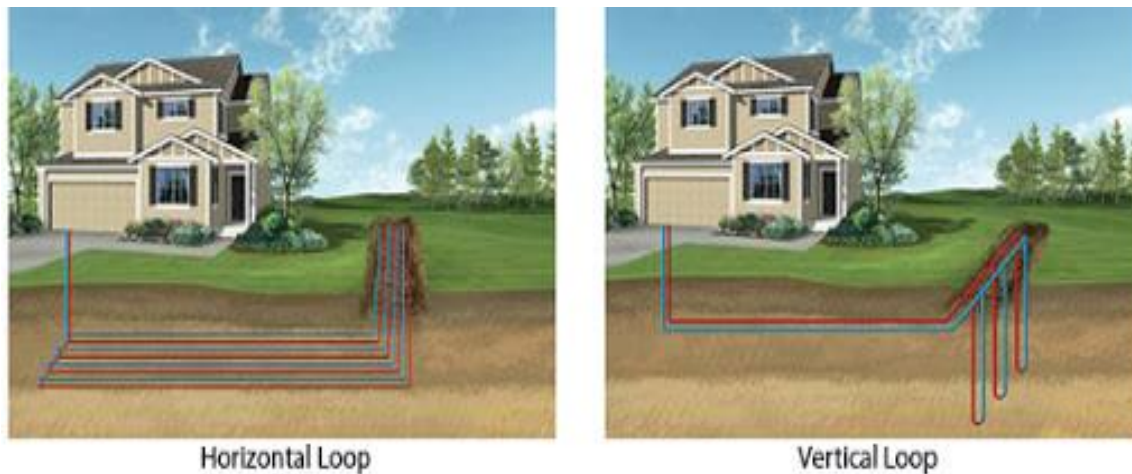
Εδώ έχουμε τις δύο παρακάτω κύριες κατηγορίες:

- Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1,0-2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5-0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας. Η απαιτούμενη έκταση που είναι αναγκαία είναι συνάρτηση των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου. Βασικό πλεονέκτημα των οριζόντιων γεωθερμικών συστημάτων είναι το μικρότερο αρχικό κόστος επένδυσης (συγκριτικά με τα κάθετα), έχοντας ως σημαντικό μειονέκτημα την απαίτηση μεγάλης διαθέσιμης επιφάνειας για την εγκατάσταση.

- Κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Ο κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και σε περιοχές με αδυναμία άντλησης νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα. Το πλήθος των γεωτρήσεων είναι συνάρτηση της ισχύος της εγκατάστασης, ενώ η απόδοσή των κατακόρυφων συστημάτων παρουσιάζει σταθερότητα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Σημαντικό πλεονέκτημα των κάθετων συστημάτων αποτελεί το γεγονός της γρήγορης αποκατάστασης των θερμοκρασιακών διαταραχών του υπεδάφους, οι οποίες προκαλούνται από την εκμετάλλευση του θερμικού περιεχομένου του. Η διάμετρος της κάθε γεώτρησης είναι 6-8" και το βάθος τους κυμαίνεται μεταξύ 60–150m [8].



Εικόνα 2.2.4: Κλειστά συστήματα γεωθερμίας (οριζόντιο δεξιά, κάθετο αριστερά)

2.3 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (Γ.Α.Θ) είναι ηλεκτρικά τροφοδοτούμενα συστήματα, και εκμεταλλεύονται της σχετικά σταθερές θερμοκρασίες του εδάφους για να παράγουν θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης πραγματοποιώντας τις ενεργειακές μετατροπές που απαιτούνται σε ένα γεωθερμικό σύστημα. Μια γεωθερμική αντλία θερμότητας δεν παράγει θερμότητα όπως οι συμβατικές μονάδες, αλλά την μεταφέρει, απορροφώντας θερμότητα από μια περιοχή και μεταφέροντας τη σε άλλη.

Λόγω των παραπάνω, τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν με επιτυχία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Οι ενεργειακές μετατροπές πραγματοποιούνται μέσω ενός υδάτινου διαλύματος, το οποίο μπορεί να αντληθεί από μία υδρογεώτρηση είτε ανακυκλοφορεί στο γεωσυλλέκτη.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποιείται ως πηγή και ως καταβόθρα. Με βάση αυτή τη διάκριση υπάρχουν δύο τύποι γεωθερμικών αντλιών θερμότητας οι οποίοι είναι οι εξής:

1. Αντλίες θερμότητας νερού-αέρος. Πηγή ενέργειας είναι το νερό, το οποίο μπορεί να προέρχεται από ανοικτό ή κλειστό γεωθερμικό σύστημα. Το μέσο διανομής είναι ο αέρας.
2. Αντλίες θερμότητας νερού-νερού. Πηγή θερμότητας καθώς και μέσο διανομής είναι το νερό [7].

2.4 Εφαρμογές

PORTO VENEZIANO HOTEL (Χανιά, Κρήτη)



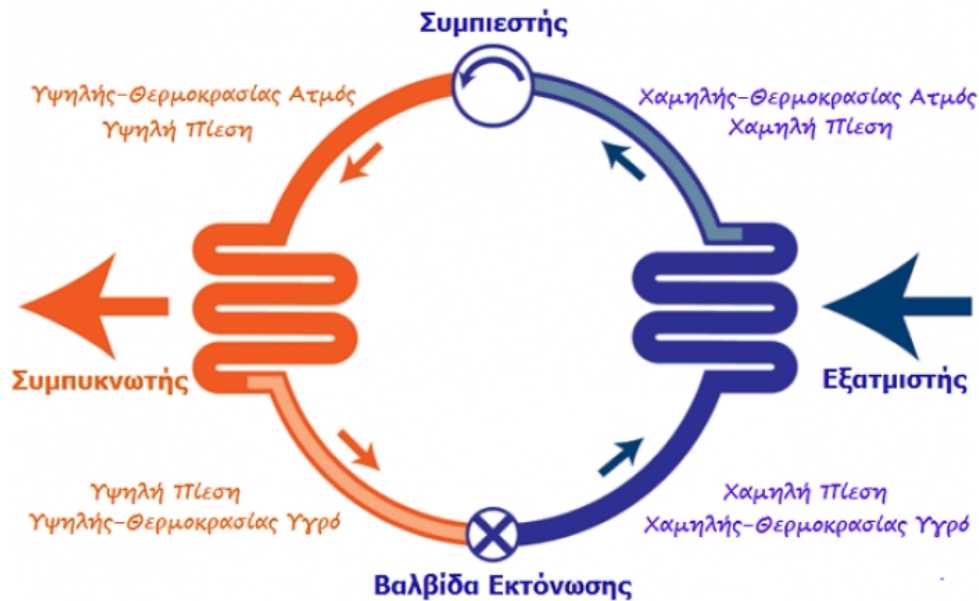
- Κλιματισμός: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (CARRIER 30XWH) ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 470 KW
- Ζεστά νερά χρήσεως: ΗΛΙΑΚΟ ΠΕΔΙΟ 225 m² ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ – BOILERS ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ZNX 11.000 LIT

[9]

3. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

3.1 Ψυκτικός κύκλος

Ο ψυκτικός κύκλος είναι ένας αένας κύκλος κατά τον οποίο το ψυκτικό μέσο συμπιέζεται στον συμπιεστή (εξωτερικό μηχάνημα κλιματιστικού) συμπυκνώνεται και υγροποιείται, στη συνέχεια εκτονώνεται στην εκτονωτική βαλβίδα και αεριοποιείται και πάλι στον εξατμιστή (εσωτερικό μηχάνημα κλιματιστικού).



Εικόνα 3.1: Ψυκτικός Κύκλος

Από την παραπάνω διαδικασία η οποία συμβαίνει μέσα στο κλιματιστικό παράγεται ο κρύος αέρας που βγαίνει από την εσωτερική μονάδα του κλιματιστικού. Συγκεκριμένα, κατά τη διαδρομή από τον συμπιεστή προς τη βαλβίδα εκτόνωσης, ο υψηλής θερμοκρασίας ατμός μετατρέπεται σε υψηλής θερμοκρασίας υγρό. Μόλις το υψηλής θερμοκρασίας υγρό περνάει από την βαλβίδα εκτόνωσης το υγρό εξατμίζεται και ταυτόχρονα κρυώνει. Κατά αυτό τον τρόπο, οι σωλήνες του εξατμιστή παγώνουν και ο ανεμιστήρας της εσωτερικής μονάδας του κλιματιστικού φυσάει αέρα πάνω στους παγωμένους σωλήνες του εξατμιστή, με αποτέλεσμα, ο παγωμένος αέρας να διαχέεται εντός του δωματίου.

Όταν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί σε θέρμανση, το εξωτερικό στοιχείο γίνεται ο εξατμιστής. Την ίδια στιγμή το εσωτερικό στοιχείο γίνεται ο συμπυκνωτής και απορροφά θερμότητα από το ψυκτικό υγρό η οποία διαχέεται στον αέρα που εξέρχεται από την κλιματιστική μονάδα. Ο εξατμιστής (εξωτερικό στοιχείο) απορροφά θερμότητα από τον αέρα και έπειτα μέσω συμπίεσης στέλνεται στον συμπυκνωτή (εσωτερικό στοιχείο). Το εσωτερικό στοιχείο απελευθερώνει τη θερμότητα στην εσωτερική μονάδα και κατόπιν ο ζεστός πια αέρας διαχέεται στο χώρο [10].

3.2 Αντλίες θερμότητας

Οι Αντλίες Θερμότητας "αντλούν" θερμότητα από μία ψυχρή πηγή και με τη βοήθεια ενός ψυκτικού μέσου την αποβάλλουν σε μία θερμή πηγή. Επειδή «επιβάλλουν» μία ροή θερμότητας από το ψυχρότερο προς το θερμότερο περιβάλλον, που είναι αντίθετη προς τη «φυσική ροή» θερμότητας, απαιτούν την κατανάλωση ενός μικρού ποσού ενέργειας (συνήθως ηλεκτρικής) προκειμένου να λειτουργήσουν [11].

Η αρχή λειτουργίας όλων των αντλιών θερμότητας είναι ίδια. Ανάλογα όμως με την επιλογή της πηγής "άντλησης" ενέργειας και το μέσο απόδοσης της ενέργειας διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

a. Αντλίες Θερμότητας αέρος - νερού

Οι αντλίες αέρος - νερού "αντλούν" ενέργεια από τον περιβάλλοντα αέρα. Το θερμικό μέσο απόδοση ενέργειας είναι συνήθως το νερό που μπορεί κυκλοφορεί στο δίκτυο θέρμανσης ή σε κάποιο εναλλάκτη από θερμοδοχείο με ενσωματωμένη αντλία θερμότητας (ζεστού νερού χρήσης).

b. Αντλίες θερμότητας αέρος - αέρος

Οι αντλίες αέρος - αέρος έχουν και ως πηγή "άντλησης" ενέργειας αλλά και ως μέσο απόδοσης της ενέργειας τον αέρα.

c. Αντλίες θερμότητας νερού - νερού (γεωθερμική αντλία κλειστού κυκλώματος)

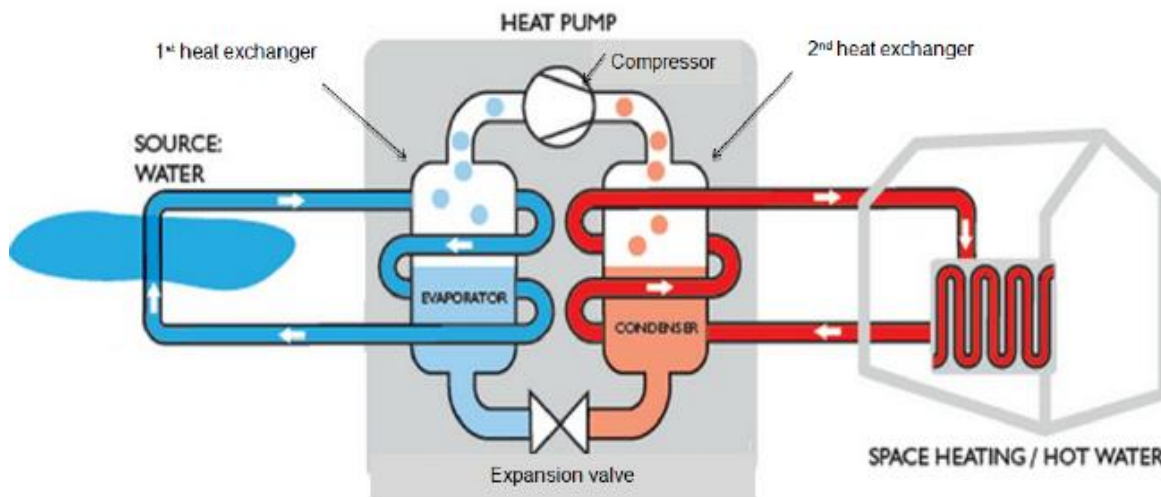
Πηγή "άντλησης" ενέργειας είναι το έδαφος. Η ενέργεια μεταφέρεται με οριζόντιους ή κάθετους εναλλάκτες στην αντλία. Το θερμικό μέσο απόδοσης ενέργειας το νερό.

d. Αντλίες θερμότητας νερού - νερού (γεωθερμική αντλία ανοιχτού κυκλώματος)

Στην περίπτωση αυτή εκμεταλλευόμαστε την θερμική ενέργεια των υπόγειων υδάτων μέσω γεωτρήσεων.

Η αντλία θερμότητας είναι ίδια με την παραπάνω , μόνο που το υδραυλικό κομμάτι του πρωτεύοντος κυκλώματος είναι από υλικά κατάλληλα για ανοιχτό κύκλωμα [12].

Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν όλα τα ψυκτικά μηχανήματα και η λειτουργία τους βασίζεται στις ίδιες αρχές που εφαρμόζονται στα ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά μηχανήματα κ.λπ. Συνεπώς, η λειτουργία τους βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο [13].



Εικόνα 3.2.2: Κύκλος λειτουργίας αντλίας θερμότητας νερού-νερού

Η απόδοση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία εισόδου του νερού, υποθέτοντας ότι όλες οι άλλες παράμετροι, όπως η ροή του αέρα ή η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού στο σύστημα θέρμανσης παραμένουν σταθερές. Η θερμοκρασία εισόδου του νερού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ο μήνας του χρόνου, ο τύπος του εδάφους, το μέγεθος του γεωσυλλέκτη κτλ., και δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί μια συγκεκριμένη στιγμή. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα διαστασιολογείται έτσι ώστε η θερμοκρασία εισόδου του νερού να μένει εντός καθορισμένων ορίων για όλο το χρόνο.

Γενικά, η απόδοση ορίζεται ως:

$$EEF = \frac{\text{Χρήσιμη ενέργεια}}{\text{Προσδιδόμενη ενέργεια}}$$

Στη περίπτωση της αντλίας θερμότητας, η παράμετρος αυτή παρουσιάζεται με διαφορετικούς τρόπους για τη λειτουργία της θέρμανσης και της ψύξης.

Για τη λειτουργία της ψύξης η παράμετρος αυτή ορίζεται ως:

$$EER = \left[\frac{\text{Συνολική ικανότητα ψύξης σε } \frac{Btu}{hr}}{\text{Ισχύς εισόδου σε Watts}} \right]$$

Για τη λειτουργία της θέρμανσης η παράμετρος απόδοσης είναι ο βαθμός απόδοσης [Coefficient Of Performance - COP]:

$$COP = \left[\frac{\text{Θερμική ικανότητα σε } \frac{Btu}{hr}}{\text{Ισχύς εισόδου σε } \frac{Btu}{hr}} \right]$$

Ο παράγοντας COP εκφράζει την απόδοση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Παρουσιάζει το ποσοστό της προσδιδόμενης ενέργειας σε σχέση με την ισχύ που απαιτείται για τη λειτουργία της για μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Για μια δεδομένη γεωθερμική αντλία θερμότητας ο COP ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία εισόδου και εξόδου. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά που πρέπει να επιτευχθεί για τη θέρμανση ή την ψύξη του χώρου, τόσο πιο οικονομικά και αποδοτικά λειτουργεί η γεωθερμική αντλία θερμότητας. Ο COP εξαρτάται επίσης και από άλλους παράγοντες όπως οι θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στη συλλογή θερμότητας και τα συστήματα διανομής [7].

Οι τιμές των συντελεστών EER και COP είναι μεγαλύτερες της μονάδας σε όλες σχεδόν της εφαρμογές, και κυμαίνονται συνήθως από 3 έως 4 . Αυτό συμβαίνει επειδή η ενέργεια που «παίρνουμε» προέρχεται κατά 70 % από το εξωτερικό περιβάλλον και κατά 30 % από την ενέργεια που «καταναλώνουμε» [11].

Σημειώνετε ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, έχουν σχεδόν σταθερό βαθμό απόδοσής, αφού η θερμοκρασία του νερού στο υπέδαφος παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

3.3 Εναλλάκτες θερμότητας

Εναλλάκτης θερμότητας ονομάζεται η συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών διαφορετικής θερμοκρασίας.

Οι εναλλάκτες, ανάλογα με τη διαδικασία μεταφοράς της θερμότητας, μπορούν να διακριθούν σε άμεσης και έμμεσης επαφής. Στους άμεσης επαφής, δύο ρευστά τα οποία βρίσκονται σε διαφορετική φάση μεταξύ τους έρχονται επαφή, ανταλλάσσουν θερμότητα και έπειτα διαχωρίζονται. Στους εναλλάκτες έμμεσης επαφής, τα δύο ρευστά παραμένουν χωρισμένα και η θερμότητα μεταφέρεται μέσω μιας διαχωριστικής επιφάνειας [14].

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τους εναλλάκτες έμμεσης επαφής, που είναι ο τύπος εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση με την οποία θα ασχοληθούμε στα επόμενα κεφάλαια.

Οι εναλλάκτες έμμεσης ροής μπορούν να διαχωριστούν σε διάφορες μορφές όσο αφορά τόσο την κατασκευή, όσο και τον τύπο της ροής μέσα σε αυτούς. Πιο αναλυτικά:

➤ Όσο αφορά τη ροή, τα είδη εναλλακτών θερμότητας είναι τα παρακάτω:

- Ομορροής / Αντιρροής

Όταν τα δυο ρευστά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση παράλληλα, η διεργασία χαρακτηρίζεται ομορροή. Αντίθετα, όταν κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις, χαρακτηρίζεται αντιρροή.

- Σταυρωτής ροής

Εναλλάκτες θερμότητας στους οποίους η ροή του ενός ρευστού είναι κάθετη προς το επίπεδο ροής του άλλου.

- Μικτής ροής

Έτσι ονομάζονται οι εναλλάκτες στους οποίους η ροή είναι συνδυασμός των παραπάνω ειδών.

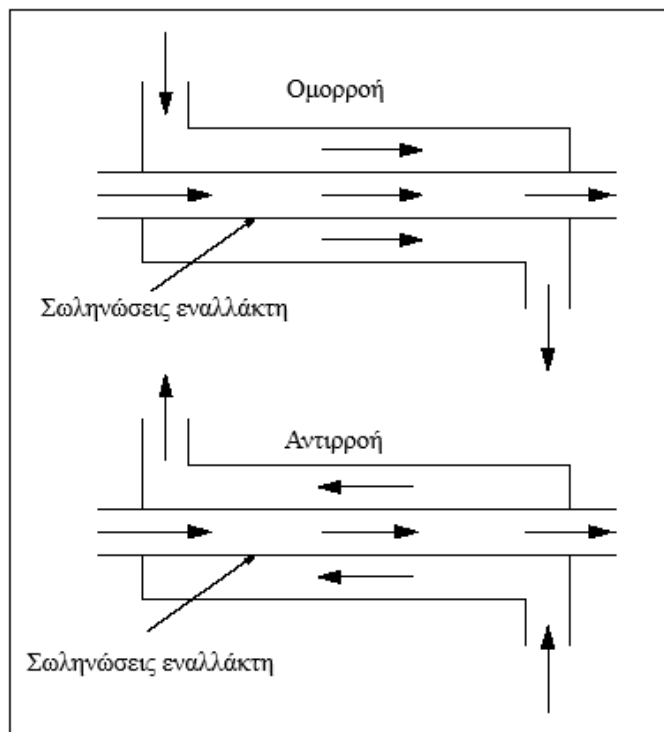
➤ Όσο αφορά την κατασκευή, τα βασικότερα είδη εναλλακτών είναι τα εξής:

- Ομοκεντρικοί εναλλάκτες κυκλικής διατομής (σωληνωτός εναλλάκτης)

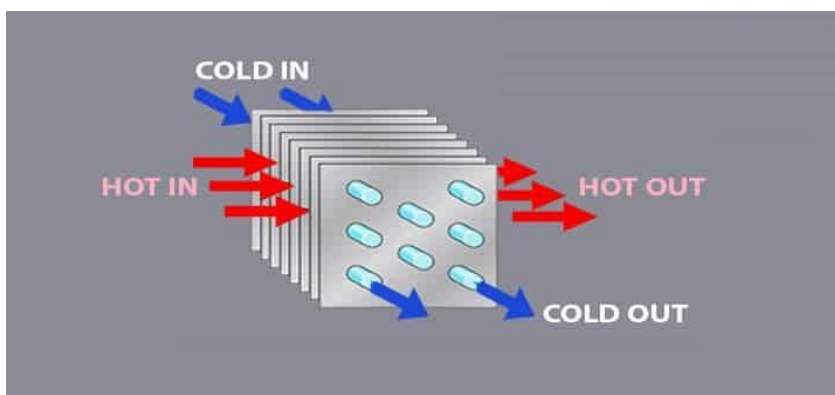
Ο απλούστερος τύπος εναλλάκτη. Αποτελείται από δύο σωλήνες (ομοαξονικοί). Τα ρευστά μπορούν να ρέουν με ίδια ή αντίθετη φορά.

- Εναλλάκτες κελύφους (σωληνωτός εναλλάκτης)

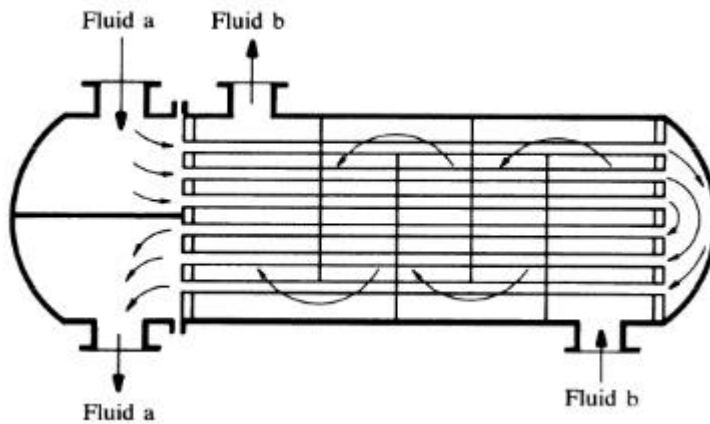
Οι εναλλάκτες αυτοί είναι μικτής ροής. Αποτελούνται από κέλυφος και δέσμη σωλήνων, όπου το ένα ρευστό κυκλοφορεί στο κέλυφος και το άλλο ανάμεσα στους σωλήνες. Το ρευστό που κυκλοφορεί στο κέλυφος, αναγκάζεται να ακολουθεί τεθλασμένη διαδρομή, λόγω παρεμβολής μεταλλικών πλακών, που του αλλάζουν διεύθυνση. Έτσι δημιουργείτε τυρβώδης ροή και προκύπτουν καλύτερους συντελεστές μετάδοσης θερμότητας.



Εικόνα 3.3.1:
Ενδεικτική απεικόνιση
ομοκεντρικού εναλλάκτη
(ομορροής/αντιρροής)



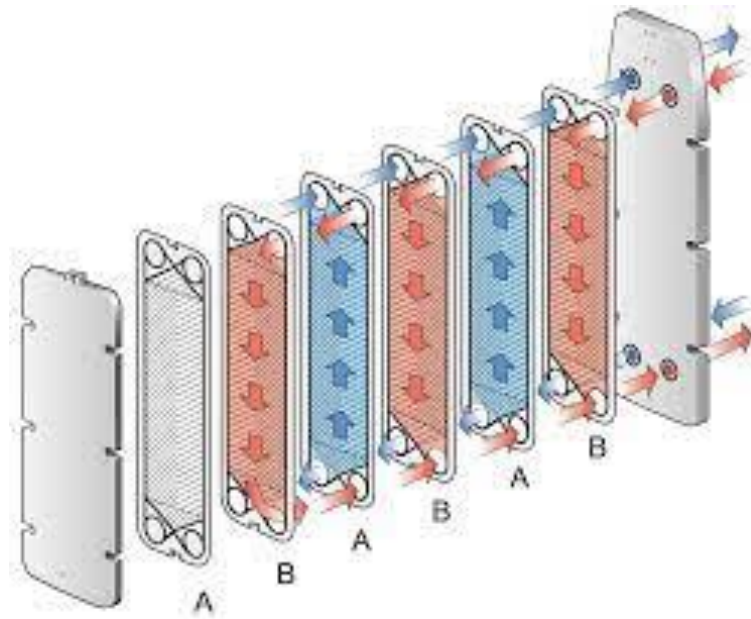
Εικόνα 3.3.2:
Εναλλάκτης
σταυρωτής ροής



Εικόνα 3.3.3:
Εναλλάκτης κελύφους
(μικτής ροής)

- Πλακοειδείς εναλλάκτες

Αποτελούνται από ανοξείδωτες λεπτές πλάκες, οι οποίες είναι μεταξύ τους ενωμένες με συγκόλληση ή σύσφιξη. Μεταξύ των πλακών υπάρχει ένα μικρό διάκενο. Είναι έτσι διαμορφωμένες, ώστε ανάμεσα σε κάθε στρώση να κυκλοφορεί το ένα από τα δύο ρευστά. Κατά αυτό τον τρόπο, τα ρευστά καταλαμβάνουν τον χώρο μεταξύ πλακών εναλλασσόμενα, το ένα μετά το άλλο, και τα ρευστά ανταλλάσσουν ενέργεια σε όλες τις πλάκες ταυτόχρονα. Οι πλάκες των εναλλακτών είναι κυματοειδείς, έτσι ώστε η ροή μέσα στα διάκενα να είναι τυρβώδης. Στο εμπρός μέρος του εναλλάκτη υπάρχουν τέσσερα στόμια σύνδεσης, τα οποία μπορεί να είναι βιδωτά ή φλαντζωτά [15].



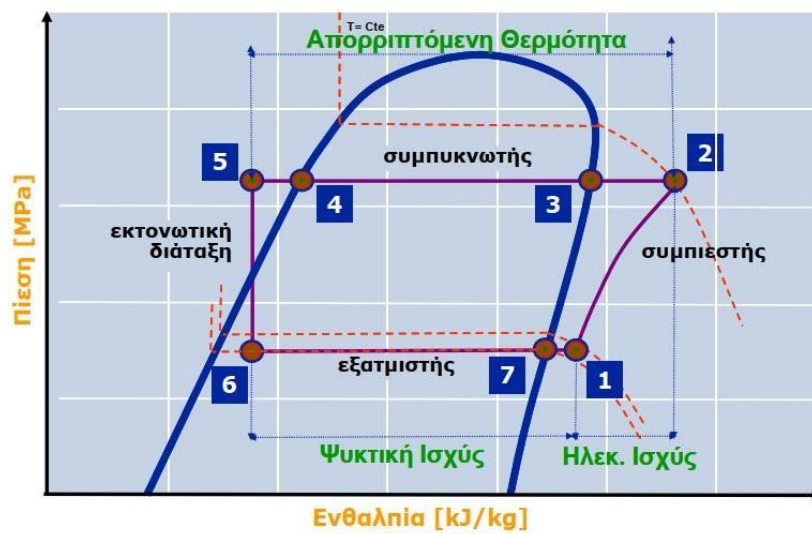
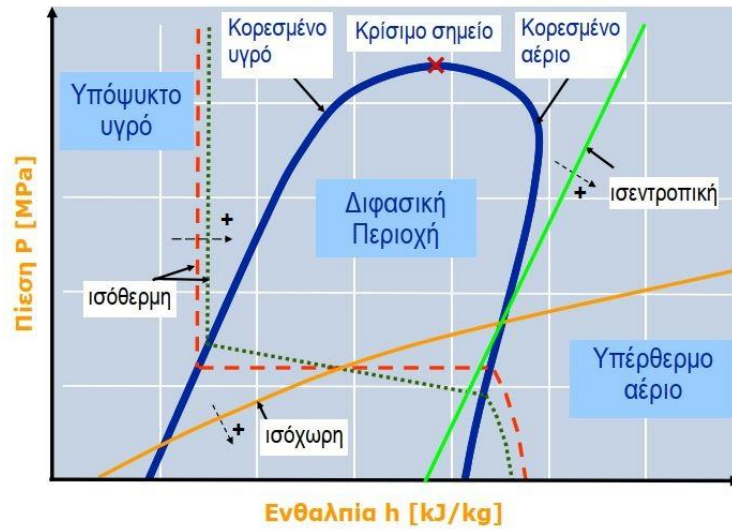
Εικόνα 3.3.4:

Απεικόνιση
λειτουργίας
πλακοειδούς
εναλλάκτης

3.4 Ανάκτηση από Αντλίες Θερμότητας και Ψυκτικά συγκροτήματα

Κάθε ψυκτικό & κλιματιστικό μηχάνημα αποβάλλει στο περιβάλλον ποσά θερμότητας ίσα με το άθροισμα του ψυκτικού φορτίου της συσκευής και του μηχανικού φορτίου του συμπιεστή.

Ανάκτηση θερμότητας για παραγωγή ZNX από ψυκτικά και κλιματιστικά μηχανήματα ονομάζεται η διαδικασία όπου το παραπάνω ποσό θερμότητας, μεταφέρεται στο ζεστό νερό χρήσης χωρίς κόστος, σε θερμοκρασίες έως 65°C (για περιπτώσεις μερικής ανάκτησης έως 70°C). Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και της φθοράς των ψυκτικών και κλιματιστικών μηχανημάτων.

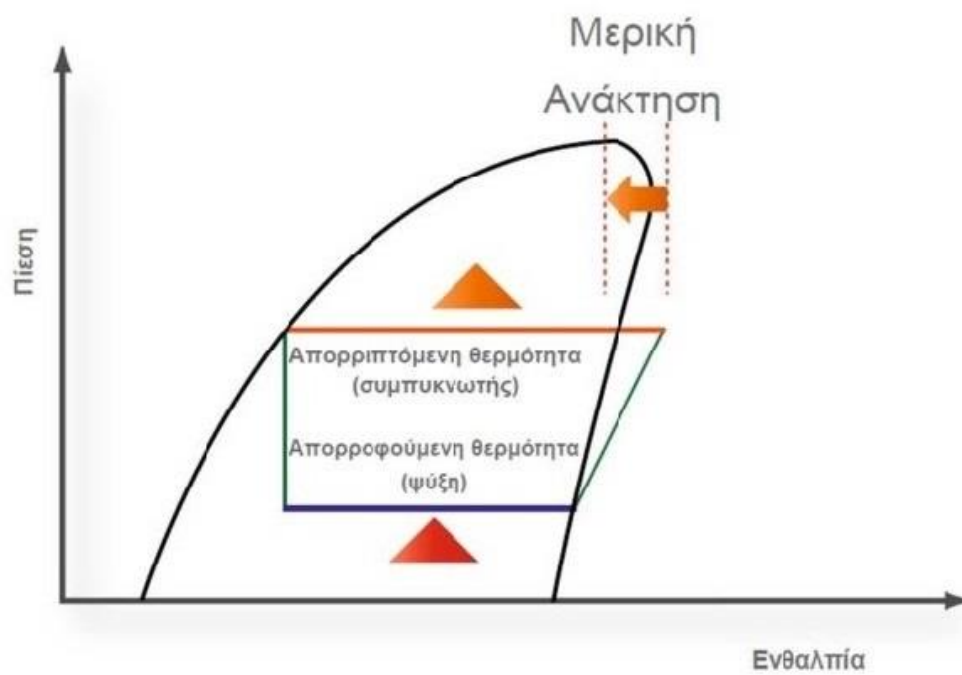


Εικόνα 3.4.1: Διάγραμμα Πίεσης [MPa] - Ενθαλπίας [$\frac{kJ}{kg}$] για τον ψυκτικό κύκλο

Η ποσότητα της ανάκτησης εξαρτάται από την ηλεκτρική κατανάλωση του συμπιεστή σε kW, καθώς και από τον βαθμό απόδοσης. Η θερμοκρασία του ζεστού νερού εξαρτάται από το είδος του ψυκτικού μέσου που χρησιμοποιείτε, λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας κατάθλιψης.

Η ανάκτηση θερμότητας περιγράφεται ως ολική ή μερική. Βασικά χαρακτηριστικά - διαφορές των παραπάνω τύπων ανάκτησης παρατίθεντο στον παρακάτω πίνακα:

<u>Ολική ανάκτηση</u>	<u>Μερική ανάκτηση (Desuperheater)</u>
Μεγάλες παραγόμενες ποσότητες ζεστού νερού, έως 100% της απορριπτόμενης θερμότητας (total heat rejection).	Μικρές ποσότητες ζεστού νερού, συνήθως έως 20% της απορριπτόμενης θερμότητας.
Ελεγχόμενη θερμοκρασία ανάκτησης (έως 55°C).	Μερικώς ελεγχόμενη θερμοκρασία ανάκτησης (έως 70°C).
Σταθερά υψηλές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας στους συμπιεστές	Μεταβαλλόμενες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας.
Υποβιβασμός βαθμού αποδοτικότητας (EER) του ψύκτη	Μη υποβιβασμός . Ίδιος βαθμός όπως σε κανονική λειτουργία ψύξης.
Χρονικά όρια στην εναλλαγή κανονικής λειτουργίας και λειτουργίας σε ανάκτηση (4 φορές ανά ώρα και ανά ψυκτικό κύκλωμα).	Δεν υπάρχουν χρονικά όρια.



Εικόνα 3.4.2: Ενδεικτικό διάγραμμα Πίεσης – Ενθαλπίας για ολική και μερική ανάκτηση αντίστοιχα.

Η παραπάνω διάκριση σε ολική ή μερική, εξαρτάται από τον τύπο του ψυκτικού μηχανήματος ή/και της αντλίας θερμότητας και το ποιο τύπο ανάκτησης θερμότητας υποστηρίζει βάση του σχεδιασμού της από τον κατασκευαστή.

Τα βασικά πλεονεκτήματα μιας εφαρμογής ανάκτησης θερμότητας για την παραγωγή ZNX αφορούν το οικονομικό κομμάτι λειτουργίας μιας ξενοδοχειακής μονάδας, καθώς μειώνεται το λειτουργικό της κόστος. Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν Εθνικές / Τοπικές προμοδοτήσεις ή μειώσεις φόρων καθώς και διάφορα οικονομικά πλεονεκτήματα από πιστώσεις εκπομπής ρύπων, ανάλογα με το ενεργειακό αποτύπωμα της επιχείρησης, για τις επιχείρησης που γίνονται εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας με “πράσινη τεχνολογία” [16].

3.5 Εφαρμογές

LA MARQUISE LUXURY RESORT (Ρόδος)



Τα συστήματα κεντρικού κλιματισμού αποτελούνται από:

- 5 αντλίες θερμότητας CARRIER 30RQ452-30RQ522 εξοπλισμένα με σύστημα μερικής ανάκτησης θερμότητας (Desuperheater)
- 3 αερόψυκτους ψύκτες CARRIER 30XA (30XA452-30XA802) με σύστημα ολικής ανάκτησης θερμότητας
- 1 αερόψυκτο ψύκτη CARRIER 30RB232 με σύστημα ολικής ανάκτησης θερμότητας

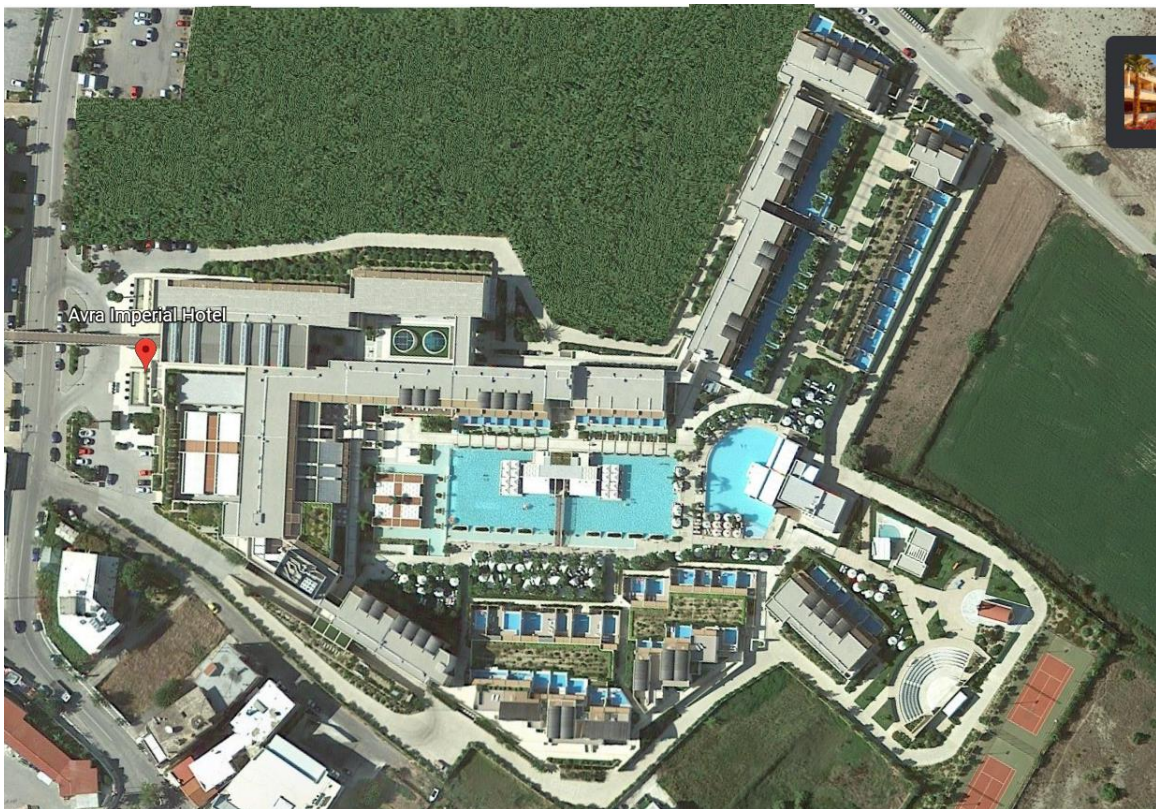
Η συνολική ψυκτική ισχύς των εγκατεστημένων μηχανημάτων είναι 4316 kW.

Η συνολική διαθέσιμη ισχύς ανάκτησης θερμότητας (Heat Recovery) για την παραγωγή ζεστών νερών χρήσης του ξενοδοχείου ανέρχεται σε 1.773 kW, ικανή για την πλήρη κάλυψη των αναγκών ακόμα και σε περίοδο πληρότητας 100%.

4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Ζ.Ν.Χ ΞΕΝΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

4.1 Περιγραφή εφαρμογής

Το ξενοδοχείο AVRA IMPERIAL HOTEL βρίσκεται στο Κολυμπάρι Χανίων, σε απόσταση 250 μέτρων από τη θάλασσα, και σε υψόμετρο 5 μέτρων από το επίπεδο της θάλασσας. Διαθέτει 264 δωμάτια, 622 κλίνες καθώς και 5 εστιατόρια και 4 bar.



Εικόνα 4.1.1: Πανοραμική άποψη του ξενοδοχείου AVRA IMPERIAL HOTEL

Σύμφωνα με TOTEE 20701-1/2010, οι απαιτήσεις Ζ.Ν.Χ σε ξενοδοχείο κατηγορίας LUX θερμικής λειτουργίας καθορίζονται σε $100 \frac{lt}{\eta\mu\epsilon\rho\alpha}$ ανά άτομο [17] .

Συνεπώς, για να υπολογίσουμε τις συνολικές απαιτήσεις σε Z.N.X του ξενοδοχείου ανά μέρα, όταν αυτό έχει 100% πληρότητα, εργαζόμαστε ως εξής:

$$\text{Συνολικές ημερήσιες απαιτήσεις Z. N. X} = \text{Αριθμός κλινών} * 100 \frac{lt}{\text{ημέρα}} \rightarrow$$

$$\text{Συνολικές ημερήσιες απαιτήσεις Z. N. X} = 622 \text{ κλίνες} * 100 \frac{lt}{\text{ημέρα}} \rightarrow$$

$$\text{Συνολικές ημερήσιες απαιτήσεις Z. N. X} = 62200 \frac{lt}{\text{ημέρα}}$$

Συνήθως για τις εγκαταστάσεις Z.N.X, προκύπτει η αναλογία $50 \frac{lt}{m^2 \text{ συλλεκτικής επιφάνειας}}$. Συνεπώς, προκειμένου να υπάρχει 100% κάλυψη, με την χρήση μόνο από το ηλιακό πεδίο θα έπρεπε να ισχύει:

$$50 \frac{lt}{m^2 \text{ συλλεκτικής επιφάνειας}} * m^2 \text{ συλλεκτών} = 62200 \frac{lt}{\text{ημέρα}} \rightarrow$$

$$m^2 \text{ συλλεκτών} = 1244 m^2 .$$

Το παραπάνω όμως είναι αδύνατο, καθώς η συνολική διαθέσιμη επιφάνεια για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών είναι $978.5 m^2$ (σύμφωνα με το χώρο που προβλέφθηκε από την αρχιτεκτονική μελέτη) . Πρέπει μάλιστα να ληφθεί υπόψιν ότι πρέπει να προβλεφθεί χώρος για το δίκτυο των σωληνώσεων ενώ τίθεται και το ζήτημα της άνετης προσβασιμότητας στην εγκατάσταση σε περίπτωση κάποιας δυσλειτουργίας ή για την πραγματοποίηση συντήρησης. Θεωρούμε λοιπόν ως διαθέσιμο για την εγκατάσταση ως το μισό τις παραπάνω, δηλαδή: $489.25 m^2$.

4.2 Περιγραφή ηλιακού πεδίου

Επιλέγεται η τοποθέτηση 198 συλλεκτών SOLE CLIMASOL 250 , συλλεκτικής επιφάνειας $2,3 \text{ m}^2$ έκαστος και συνολικής επιφάνειας $455,4 \text{ m}^2$, σε συστοιχίες των 6 ή 7 συλλεκτών. Οι συλλέκτες κάθε συστοιχίας είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους σε σειρά, και οι συστοιχίες είναι συνδεδεμένες παράλληλα μεταξύ τους.

Για να εξασφαλιστεί η σταθερή παροχή του υγρού μεταφοράς της θερμότητας, οι συλλέκτες πρέπει να έχουν την ίδια πτώση πίεσης. Οι παράλληλα συνδεδεμένες συστοιχίες αποτελούνται από όμοιο αριθμό συλλεκτών, και προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας πρέπει να προβλέπεται ένας βρόχος Tichelmann στην επιστροφή. Χρησιμοποιούνται συλλέκτες ενός τύπου, διότι οι κάθετοι και οι οριζόντιοι συλλέκτες έχουν διαφορετικές απώλειες πίεσης.

Για κάθε ηλιακό, από εμπειρικούς κανόνες η παροχή θεωρείται ίση με $50 \frac{\text{lt}}{\text{hr}}$ για κάθε m^2 συλλεκτικής επιφάνειας [18] .

Για κάθε σειρά, η συνολική παροχή της προκύπτει ως εξής:

$$50 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} * \text{m}^2 \text{ συλλεκτικής επιφάνειας} * 2,3 \text{ m}^2 \text{ συλλεκτικής επιφάνειας} * \text{Αριθμός συλλεκτών}$$

Συνεπώς:

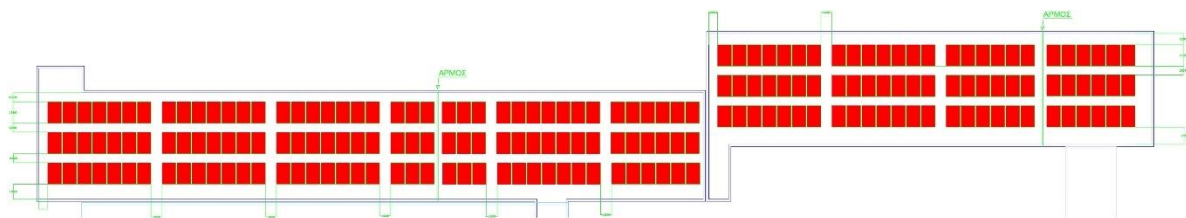
- Για κάθε σειρά με 7 συλλέκτες:

$$50 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} * 2,3 \text{ m}^2 \text{ συλλεκτικής επιφάνειας} * 7 = 805 \frac{\text{lt}}{\text{hr}}$$

- Για κάθε σειρά με 6 συλλέκτες:

$$50 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} * 2,3 \text{ m}^2 \text{ συλλεκτικής επιφάνειας} * 6 = 690 \frac{\text{lt}}{\text{hr}}$$

Η τελική διάταξη του ηλιακού πεδίου φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο.

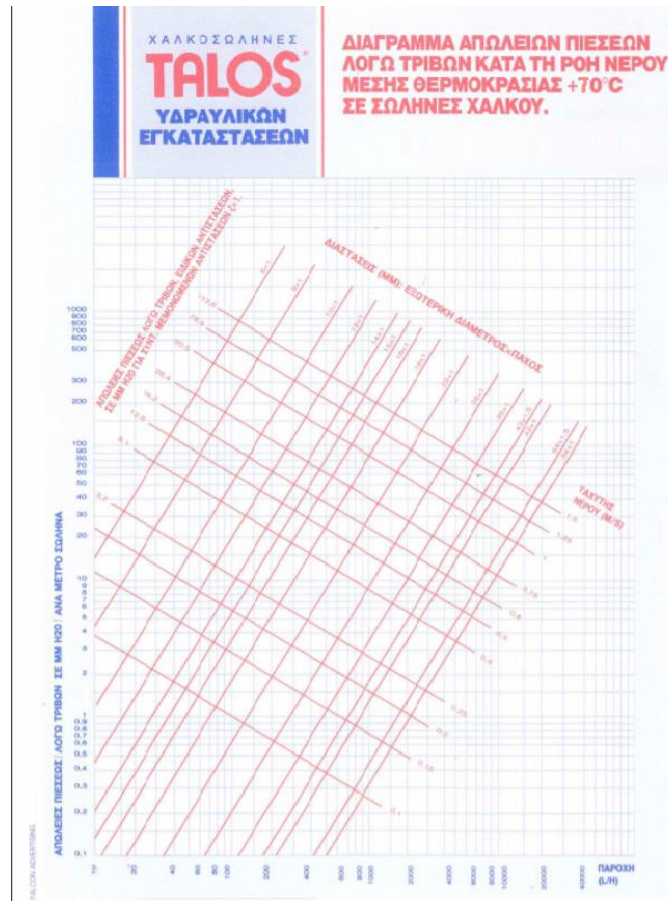


Εικόνα 4.2.1: Διάταξη του ηλιακού πεδίου

Χρησιμοποιείτε χαλκοσωλήνας, καθώς μπορεί να ανταπεξέλθει από τους 200° Κελσίου για τα ηλιακά συστήματα μέχρι τους -200° Κελσίου για υγροποιημένα αέρια των συστημάτων κλιματισμού και πιέσεων 35-40 bar. Επιπλέον, όταν εκτίθεται στο περιβάλλον (ακτίνες UV, ηλιακή ακτινοβολία, οξυγόνο), ο χαλκοσωλήνας διατηρεί τις ιδιότητές του στο πέρασμα του χρόνου, και δεν υφίσταται οποιαδήποτε φθορά [19] .

Προκειμένου να υπολογιστεί η εκάστοτε διάμετρος των σωληνώσεων που θα χρησιμοποιηθούν για κάθε τμήμα του υδραυλικού δικτύου εργαζόμαστε ως εξής:

Για κάθε τμήμα του υδραυλικού δικτύου με συγκεκριμένη παροχή, μελετάμε το παρακάτω διάγραμμα της εταιρίας χαλκοσωληνών "ΤΑΛΟΣ", έτσι ώστε η πτώση πίεσης στο συγκεκριμένο τμήμα να βρίσκεται στην περιοχή των $0,03 \frac{mH_2O}{m}$ σωλήνα και η ταχύτητα του νερού εντός του σωλήνα να βρίσκεται μεταξύ $0,6 - 1 \frac{m}{s}$. [1]



Εικόνα 4.2.2: Διάγραμμα απωλειών πιέσεων σε σωλήνες χαλκού +70°C

Κατά αυτό τον τρόπο, προκύπτουν τα εξής:

ΠΑΡΟΧΗ (lt/h)	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (mmH2O)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)
690	Φ18	43	0,7
805	Φ18	48	0,78
1380	Φ22	39	0,78
1610	Φ22	44	0,8
2070	Φ28	22	0,7
2415	Φ28	34	0,45
4140	Φ35	28	0,875
4830	Φ35	38	1
6555	Φ42	30	0,875
7245	Φ42	38	0,9
8970	Φ54	16	0,85
9315	Φ54	18	0,85
11730	Φ54	19	0,9
13800	Φ76	10,6	0,94
22770	Φ88	5	1,116

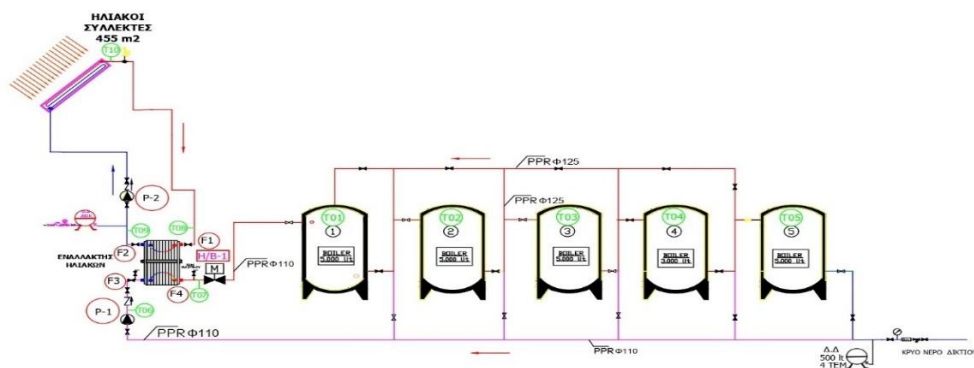
Η αποθήκευση των δοχείων ζεστού νερού θεωρείται ίση με 50 lt ανά m² συλλεκτικής επιφάνειας. Άρα, οι συνολική χωρητικότητα των δοχείων αποθήκευσης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 22770 lt, και επιλέγουμε την τοποθέτηση 5 boiler συνολικής χωρητικότητας 23000 lt (τέσσερα των 5000 lt το καθένα και ένα των 3000 lt) [1] .

Το παραγόμενο ζεστό νερό από το ηλιακό πεδίο, οδηγείτε μέσω του δικτύου σωληνώσεων στο πρώτο δοχείο. Με τον τρόπο αυτό, το πρώτο δοχείο διαθέτει την υψηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης Z.N.X. Συνεπώς, επιλέγουμε η προσαγωγή του Z.N.X προς τις καταναλώσεις να γίνεται από το πρώτο δοχείο. Το κρύο νερό του δικτύου τροφοδοτεί το τελευταίο δοχείο

Η διάταξη αυτή χαρακτηρίζεται ως «σε σειρά».

Επιλέγεται ο συγκεκριμένος τρόπος σύνδεσης, καθώς απλοποιεί την εγκατάσταση και παράλληλα μειώνει το κόστος της, σε σύγκριση με την παράλληλη συνδεσμολογία στην οποία όλα τα boiler, τροφοδοτούνται με κρύο νερό και όλα τα boiler τροφοδοτούν με Z.N.X τις καταναλώσεις.

Η διάταξη σύνδεσης των boiler φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο.



Εικόνα 4.2.3: Διάταξη της σύνδεσης boiler – ηλιακού πεδίου

Στην συνέχεια, πρέπει να υπολογιστεί ο πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας του ηλιακού πεδίου, στον οποίο γίνεται η “ανταλλαγή” θερμότητας μεταξύ του υγρού που έρχεται ζεστό από το ηλιακό πεδίο, και του νερού που έρχεται από το κάτω μέρος των δοχείων αποθήκευσης ή/και το δίκτυο.

Για τη διαστασιολόγηση των εναλλακτών θερμότητας, καθώς και για τον υπολογισμό των παραμέτρων της λειτουργίας τους θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς ή LMTD (Log Mean Temperature Difference).

Το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται στον εναλλάκτη δίνεται από την σχέση:

$$q = U \times A \times \Delta T_m$$

όπου q είναι το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται μεταξύ των δύο ρευστών (σε W), με U συμβολίζεται ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του εναλλάκτη (σε W/m²*K), A είναι η συνολική επιφάνεια του εναλλάκτη (σε m²) και ΔT_m είναι μία κατάλληλη μέση θερμοκρασιακή διαφορά κατά μήκος του εναλλάκτη θερμότητας. Η ποσότητα αυτή υπολογίζεται από την σχέση :

$$\Delta T_m = \frac{(Th_2 - Tc_2) - (Th_1 - Tc_1)}{\ln \left[\frac{(Th_2 - Tc_2)}{(Th_1 - Tc_1)} \right]}$$

όπου Th_1 είναι η θερμοκρασία εισόδου του θερμού ρευστού, Th_2 είναι η θερμοκρασία εξόδου του θερμού ρευστού, Tc_1 είναι η θερμοκρασία εισόδου του ψυχρού ρευστού, Tc_2 είναι η θερμοκρασία εξόδου του ψυχρού ρευστού.

Η θερμοκρασιακή διαφορά της παραπάνω εξίσωσης ονομάζεται μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά και ισούται με το λόγο της διαφοράς θερμοκρασίας στις εξόδους του εναλλάκτη μείον τη διαφορά θερμοκρασίας στις εισόδους του εναλλάκτη προς το φυσικό λογάριθμο του πηλίκου των δύο αυτών διαφορών.

Αυτή η προσέγγιση έχει προκύψει κάνοντας δύο σημαντικές παραδοχές, συγκεκριμένα ότι:

- α) η ειδική θερμότητα των ρευστών δεν μεταβάλλεται με την θερμοκρασία
- β) οι συντελεστές συναγωγής των ρευστών είναι σταθεροί καθ' όλο το μήκος του εναλλάκτη.

Η δεύτερη παραδοχή είναι η σημαντικότερη, διότι λόγω των συνθηκών που επικρατούν στον εναλλάκτη το ιξώδες, η θερμική αγωγιμότητα κ.λπ. των ρευστών μεταβάλλονται, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται και ο συντελεστής συναγωγής τους. Για τη διόρθωση της μεθόδου προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μεταβολή αυτή των συντελεστών συναγωγής των ρευστών χρησιμοποιούνται αριθμητικές μέθοδοι, ενώ η εξίσωση μεταφοράς της θερμότητας παίρνει τη μορφή:

$$q = U * F * A * \Delta T_m$$

όπου F είναι ο συντελεστής διόρθωσης. Ο συντελεστής αυτός μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του εναλλάκτη [20] .

Ο υπολογισμός των παραμέτρων του πλακοειδή εναλλάκτη καθώς και η επιλογή του κατάλληλου εναλλάκτη για το ηλιακό πεδίο γίνεται με τη βοήθεια του λογισμικού PHE Manager της εταιρίας παραγωγής εναλλακτών θερμότητας Cipriani - Carrier. Οι παράμετροι που εισάγονται, φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

Εικόνα 4.2.4: Μενού επιλογής παραμέτρων PHE manager

Όπου:

1. Περισσότερα στο παράρτημα

1α. Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του εναλλάκτη – Επιλέγεται 70°C, καθώς αυτή είναι η επιθυμητή θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου αφότου έχει θερμανθεί στο ηλιακό πεδίο.

2. Προσθέτουμε ως είσοδο τα kW του ηλιακού πεδίου, υπολογίζοντας τα ως εξής:

$$a = lt * \Delta T \rightarrow$$

$$a = 198 \text{ ηλιακοί συλλέκτες} * 2,3 \text{ m}^2 * 50 \frac{\text{lt}}{\text{h}} * 20^\circ \text{C} \rightarrow$$

$$a = 22770 \frac{\text{lt}}{\text{h}} * 20^\circ \text{C} \rightarrow$$

$$a = 455400 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \rightarrow$$

$$a = 530 \text{ kW}$$

3. COLD SIDE

- Inlet temperature (= 49 °C) → Θερμοκρασία εισόδου του νερού από το δίκτυο ή/και τα boiler αποθήκευσης στον εναλλάκτη
- Outlet temperature (= 65 °C) → Θερμοκρασία εξόδου του νερού από τον εναλλάκτη προς τα boiler αποθήκευσης
- Pressure drop (= 5 mH₂O) → Πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη. Θεωρούμε ως μέγιστη αποδεκτή τιμή 5 mH₂O
- Operating pressure (= 6 bar G) → Πίεση λειτουργίας του ανοικτού κυκλώματος. Θεωρούμε τιμή 6 bar G από εμπειρικά δεδομένα

HOT SIDE

- Inlet temperature (= 50 °C) → Θερμοκρασία εισόδου του ψυκτικού μέσου στους ηλιακούς συλλέκτες από τον εναλλάκτη
- Outlet temperature (= 70 °C) → Θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού μέσου από τους ηλιακούς συλλέκτες προς τον εναλλάκτη
- Pressure drop (= 5 mH₂O) → Πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη. Θεωρούμε ως μέγιστη αποδεκτή τιμή 5 mH₂O
- Operating pressure (= 3 bar G) → Πίεση λειτουργίας του κλειστού κυκλώματος. Θεωρούμε τιμή 3 bar G από εμπειρικά δεδομένα

Τελικά επιλέγεται εναλλάκτης του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:



Datasheet

Item : Εναλλάκτης Ηλιακού
Model : 10TEE 0260+

OPERATING CONDITION

Fluids		Water	Water	
Inlet flow rates	m ³ /h	28.95	23.19	m ³ /h
INLET temperatures	°C	49.0	70.0	°C
OUTLET temperatures	°C	65.0	50.0	°C
Pressure drop (calc.)	mH ₂ O	4.904	3.212	mH ₂ O
Operating pressure	bar G	6.000	5.000	bar G
Capacity	kW		530.00	
Total oversizing	%		1.52	

FLUID PROPERTIES

Density	kg/m ³	984.97	983.41
Specific heat capacity	J/(kg K)	4182	4184
Thermal conductivity	W/(m K)	0.652	0.655
Dynamic viscosity	cP	0.4885	0.4665

PRODUCT CONFIGURATION

Product code	10TEE#0260+105A00PNPV0JJ11		
Frame material	Carbon steel		
Plates (material / thickness)	AISI 316L (EN 1.4404) / 0.4 mm		
Gaskets (material / type)	NBR / Glue-free Plug-In® design		
Connections size	DN50	DN50	
Connections type	Threaded nozzles	Threaded nozzles	
Connections material	AISI 316	AISI 316	
Fluids position (inlet -> outlet)	F3 -> F4	F1 -> F2	
No. of passes	1	1	
Relative directions of fluids	Counter Current		
Max. number of plates allowed on frame	151		

DESIGN

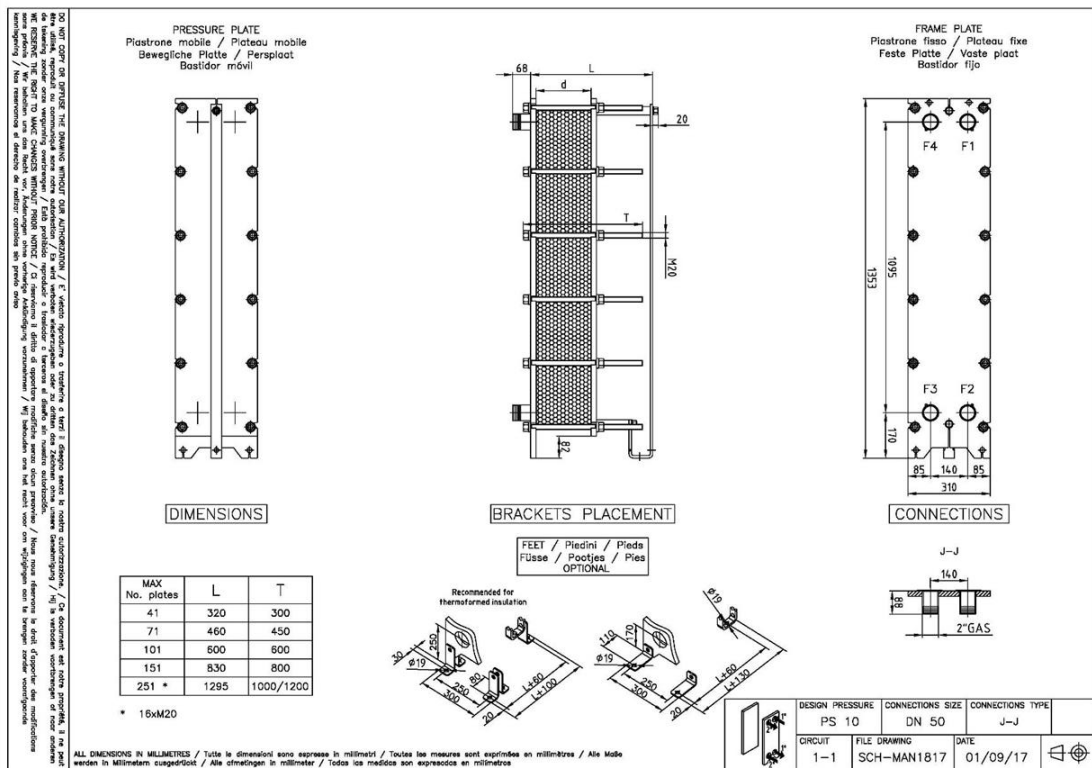
Design standard	PED 2014/68/EU		
PED risk category	Art. 4.3 (Gr. 2 - L) / -		
Pressure (design / test)	bar	10 / 15	
Temperature (min / design)	°C	0 / 70	
Volume (each side)	l	29.3	29.3
Specific compliance and certification	-		

DIMENSIONS AND WEIGHT

Overall dimensions (width x height x length)	mm	310 x 1353 x 918
Weight (empty / operating)	kg	266 / 323

REMARKS

Εικόνα 4.2.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη ηλιακού πεδίου (1)



Εικόνα 4.2.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη ηλιακού πεδίου (2)

Ακολούθως πρέπει να επιλεγθεί η κατάλληλη αντλία για το πρωτεύων και το δευτερεύων κύκλωμα του ηλιακού πεδίου.

Για τον υπολογισμό μιας αντλίας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τη παροχή του ρευστού που περνάει από αυτήν, καθώς και τις απώλειες πίεσης, όπου

Απώλειες πίεσης για μια αντλία = γεωδαιτικό ύψος + απώλειες πίεσης στην σωλήνωση + απώλειες στα υδραυλικά εξαρτήματα

- Για το πρωτεύων κύκλωμα του ηλιακού πεδίου:

Από την εικόνα 4.2.5, βλέπουμε ότι η παροχή στο τμήμα που τοποθετείται η αντλία του πρωτεύοντος ηλιακού κυκλώματος είναι:

$$Q = 23.19 \frac{m^3}{h}$$

Επιπλέον, επειδή το πρωτεύων κύκλωμα του ηλιακού πεδίου είναι κλειστό, οι απώλειες πίεσης της αντλίας υπολογίζονται ως εξής:

$$H = \text{πτώση πίεσης σωληνώσεων} - \text{εξαρτημάτων} + \text{πτώση πίεσης εντός εναλλάκτη}$$

Όπου πτώση πίεσης σωληνώσεων-εξαρτημάτων είναι συνολική πτώση πίεσης της μεγαλύτερης σε μήκος διαδρομής που καλείται να «υπερνικήσει» η αντλία και των υδραυλικών εξαρτημάτων που την αποτελούν.

$$\text{Η πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη} = 3,212 \text{ mH}_2\text{O (Από Εικόνα 4.2.5)}$$

Η πτώση πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων υπολογίζεται με βάση τους παρακάτω πίνακες.

COLD WATER								
Section	Pipe Size (DN) / mm	Flow (litre/h)	Pressure Loss (mH ₂ O/m)	System Components	Equivalent Length of Component (m)	No. Components	Equivalent Length (m)	Section Pressure Loss (mH ₂ O)
1-2	110 / 88,2			90 deg Elbows	3,8	12,0	45,7	
	110 / 88,2			Tee	6,4	12,0	76,8	
	110 / 88,2			Gate Valve	0,6	3,0	1,8	
	110 / 88,2			Check Valve	5,6	1,0	5,6	
	110 / 88,2			Straight Pipe	1,0	50,3	50,3	
SUM 1-2	110 / 88,2	22770,0	0,0118				180,3	2,1273
2-3	90 / 76			90 deg Elbows	2,7	1,0	2,7	0,0
	90 / 76			Tee	4,6	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Straight Pipe	1,0	5,2	5,2	0,0
SUM 2-3	90 / 76	13800,0	0,0106				7,9	0,0837
2-3	90 / 76			90 deg Elbows	0,8	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Tee	4,6	1,0	4,6	0,0
	90 / 76			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Straight Pipe	1,0	10,4	10,4	0,0
SUM 2-3	90 / 76	13800,0	0,0106				15,0	0,1585
3-4	63 / 54			90 deg Elbows	0,8	0,0	0,0	0,0
	63 / 54			Tee	2,7	1,0	2,7	0,0
	63 / 54			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	63 / 54			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	63 / 54			Straight Pipe	1,0	10,4	10,4	0,0
SUM 3-4	63 / 54	11730,0	0,019				13,1	0,2480
4-5	63 / 54			90 deg Elbows	0,7	0,0	0,0	0,0
	63 / 54			Tee	2,7	1,0	2,7	0,0
	63 / 54			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	63 / 54			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	63 / 54			Straight Pipe	1,0	9,6	9,6	0,0
SUM 4-5	63 / 54	9315,0	0,019				12,3	0,2345
5-6	50 / 42			90 deg Elbows	0,7	0,0	0,0	0,0
	50 / 42			Tee	2,1	1,0	2,1	0,0
	50 / 42			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	50 / 42			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	50 / 42			Straight Pipe	1,0	10,4	10,4	0,0
SUM 5-6	50 / 42	7245,0	0,030				12,5	0,3744
6-7	40 / 35			90 deg Elbows	0,7	0,0	0,0	0,0
	40 / 35			Tee	1,7	1,0	1,7	0,0
	40 / 35			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	40 / 35			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	40 / 35			Straight Pipe	1,0	10,4	10,4	0,0
SUM 6-7	40 / 35	4830,0	0,038				12,0	0,4571
7-8	32 / 28			90 deg Elbows	0,8	1,0	0,8	0,0
	32 / 28			Tee	1,7	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Straight Pipe	1,0	10,4	10,4	0,0
SUM 7-8	32 / 28	2415,0	0,034				11,1	0,3778
7-8	32 / 28			90 deg Elbows	0,3	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Tee	1,4	1,0	1,4	0,0
	32 / 28			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Straight Pipe	1,0	1,2	1,2	0,0
SUM 7-8	32 / 28	2415,0	0,048				2,5	0,1211
8-9	25 / 22			90 deg Elbows	0,6	0,0	0,0	0,0
	25 / 22			Tee	0,9	1,0	0,9	0,0
	25 / 22			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	25 / 22			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	25 / 22			Straight Pipe	1,0	2,75	2,8	0,0
SUM 8-9	25 / 22	1610,0	0,044				3,7	0,1612
9-10	20 / 18			90 deg Elbows	0,3	1,0	0,3	0,0
	20 / 18			Tee	6,4	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Gate Valve	0,0	1,0	0,0	0,0
	20 / 18			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Straight Pipe	1,0	2,8	2,8	0,0
SUM 9-10	20 / 18	805,0	0,048				3,1	0,1466
Total SUM								4,4902

Εικόνα 4.2.7: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων του ηλιακού πεδίου (1)

HOT WATER								
Section	Pipe Size (DN) / mm	Flow (litre/h)	Pressure Loss (mH ₂ O/m)	System Components	Equivalent Length of Component (m)	No. Components	Equivalent Length (m)	Section Pressure Loss (mH ₂ O/m)
1-2	20 / 18			90 deg Elbows	0,3	1,0	0,3	0,0
	20 / 18			Tee	6,4	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Gate Valve	0,0	1,0	0,0	0,0
	20 / 18			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Straight Pipe	1,0	0,4	0,4	0,0
SUM 1-2	20 / 18	805,0	0,048				0,7	0,0338
1-2	20 / 18			90 deg Elbows	2,7	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Tee	0,6	1,0	0,6	0,0
	20 / 18			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	20 / 18			Straight Pipe	1,0	2,7	2,7	0,0
SUM 2-3	20 / 18	1610,0	0,048				3,3	0,1590
2-3	25 / 22			90 deg Elbows	0,6	0,0	0,0	0,0
	25 / 22			Tee	0,9	1,0	0,9	0,0
	25 / 22			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	25 / 22			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	25 / 22			Straight Pipe	1,0	2,7	2,7	0,0
SUM 2-3	25 / 22	1610,0	0,044				3,6	0,1592
3-4	32 / 28			90 deg Elbows	0,8	1,0	0,8	0,0
	32 / 28			Tee	0,8	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Gate Valve	0,6	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Straight Pipe	1,0	7,9	7,9	0,0
SUM 3-4	32 / 28	2415,0	0,034				8,7	0,2944
3-4	32 / 28			90 deg Elbows	0,7	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Tee	1,4	1,0	1,4	0,0
	32 / 28			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	32 / 28			Straight Pipe	1,0	8,2	8,2	0,0
SUM 3-4	32 / 28	2415,0	0,019				9,5	0,1812
4-5	90 / 76			90 deg Elbows	2,7	1,0	2,7	0,0
	90 / 76			Tee	2,1	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Straight Pipe	1,0	0,3	0,3	0,0
SUM 4-5	90 / 76	13800,0	0,0106				3,0	0,0319
4-5	90 / 76			90 deg Elbows	2,7	1,0	2,7	0,0
	90 / 76			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Straight Pipe	1,0	50,0	50,0	0,0
SUM 4-5	90 / 76	13800,0	0,0106				52,7	0,5586
4-5	90 / 76			90 deg Elbows	0,8	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Tee	4,6	1,0	4,6	0,0
	90 / 76			Gate Valve	2,7	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Check Valve	1,0	0,0	0,0	0,0
	90 / 76			Straight Pipe	1,0	5,5	5,5	0,0
SUM 4-5	90 / 76	13800,0	0,0106				10,1	0,1067
5-6	110 / 88,2			90 deg Elbows	3,8	12,0	45,7	0,0
	110 / 88,2			Tee	6,4	12,0	76,8	0,0
	110 / 88,2			Gate Valve	0,6	1,0	0,6	0,0
	110 / 88,2			Check Valve	5,6	0,0	0,0	0,0
	110 / 88,2			Straight Pipe	1,0	50,3	50,3	0,0
SUM 5-6	110 / 88,2	22770,0	0,0118				173,4	2,0464
Total SUM								3,5711

Εικόνα 4.2.8: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων του ηλιακού πεδίου (2)

Συνολική πτώση πίεσης σωληνώσεων = 4,4902 + 3,5711 →

Συνολική πτώση πίεσης σωληνώσεων = 8,0613 mH₂O

Τελικά:

$H = \text{πτώση πίεσης σωληνώσεων} - \text{εξαρτημάτων} + \text{πτώση πίεσης εντός εναλλάκτη}$

→ $H = 8,0613 \text{ m} + 3.212 \text{ m}$

→ $H = 11.28 \text{ m}$

Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας γίνεται χρησιμοποιώντας το online product selection της Grundfos. Οι παράμετροι που εισάγονται είναι η παροχή Q, και οι απώλειες πίεσης της αντλίας H, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

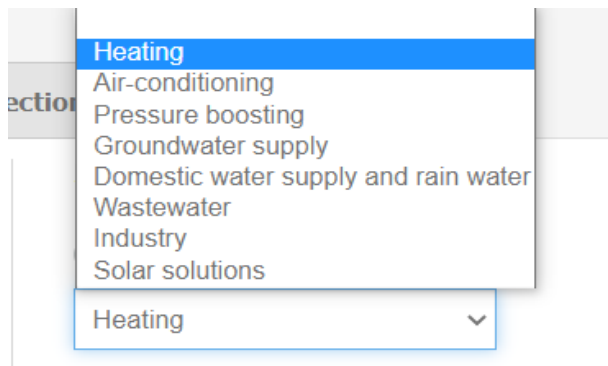
The screenshot displays the Grundfos online product selection tool. The top navigation bar includes links for HOME, FIND PRODUCT, COMPARE, YOUR PROJECTS, SAVED ITEMS, TOOLS, and HELP. The main section is titled 'Find products and solutions' and features a search bar. Below the search bar are four large buttons: 'Sizing' (blue), 'Catalogue' (green), 'Replacement' (orange), and 'Liquids' (brown). The 'Sizing' button is selected, leading to the 'Quick sizing' tab. This tab contains a form with two main sections. The first section, 'Enter duty point', is highlighted with a green box and a red '1'. It includes fields for Flow (Q)* (23.19 m³/h), Head (H)* (11.28 m), Number of pumps (1), and Mains Voltage (1 x 230 or 3 x 400 V). The second section, 'Select what to size by', is highlighted with a red box and a red '2'. It includes a radio button for 'Size by application' (selected), a dropdown for 'Heating', a dropdown for 'Installation' (Domestic hot water recirculating), and two radio buttons for 'Size by pump design' and 'Size by pump family'. A 'START SIZING' button is located to the right of the 'Select what to size by' section.

Εικόνα 4.2.9: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το πρωτεύον κύκλωμα του ηλιακού πεδίου.

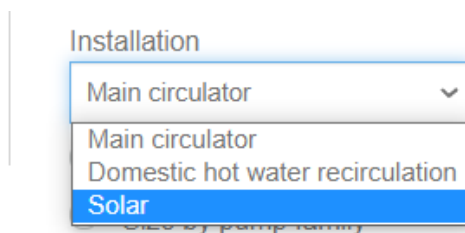
Όπου:

1. Παροχή αντλίας Q και απώλειες πίεσης της αντλίας H. Εισάγονται οι τιμές αυτές όπως υπολογίστηκαν παραπάνω.
2. Επιλογή διαστασολόγησης της αντλίας με βάση την εφαρμογή που θα λειτουργήσει, την τύπο – σχεδίαση της αντλίας ή τον τύπο της αντλίας με βάση την ονοματοδοσία της Grundfos. Επιλέγεται η πρώτη επιλογή.

Ακολούθως εισάγονται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή που καλείται το πρόγραμμα να υπολογίσει αντλία.

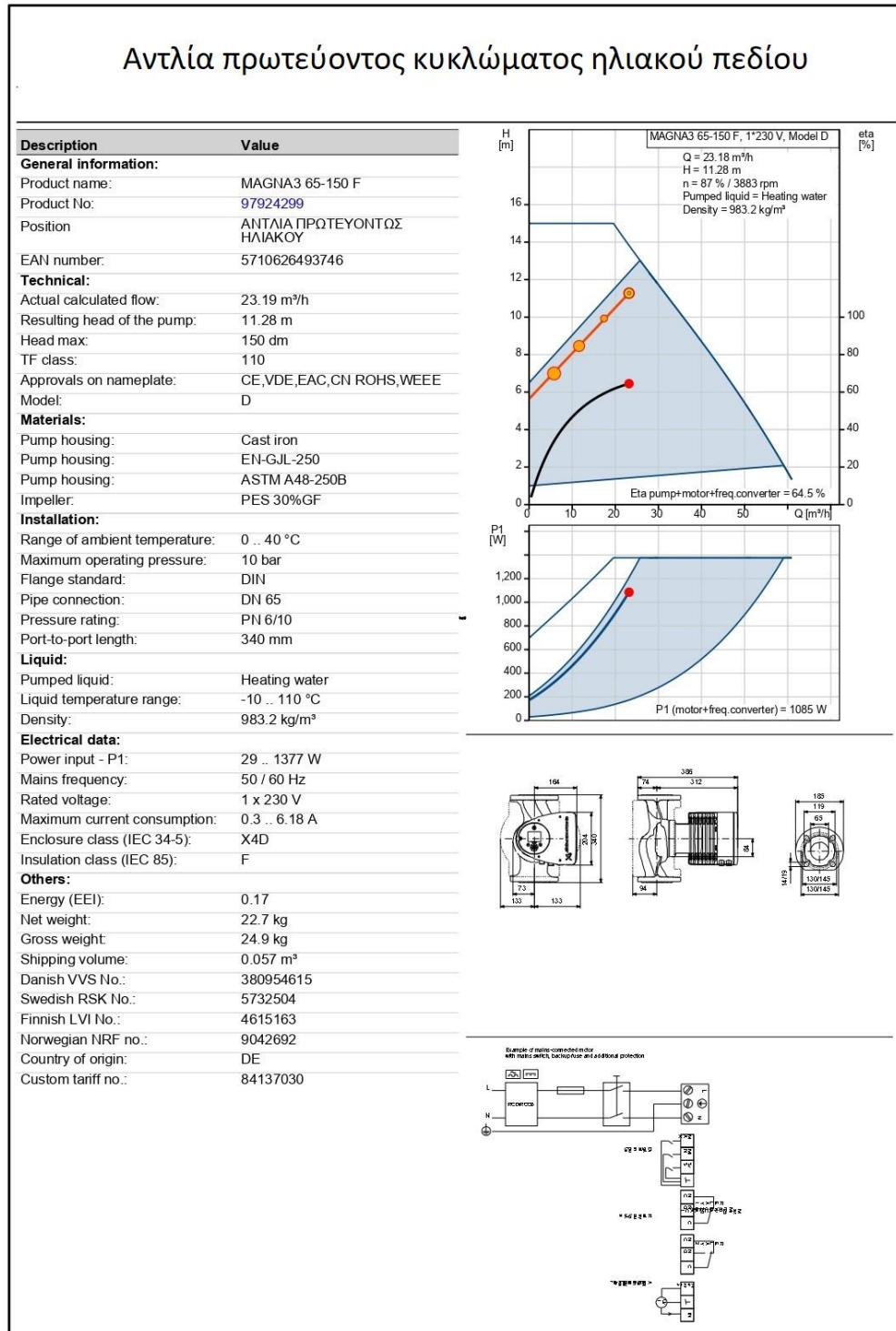


Εικόνα 4.2.10: Μενού επιλογής παραμέτρων «size by application» “Grundfos online product selection”



Εικόνα 4.2.11: Μενού επιλογής παραμέτρων «size by application - Installation» “Grundfos online product selection”

Τελικά, επιλέγεται αντλία της οποίας τα τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:



Printed from Grundfos Product Centre [2021.15.006]

6/6

Εικόνα 4.2.12: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας πρωτεύοντος κυκλώματος ηλιακού πεδίου

- Για το δευτερεύον κύκλωμα του ηλιακού πεδίου:

Από την εικόνα 4.2.5, βλέπουμε ότι η παροχή στο τμήμα που τοποθετείται η αντλία του

πρωτεύοντος ηλιακού κυκλώματος είναι: $Q = 28.95 \frac{m^3}{h}$

Οι απώλειες πίεσης της αντλίας υπολογίζονται ως εξής:

$$H = \text{πτώση πίεσης σωληνώσεων} - \text{εξαρτημάτων} + \text{πτώση πίεσης εντός εναλλάκτη}$$

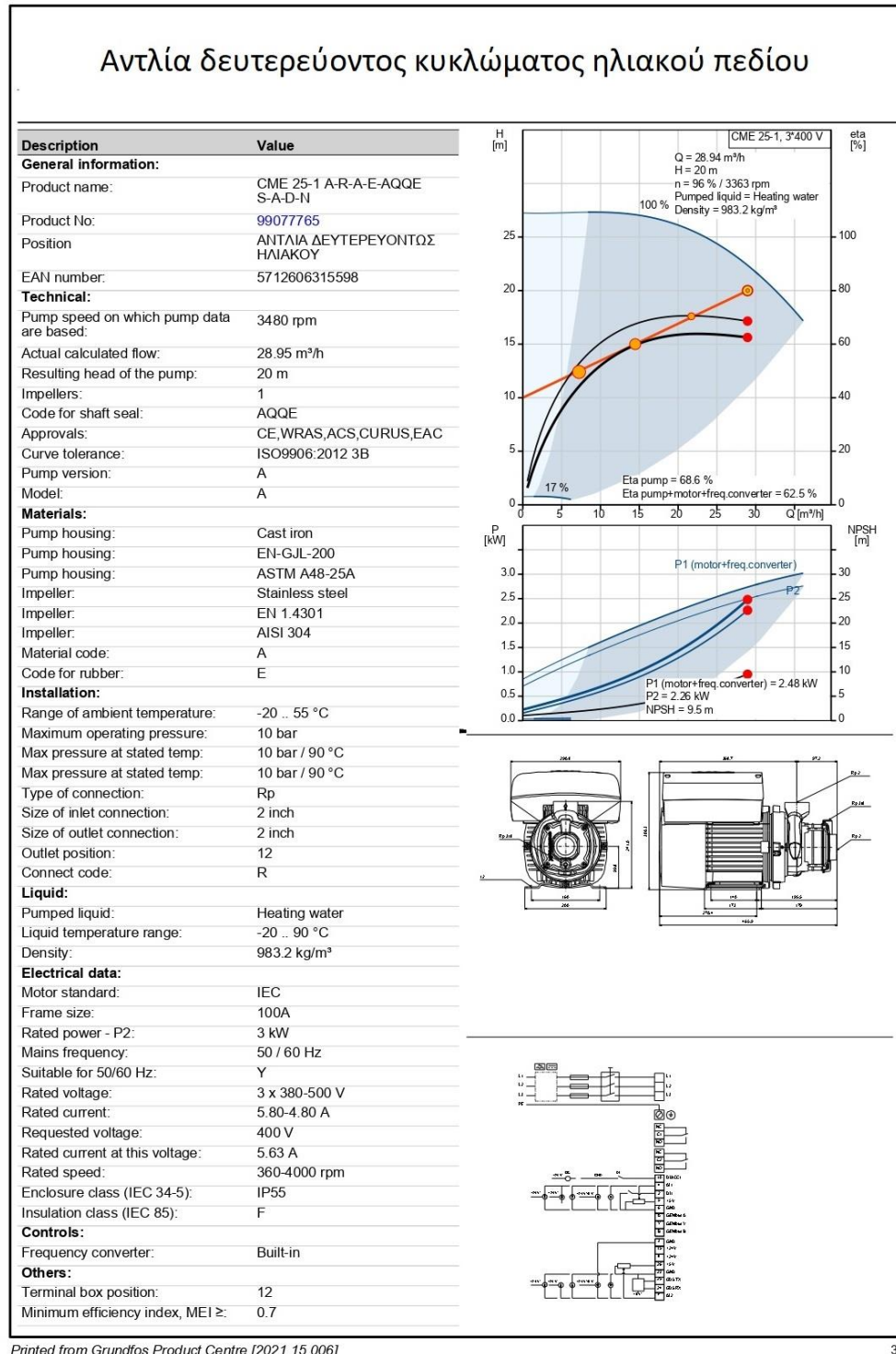
Όμως λόγω πολυπλοκότητας του τρόπου υπολογισμού, μιας και το συγκεκριμένο κύκλωμα μεταβάλλεται από ανοικτό σε κλειστό καθώς και σε «ενδιάμεσες» καταστάσεις σε ακαθόριστες χρονικές στιγμές και για ακαθόριστα χρονικά διαστήματα, θεωρούμε ότι:

$$H = 20 \text{ m (με βάση εμπειρικά και πειραματικά δεδομένα)}$$

Στην συνέχεια, εισάγουμε τις παραπάνω τιμές στο online product selection της Grundfos.

Εικόνα 4.2.13: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το δευτερεύον κύκλωμα του ηλιακού πεδίου

Τελικά, επιλέγεται αντλία της οποίας τα πλήρη τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 4.2.14: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας δευτερεύοντος κυκλώματος ηλιακού πεδίου

4.3 Αξιολόγηση Ηλιακού πεδίου

Οι ενεργειακοί υπολογισμοί έγιναν με την χρήση του εξειδικευμένου υπολογιστικού λογισμικού 'ADAPT Ηλιακά' της 4M. Η αξιολόγηση προκύπτει, σύμφωνα με τη μέθοδο προσομοίωσης ηλιακών συστημάτων καμπύλων-f (f-chart) Η μέθοδος των καμπύλων f (f-chart) αναπτύχθηκε από τον Dr. Sanford Klein και με αυτή μπορούν να υπολογισθούν τα μηνιαία και τα ετήσια ποσοστά ηλιακής κάλυψης.

Οι καμπύλες f έχουν υπολογιστεί για τρεις βασικές διατάξεις: συστήματα για θέρμανση χώρων και νερού χρήσης και συστήματα αποκλειστικά προορισμένα για θέρμανση νερού χρήσης. Τα τρία αυτά συστήματα φαίνονται αντίστοιχα στα παρακάτω σχήματα.

Η παρούσα αξιολόγηση αφορά σύστημα προορισμένο αποκλειστικά για θέρμανση νερού χρήσης και βασίστηκε στα ακόλουθα βοηθήματα

- a) Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας, Ε. Βαζαίος
- b) Solar Heating Design by the f chart method, Beckman, Klein & Duffie

4.3.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

a) Υπολογισμός ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο

Οι διάφοροι μετεωρολογικοί σταθμοί λαμβάνουν μετρήσεις της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Για τον υπολογισμό της μέσης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο χρησιμοποιείται η μέθοδος των Liu και Jordan (1962). Η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο H^*T εκφράζεται ως εξής:

$$H * T = R * H$$

όπου:

- H : η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
- R : ο συντελεστής μετατροπής που δίνεται από τον τύπο

$$R = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) * R_b + \frac{H_d}{H} * \frac{(1 + \cos(s))}{2} + r * \frac{(1 - \cos(s))}{2}$$

όπου:

- H_d : η μέση μηνιαία έμμεση ακτινοβολία
- R_b : ο λόγος της μέσης μηνιαίας ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο.
- s : η κλίση της επιφανείας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
- r : ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0,2-0,7

(πχ. 0,7 για κάλυψη εδάφους με χιόνι).

Ο πρώτος όρος εκφράζει τη συμμετοχή της άμεσης ακτινοβολίας, ο δεύτερος όρος τη συμμετοχή της έμμεσης ακτινοβολίας και ο τρίτος όρος τη συμμετοχή της ακτινοβολίας που αντανακλάται από το έδαφος πάνω στο συλλέκτη.

Ο λόγος $\frac{H_d}{H}$ εκφράζεται σαν συνάρτηση του συντελεστή αιθριότητας k_t , που είναι ο λόγος της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο προς αυτή που θα έφθανε σε οριζόντιο επίπεδο αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα.

Η σχέση μεταξύ $\frac{H_d}{H}$ και k_t δίνεται από την εμπειρική σχέση:

$$\frac{H_d}{H} = 1,446 - 2,965 k_t + 1,727 (k_t)^2$$

Το R_b , για επιφάνειες που είναι στραμμένες ακριβώς προς νότο, δίνεται σαν συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους φ και της κλίσης της επιφάνειας s από τον λόγο

$$\frac{\cos(\varphi - s) * \cos(\delta) * \sin(\omega's) + \left(\frac{\pi}{180 * (\omega's) * \sin(\varphi - s) * \sin(\delta)} \right)}{\cos(\varphi) * \cos(\delta) * \sin(\omega s) + \left(\frac{\pi}{180 * (\omega s) * \sin(\varphi) * \sin(\delta)} \right)}$$

όπου:

- (ωs) : η ωριαία γωνία που δίνει ο ήλιος σε οριζόντιο επίπεδο
 $\Rightarrow (\omega s) = \arccos(-\tan(\varphi) * \tan(\delta))$
- $(\omega's)$: η ωριαία γωνία που δίνει ο ήλιος στην κεκλιμένη επιφάνεια
 $\Rightarrow (\omega's) = \text{MIN}((\omega s), \arccos(-\tan(\varphi-s) * \tan(\delta)))$
- (δ) : η ηλιακή απόκλιση
 $\Rightarrow (\delta) = 23.45 * \sin((360 * (284 + n)/365))$

Ο τρόπος αυτός υπολογισμού ισχύει για επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, μπορεί δε να εφαρμοστεί χωρίς μεγάλο λάθος και για επιφάνειες με προσανατολισμό που αποκλίνει μέχρι 15 μοίρες από το νότο.

b) Μεθοδολογία υπολογισμών – Μέθοδος καμπυλών f

Οι υπολογισμοί του προγράμματος γίνονται με την μέθοδο των καμπυλών f που αναπτύχθηκε από τους Αμερικάνους S. Klein, W. Beckman and Duffie. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό κατά πρώτο λόγο συστημάτων θέρμανσης, ενώ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για υπολογισμό συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού ή για συνδυασμό των δύο. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται υγρό (νερό βασικά ή κάποιο αντιπηκτικό διάλυμα) σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας και νερό σαν μέσο αποθήκευσης της ενέργειας.

Για τη μετατροπή της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε θερμική ενέργεια χρησιμοποιούνται επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται με μορφή αισθητής θερμότητας στη δεξαμενή αποθήκευσης και χρησιμοποιείται, όταν χρειάζεται, για να τροφοδοτήσει το φορτίο θέρμανσης και ζεστού νερού.

Γενικά, μέσα από τους συλλέκτες κυκλοφορεί ένα αντιπηκτικό διάλυμα και μεταξύ συλλεκτών και δεξαμενής χρησιμοποιείται ένας εναλλάκτης, κάτι που είναι πιο οικονομικό από την εναλλακτική λύση, να χρησιμοποιείται δηλαδή το αντιπηκτικό διάλυμα σαν μέσο αποθήκευσης.

Κατά τη μέθοδο των καμπυλών f , το ποσοστό f του μηνιαίου θερμικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια (ή απλά η κάλυψη) εκφράζεται εμπειρικά με τη βοήθεια δυο αδιάστατων συντελεστών X και Y .

$$X = F_R * U_L * \frac{F'_R}{F_R} * (T_{ref} - T_a) * \Delta_t * \frac{A_C}{L} * K_2 * K_3$$

$$Y = F_R * (\tau\alpha)_n * \frac{F'_R}{F_R} * \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} * H_t * \frac{A_C}{L} * K_4$$

όπου

- A_C : η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών (m^2)
- $\frac{F'_R}{F_R}$: ο διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη εναλλάκτη.
- $F_R * U_L$: χαρακτηριστικό μέγεθος του συλλέκτη, που προκύπτουν από δοκιμές του συλλέκτη
- $F_R * (\tau\alpha)_n$: χαρακτηριστικό μέγεθος του συλλέκτη, που προκύπτουν από δοκιμές του συλλέκτη
- T_{ref} : θερμοκρασία αναφοράς που ορίζεται ίση με 100 βαθμούς °C
- T_a : η μέση μηνιαία θερμοκρασία ημέρας
- Δ_t : η χρονική περίοδος κάθε μήνα (s)
- L : το μέσο μηνιαίο φορτίο (J)
- H_T : η μέση μηνιαία ακτινοβολία που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη ($\frac{J}{m^2 \cdot mo}$)
- $(\tau\alpha)$: μέσο μηνιαίο γινόμενο διαπερατότητας με απορροφητικότητα
- $(\tau\alpha)_n$: γινόμενο διαπερατότητας με την απορροφητικότητα σε κάθε πρόσπτωση
- $\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$: διορθωτικός συντελεστής
- K_2 : συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής
- K_3 : συντελεστής ζεστού νερού
- K_4 : συντελεστής εναλλάκτη θερμότητας φορτίου

Οι αδιάστατοι συντελεστές X και Y έχουν την εξής φυσική έννοια. Το Y αντιστοιχεί με το πηλίκο της ολικής ενέργειας που απορροφάτε από την επιφάνεια των συλλεκτών προς το ολικό θερμικό φορτίο του μήνα. Το X αντιστοιχεί με το πηλίκο των απωλειών του συλλέκτη προς το ολικό θερμικό φορτίο του μήνα.

Για τον προσδιορισμό της κάλυψης f , δηλαδή του ποσοστού του θερμικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια, πρέπει πρώτα να προσδιορισθούν οι συντελεστές X και Y . Η τιμή του f προκύπτει από την εξίσωση:

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

για $0 < Y < 3$ και $0 < X < 18$

Το f βρίσκεται χωριστά για κάθε μήνα του χρόνου. Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι γινόμενο του f επί το μέσο μηνιαίο θερμικό φορτίο L , για κάθε μήνα. Η μέση ετήσια κάλυψη είναι το άθροισμα των $f * L$ διαιρεμένο με το μέσο ετήσιο φορτίο.

c) Συντελεστές διόρθωσης

c₁) Συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής

Αποδεικνύεται ότι αύξηση του όγκου της δεξαμενής πάνω από 50 λίτρα νερού ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας βελτιώνει ελαφρά την ετήσια απόδοση του συστήματος. Αν ληφθεί υπόψη και το κόστος της δεξαμενής αποδεικνύεται ότι η βέλτιστη χωρητικότητα βρίσκεται μεταξύ 50 και 100 λίτρων νερού ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας. Οι καμπύλες f έχουν αναπτυχθεί για χωρητικότητα δεξαμενής $75 \frac{l}{m^2}$, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και για τον υπολογισμό συστημάτων με άλλη χωρητικότητα δεξαμενής με τη βοήθεια του συντελεστή K_2 , που δίνεται από την εξίσωση:

$$K_2 = \left(\frac{M}{75} \right)^{-0,25}$$

όπου M είναι η χωρητικότητα της αποθήκης σε λίτρα ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτών. Για $M = 75$ είναι φανερό ότι $K_2 = 1$.

c₂) Συντελεστής ζεστού νερού.

Η μέθοδος των καμπυλών f έχει αναπτυχθεί για ηλιακά συστήματα που καλύπτουν ανάγκες θέρμανσης και ζεστού νερού, με την προϋπόθεση όμως ότι το φορτίο για τη θέρμανση νερού είναι μικρό ποσοστό του φορτίου για θέρμανση χώρου. Στην περίπτωση αυτή είναι $K_3 = 1$. Όταν το θερμικό φορτίο οφείλεται κυρίως ή αποκλειστικά στη θέρμανση νερού, τότε υπολογίζεται ο συντελεστής K_3 , που εξαρτάται από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του κρύου νερού T_m , και την επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού T_w . Ο συντελεστής ζεστού νερού K_3 υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$K_3 = \frac{(11,6 + 1,18 * T_w + 3,86 * T_m - 2,32 * T_a)}{(100 - T_a)}$$

Η μέθοδος των καμπυλών f, για τον υπολογισμό εγκαταστάσεων ζεστού νερού ισχύει υπό ορισμένες προϋποθέσεις: Πρώτα απ' όλα η κατανομή κατανάλωσης κατά τη διάρκεια του 24ώρου παρουσιάζει αιχμές στις 9πμ και στις 8μμ. Η κατανομή αυτή κατανάλωσης είναι η μέση για κατοικίες. Η κατανομή του θερμικού φορτίου στη διάρκεια της μέρας δεν έχει σοβαρή επίδραση στην απόδοση του ηλιακού συστήματος, όταν η δεξαμενή αποθήκευσης είναι γύρω στα $75 \frac{l}{m^2}$ ή μεγαλύτερη. Άλλη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ότι θεωρείται χαμένη η ηλιακή ενέργεια, που χρησιμοποιείται για να θερμανθεί το νερό της δεξαμενής πάνω από τη θερμοκρασία T_w . Στην πραγματικότητα βέβαια κάτι τέτοιο δεν είναι απόλυτα σωστό, διότι μία ποσότητα ζεστού νερού θερμοκρασίας υψηλότερης από την T_w , αναμειγνύομενη με κρύο νερό δίνει μεγαλύτερη ποσότητα νερού θερμοκρασίας T_w . Παρά τους περιορισμούς αυτούς όμως η μέθοδος των καμπυλών f παραμένει πολύ χρήσιμη για τον υπολογισμό της απόδοσης συστημάτων των συνδεσμολογιών που είδαμε πιο πάνω.

c₃) Συντελεστής εναλλάκτη φορτίου

Το μέγεθος του εναλλάκτη φορτίου επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του ηλιακού συστήματος. Όταν μειώνεται το μέγεθος του εναλλάκτη η θερμοκρασία της δεξαμενής πρέπει να αυξηθεί για να μπορεί να παρέχει το ίδιο ποσό ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα υψηλότερη θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες πράγμα που μειώνει την απόδοσή τους. Ένα μέτρο του μεγέθους του εναλλάκτη που απαιτείται για ένα συγκεκριμένο κτίριο δίνεται από τον αδιάστατο παράγοντα $\varepsilon L * \frac{C_{min}}{(UA)_b}$, όπου εL είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσης του εναλλάκτη του φορτίου και C_{min} είναι η ελάχιστη θερμοχωρητική παροχή στον εναλλάκτη (συμπίπτει συνήθως με αυτή του αέρα). Το $(UA)_b$ είναι το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας επί την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου. Η βέλτιστη τιμή του συντελεστή $\varepsilon L * \frac{C_{min}}{(UA)_b}$ από θερμικής σκοπιάς, είναι απεριόριστα μεγάλη. Όμως, αν λάβουμε υπόψη το κόστος του εναλλάκτη, οι πιο οικονομικές τιμές του συντελεστή κυμαίνονται μεταξύ 1 και 3.

Η μέθοδος f έχει αναπτυχθεί για $\varepsilon L * \frac{C_{min}}{(UA)_b} = 2$. Για άλλες τιμές του συντελεστή, η απόδοση του συστήματος υπολογίζεται με τη βοήθεια του παράγοντα K_4 (για θέρμανση νερού ο συντελεστής K_4 παίρνει τιμή 1).

$$K_4 = 0,39 + 0,65 * e^{-\left(\frac{0,139}{\left(\varepsilon L * \frac{C_{min}}{(UA)_b}\right)}\right)}$$

Ο βαθμός εκμετάλλευσης ενός εναλλάκτη είναι το πηλίκο της ισχύος που μεταφέρει, προς τη μέγιστη ισχύ που θα μπορούσε να μεταφέρει. Η μέγιστη αυτή ισχύς ισούται με το γινόμενο της μικρότερης από τις θερμοχωρητικές παροχές των δύο ρευμάτων με την διαφορά των θερμοκρασιών εισόδου των δύο ρευμάτων, δηλαδή ίση με $C_{\min} * (T_h - T_c)$.

4.3.2 Αποτελέσματα αξιολόγησης ηλιακού πεδίου

Τα τεχνικά στοιχεία, τα οποία θα πρέπει να συμπληρωθούν για την της συγκεκριμένη εφαρμογή, είναι τα εξής:

Τεχνικά Στοιχεία

ΟΝΟΜΑ ΠΟΛΗΣ : ΧΑΝΙΑ

ΖΩΝΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ (1,6): 2

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (°) : 40.00

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ < 1 : 0.20

ΤΥΠΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ : CLIMASOL 250

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΥΛΛΕΚΤΗ (m²) : 2.30

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ FRUL (W/(°C*m²)) : 6.50

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ FR(τα)η : 0.75

ΟΓΚΟΣ ΔΕΞ./ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΥΛΛΕΚΤΗ (l/m²) : 50.00

ΕΠΙΘΥΜΗΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ : 198

ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ (°) : 35.00

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΖΑΜΙΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΗ : 1

ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ (m) : 2640.00

ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ : 0.57

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (h) : 15.00

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ (°C) : 20.00

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ (°C) : 50.00

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ : Αναλυτική

ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ : 622

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ : ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ: ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ LUX

Ok Άκυρο

F11: Επιλογή από βιβλιοθήκη

Εικόνα 4.3.2.1: Τεχνικά στοιχεία εφαρμογής για την αξιολόγηση του ηλιακού πεδίου

- Όνομα Πόλης

Επιλέγεται από τη βιβλιοθήκη

- Ζώνη Ηλιοφάνειας

Προκύπτει από την επιλεγείσα πόλη.

- Γεωγραφικό Πλάτος

Προκύπτει από την επιλεγείσα πόλη.

- Συντελεστής ανάκλασης εδάφους

Δίνουμε τον συντελεστή ανάκλασης του εδάφους.

- Τύπος συλλέκτη

Επιλέγεται από τη βιβλιοθήκη συλλεκτών. Ο συλλέκτης ο οποίος επιλέχτηκε είναι ο CLIMASOL 250 της SOLE.

- Επιφάνεια Συλλέκτη

Η επιφάνεια του επιλεγέντος τύπου συλλέκτη.

- Συντελεστής $F_R * U_L$

Προκύπτει από τον επιλεγέντα συλλέκτη.

- Συντελεστής $F_R * (\tau\alpha)_n$

Προκύπτει από τον επιλεγέντα συλλέκτη.

- Όγκος δεξαμενής ανά επιφάνεια συλλέκτη

Προκύπτει από τον επιλεγέντα συλλέκτη.

- Επιθυμητός αριθμός συλλεκτών

Ο αριθμός των συλλεκτών για τους οποίους θα γίνουν οι βασικοί υπολογισμοί της μελέτης.

- Κλίση συλλεκτών

Δίνουμε την κλίση των συλλεκτών. Επιλέγεται αυτόματα από το πρόγραμμα, με βάση το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής των Χανίων κλίση ίση με 35°.

- Αριθμός τζαμιών του συλλέκτη

Δίνουμε τον αριθμό τζαμιών του συλλέκτη.

- Μήκος σωληνώσεων δικτύου

Δίνουμε τον μήκος των σωληνώσεων του δικτύου σε m. Για ξενοδοχεία, το μήκος των σωληνώσεων του δικτύου είναι περίπου 8 – 10 m ανά δωμάτιο. Άρα:

$$264 \text{ δωμάτια} * 10 \frac{\text{m}}{\text{δωμάτιο}} = 2640 \text{ m}$$

- Μέσος συντελεστής απωλειών δικτύου

Δίνουμε το μέσο συντελεστή απωλειών του δικτύου σε W ανά τρέχον μέτρο και βαθμό Κελσίου ($\frac{W}{m * ^\circ C}$). Ο συντελεστής απωλειών του δικτύου εξαρτάται από την διατομή των σωληνώσεων και το είδος της μόνωσης. Όταν δεν είναι γνωστές οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες του δικτύου, υποθέτουμε ότι το δίκτυο είναι κατασκευασμένο από σωλήνα ενιαίας διαμέτρου, συνήθως 11/4 “.

Πίνακας απωλειών σωληνώσεων σε δίκτυα διανομής ζεστού νερού ($\frac{W}{m * ^\circ C}$)

	Σωλήνες γυμνοί	Σωλήνες μονωμένοι $\lambda = 0.035 \frac{W}{m * ^\circ C}$ Πάχος μόνωσης 13 mm
1/2”	0.66	0.37
3/4”	0.81	0.42
1”	0.98	0.49
1 1/4”	1.20	0.57
1 1/2”	1.34	0.62
2”	1.62	0.73
2 1/2”	1.99	0.87
3”	2.28	0.98
4”	2.84	1.21

- Διάρκεια χρήσης του ζεστού νερού ανά ημέρα

Δίνουμε την διάρκεια χρήσης του νερού ανά ημέρα σε ώρες (h).

- Θερμοκρασία χώρου σωληνώσεων

Δίνουμε την μέση θερμοκρασία των χώρων από όπου διέρχονται οι σωληνώσεις του ζεστού νερού. Η θερμοκρασία δίνεται σε βαθμούς Κελσίου (°C).

- Θερμοκρασία ζεστού νερού

Δίνουμε την θερμοκρασία του ζεστού νερού στις σωληνώσεις. Η θερμοκρασία δίνεται σε βαθμούς Κελσίου (°C).

- Αριθμός ατόμων
- Είδος κτιρίου

Στην συνέχεια, προκειμένου να υπολογιστούν οι απαιτήσεις του ζεστού νερού ανά μήνα, στο παρακάτω παράθυρο που εμφανίζεται, πρέπει να συμπληρωθούν για κάθε μήνα τα παρακάτω στοιχεία:

- Η απαιτούμενη θερμοκρασία ζεστού νερού
- Η θερμοκρασία του κρύου νερού
- Η διάρκεια χρήσης του ζεστού νερού ανά ημέρα
- Η απαιτούμενη ποσότητα ζεστού νερού ανά ημέρα

Ενώ υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα με βάση τα παραπάνω στοιχεία:

- Το μέσο απαιτούμενο μηνιαίο φορτίο
- Οι μέσες μηνιαίες απώλειες του δικτύου σωληνώσεων
- Το μέσο απαιτούμενο ολικό φορτίο

	Μήνες	Ζεστό/ Άτομα/ Ημέρα (lt)	Πληρ. (%)	Θερμ. Ζεστού Νερού (°C)	Θερμ. Κρύου Νερού (°C)	Διαρκ. Ζεστού Ημέρα (hr)	Ποσότητα Ζεστού Ημέρα (lt)	Μέσο Μην. Φορτίο (GJ)	Μέσες Μην. Απώλ. (GJ)	Ολικό Φορτίο (GJ)
1	Ιαν.									
2	Φεβρ									
3	Μάρτ									
4	Απρ.	100.00	20.00	50.00	16.00	15.00	12440.0	53.04	73.13	126.17
5	Μαι.	100.00	50.00	50.00	19.00	15.00	31100.0	124.93	75.57	200.50
6	Ιούν	100.00	80.00	50.00	22.00	15.00	49760.0	174.72	73.13	247.85
7	Ιούλ	100.00	95.00	50.00	24.00	15.00	59090.0	199.08	75.57	274.65
8	Αυγ.	100.00	100.00	50.00	24.00	15.00	62200.0	209.56	75.57	285.13
9	Σεπ.	100.00	95.00	50.00	22.00	15.00	59090.0	207.48	73.13	280.61
10	Οκτ.	100.00	85.00	50.00	19.00	15.00	52870.0	212.38	75.57	287.95
11	Νοέ.									
12	Δεκ.									

Εικόνα 4.3.2.2: Πίνακας οι απαιτήσεων του ζεστού νερού ανά μήνα

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του λογισμικού, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 :		ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ				
ΟΝΟΜΑ ΠΟΛΗΣ		:	ΧΑΝΙΑ			
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ		:	40.0°			
ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ		:	35.0°			
ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ ΑΕΡΑ (°C)	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ ΖΕΣΤ. ΝΕΡΟΥ (°C)	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ. ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (MJ/m2)	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ. ΑΝΑ ΜΗΝΑ (MJ/m2)	ΣΥΝΤ. τα/τα
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	11.0	0.0	12.34	382.64	0.93
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	12.0	0.0	13.73	384.35	0.93
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	13.0	0.0	16.21	502.53	0.93
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	16.0	50.0	16.89	506.77	0.93
ΜΑΙΟΣ	31	20.0	50.0	20.75	643.22	0.92
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	25.0	50.0	22.13	663.87	0.91
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	27.0	50.0	22.75	705.38	0.92
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	31	27.0	50.0	22.98	712.31	0.93
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	24.0	50.0	20.82	624.70	0.94
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	20.0	50.0	17.09	529.94	0.94
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	16.0	0.0	15.03	450.89	0.94
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	13.0	0.0	10.93	338.78	0.93
ΣΥΝΟΛΟ					6445.36	

Εικόνα 4.3.2.3: Πίνακας κλιματολογικών δεδομένων – στοιχείων εγκατάστασης

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 :		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ			
ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΦΟΡΤΙΟ ΝΕΡΟΥ (GJ)	ΦΟΡΤΙΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (GJ)	ΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (GJ)	ΣΥΝΤ. K3
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	0.00	0.00	0.00	0.3191
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	0.00	0.00	0.00	0.3191
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	0.00	0.00	0.00	0.3628
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	53.04	73.13	126.17	1.1049
ΜΑΙΟΣ	31	124.93	75.57	200.50	1.1910
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	174.72	73.13	247.85	1.2723
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	199.08	75.57	274.65	1.3515
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	31	209.56	75.57	285.13	1.3515
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	207.48	73.13	280.61	1.2865
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	212.38	75.57	287.95	1.1910
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	0.00	0.00	0.00	0.3854
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	0.00	0.00	0.00	0.3856
ΣΥΝΟΛΟ		1181.17	521.68	1702.86	

Εικόνα 4.3.2.4: Πίνακας υπολογισμού θερμικών φορτίων

<div> <div>ΠΙΝΑΚΑΣ 3 :</div> <div>ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</div> </div>					
<div> <div>ΕΜΒΑΔΟΝ ΣΥΛΛΕΚΤΗ</div> <div>: 455.40 m2</div> </div>					
ΜΗΝΑΣ	ΦΟΡΤΙΟ (GJ)	ΣΥΝΤ.Χ	ΣΥΝΤ.Υ	ΑΠΟΔΟΣΗ (%)	ΑΠΟΛΑΒΗ (GJ)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.00	0.0000	0.0000	0.000	0.00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0.00	0.0000	0.0000	0.000	0.00
ΜΑΡΤΙΟΣ	0.00	0.0000	0.0000	0.000	0.00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	126.17	5.4874	1.1482	58.857	74.26
ΜΑΙΟΣ	200.50	3.6589	0.9073	53.423	107.11
ΙΟΥΝΙΟΣ	247.85	2.8638	0.7493	47.110	116.76
ΙΟΥΛΙΟΣ	274.65	2.7590	0.7263	46.074	126.54
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	285.13	2.6576	0.7142	45.773	130.51
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	280.61	2.5926	0.6433	40.984	115.01
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	287.95	2.5477	0.5318	32.724	94.23
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	0.00	0.0000	0.0000	0.000	0.00
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	0.0000	0.0000	0.000	0.00
ΣΥΝΟΛΟ	1702.86				764.42
ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ : 44.89 %					

Εικόνα 4.3.2.5: Πίνακας στοιχείων θερμικής ανάλυσης

Βλέπουμε λοιπόν ότι από το ηλιακό πεδίο, προκύπτει κάλυψη των αναγκών σε Ζ.Ν.Χ σε ποσοστό 44.89%. Το υπολειπόμενο ποσοστό θα καλυφθεί συνδυαστικά κάνοντας χρήση γεωθερμίας και ανάκτησης από τις ψυκτικές μηχανές που θα τοποθετηθούν για να καλύψουν τις ανάγκες ψύξης – θέρμανσης του ξενοδοχείου.

4.4 Περιγραφή γεωθερμικής εφαρμογής

Η συνεχής και ταυτόχρονη λειτουργία των κοινόχρηστων χώρων απαιτούν το 100% της υπολογιζόμενης ψυκτικής ισχύς, ενώ για τα δωμάτια μπορούμε να υπολογίσουμε έως και 30% ετεροχρονισμό του ψυκτικού φορτίου.

Επιλέγεται ένας υδρόψυκτος γεωθερμικός ψύκτης ονομαστικής απόδοσης 500 kW, οποίος είναι η «βασική» πηγή για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων του ξενοδοχείου, λόγω υψηλότερου (και σταθερού-σταθερή θερμοκρασία νερού από τη γεώτρηση) βαθμού απόδοσης.

Λόγο της μεταβολής του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου συνέπεια της εξωτερικής θερμοκρασίας το υπόλοιπο ψυκτικό φορτίο θα “λαμβάνεται” από 2 αερόψυκτες αντλίες θερμότητας 500 kW ισχύος η κάθε μία, με λειτουργία παραλληλισμού (master-slave) και εναλλαγής (rotation) για ομοιόμορφη χρονικά λειτουργία.

Τα αποριπτόμενα φορτία του γεωθερμικού ψύκτη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ.

Επιλέγεται η εφαρμογή ενός συστήματος γεωθερμίας ανοικτού τύπου με μία γεώτρηση αναρρόφησης και μια γεώτρηση απόρριψης, με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Διάμετρος γεώτρησης: 8"
- Βάθος σωλήνωσης: 150 m
- Στάθμη ηρεμίας γεώτρησης: -3 m (θεωρούμε 0 την επιφάνεια του εδάφους. Άρα η στάθμη ηρεμίας βρίσκεται 3 μέτρα κάτω από το έδαφος)

Για την συμπεριφορά των δύο γεωτρήσεων (αναρρόφησης – απόρριψης) που αφορούν τη γεωθερμία, πραγματοποιήθηκαν ορισμένες δοκιμές. Τοποθετήθηκε υποβρύχια αντλία διαμέτρου 6" σε βάθος 20 m από τη στάθμη ηρεμίας. Επίσης τοποθετήθηκαν ηλεκτρόδια μέτρησης της στάθμης σε βάθος 8 , 13 και 18 μέτρων. Η λειτουργία της αντλίας ελέγχθηκε μέσω αυτοματισμού INVERTER ώστε να υπάρχει έλεγχος της παροχής της.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δοκιμές για την συμπεριφορά των δύο γεωτρήσεων, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν τις παρακάτω παροχές νερού:

- **80 m³/h**
 - Στην Γεώτρηση αναρρόφησης: Η στάθμη του νερού υποχώρησε κατά 3 μέτρα.
 - Στην Γεώτρηση απόρριψης: Η στάθμη παρέμεινε στο ίδιο σημείο (στάθμη ηρεμίας).
- **100 m³/h**
 - Στην Γεώτρηση αναρρόφησης: Η στάθμη του νερού υποχώρησε κάτω από τα 8 μέτρα.
 - Στην Γεώτρηση απόρριψης: Η στάθμη ανέβηκε και η γεώτρηση υπερχείλισε απορρίπτοντας ποσότητα νερού στο έδαφος.
- **133 m³/h**
 - Στην Γεώτρηση αναρρόφησης: Η στάθμη του νερού υποχώρησε κάτω από τα 13 μέτρα.
 - Στην Γεώτρηση απόρριψης: Δεν έγινε δοκιμή λόγω αδυναμίας απορρόφησης της γεώτρησης.

Σύμφωνα με το δείγμα νερού που πήραμε, το νερό της γεώτρησης είναι θαλασσινό (Ειδική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα = 29.700 $\mu\text{S} / \text{cm}$). Το παραπάνω δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα στην εφαρμογή με την οποία ασχολούμαστε, με την προϋπόθεση ότι εναλλάκτης μέσω του οποίου απορρίπτεται η θερμότητα στο νερό θα είναι κατασκευασμένος από τιτάνιο.

Τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού ψύκτη κατά την λειτουργία στην οποία τα απορριπτόμενα θερμικά φορτία ανακτώνται και γίνεται χρήση τους ως Ζ.Ν.Χ φαίνονται παρακάτω.



Standard Report

30XWH 0452B

Water-cooled screw chiller

Performance Information		
Mode		Heating
Heating Capacity (1)	kW	512
Cooling Capacity to Source (1)	kW	385
Heating Efficiency (COP) (1)	kW/kW	4.02
Unit Power Input (1)	kW	127
Sound Power Level (LwA) (1)	dBA	99
Sound Pressure Level at 1.0 m (LpA) (1)	dBA	82
Minimum Capacity (2)	kW	174
Maximum Capacity	kW	512

(1) All performances are compliant with EN14511 - 3 : 2018. Sound power level according to ISO9614 - 1.
(2) Due to the minimum flow rate allowable, a lower inlet water temperature might have to be specified to achieve this performance.

Operating Conditions		
System element		Heating
Evaporator		
Fluid Type		Fresh Water
Fouling Factor	(sqm-K)/kW	0
Leaving Temperature	°C	7.0
Entering Temperature	°C	12.0
Fluid Flow	l/s	17.9
Total Pressure Drop	kPa	24.6
Condenser		
Fluid Type		Fresh Water
Fouling Factor	(sqm-K)/kW	0
Leaving Temperature	°C	50.0
Entering Temperature	°C	45.0
Fluid Flow	l/s	24.1
Total Pressure Drop	kPa	38.3
Altitude	m	0



Non contractual picture

Seasonal Efficiency (3)

Allowed applications for CE mark:

Comfort Cooling : T _e ≥ 2°C*	SEER _{12/7°C} η _p cool	7.04 279
Comfort Cooling : T _e ≥ 13°C*	SEER _{23/18°C} η _p cool	9.10 361
High Temp. Process Cooling : T _e ≥ 2°C*	SEPR _{12/7°C}	8.28
Low Temp. Comfort Heating : T _c < SCOP _{30/35°C} η _p heat		6.60 256

* ECODSIGN Compliant per (EU) N°2016/2281

(3) All data related to seasonal efficiency are given for standard units and main options (Brine, pump, energy efficiency...).

Unit Information

Manufacturing Source	Montluel
Refrigerant Type	R134a
Refrigerant Weight	kg 92
Tonnes CO2 Equivalent	Tonnes 132
Number of Refrigerant Circuit	1
Number Of Passes (Evaporator / Condenser)	2 / 2
Number Of Compressor	1
Operating / Shipping Weight	kg 2575/2423
Unit Dimensions (LxWxH)	mm 2743x936x1693

Electric Information

Unit Voltage	V-Ph-Hz	400-3-50
Standby Power	kW	0.0500
Power Factor		0.880
		Circuit 1
Maximum Current	A	217
Start Up Current	A	414
Current at Eurovent Conditions	A	144



CARRIER participates in the ECP program for Liquid Chilling Packages and Hydronic Heat Pumps.

Check ongoing validity of certificate www.eurovent-certification.com.

Outside the scope of AHRI Water-Cooled Water-Chilling and Heat Pump Water-Heating Packages Certification Program, but is rated in accordance with AHRI Standard 550/590 (L-P) and AHRI Standard 551/591 (SI).

Package Chiller Builder-EMEA v4.21.0.0

Εικόνα 4.4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικού ψύκτη κατά τη λειτουργία ανάκτησης

Βλέπουμε ότι στην πλευρά του condenser (συμπυκνωτή) η ροή νερού είναι 24.1 lt/s = 86.76 m³/h. Συνεπώς, πρέπει να επιλεγεί εναλλάκτης με ίση ή μεγαλύτερη ροή. Ο υπολογισμός του εναλλάκτη Z.N.X γίνεται με τον ίδιο τρόπο που έγινε και ο υπολογισμός του εναλλάκτη του ηλιακού πεδίου, χρησιμοποιώντας το λογισμικό PHE Manager της εταιρίας παραγωγής εναλλακτών θερμότητας Cipriani - Carrier.

Τελικά επιλέγεται εναλλάκτης του οποίου τα πλήρη τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:



Datasheet

Item : Εναλλάκτης Z.N.X

Model: 10TEE 0270+

OPERATING CONDITION		COLD SIDE		HOT SIDE	
Fluids		Water		Water	
Inlet flow rates	m ³ /h	49.47		89.15	m ³ /h
INLET temperatures	°C	40.0		50.0	°C
OUTLET temperatures	°C	49.0		45.0	°C
Pressure drop (calc.)	mH ₂ O	1.561		4.831	mH ₂ O
Operating pressure	bar G	5.000		5.000	bar G
Capacity	kW		512.00		
Total oversizing	%		0.74		

FLUID PROPERTIES

Density	kg/m ³	990.64	989.36
Specific heat capacity	J/(kg K)	4179	4180
Thermal conductivity	W/(m K)	0.637	0.641
Dynamic viscosity	cP	0.6015	0.5707

PRODUCT CONFIGURATION

Product code	10TEE#0270+119M45PNPV0AA11
Frame material	Carbon steel
Plates (material / thickness)	AISI 316L (EN 1.4404) / 0.4 mm
Gaskets (material / type)	NBR / Glue-free Plug-In® design
Connections size	DN80
Connections type	Studded ports EN
Connections material	Rubber lining
Fluids position (inlet -> outlet)	F3 -> F4
No. of passes	1
Relative directions of fluids	Counter Current
Max. number of plates allowed on frame	151

DESIGN

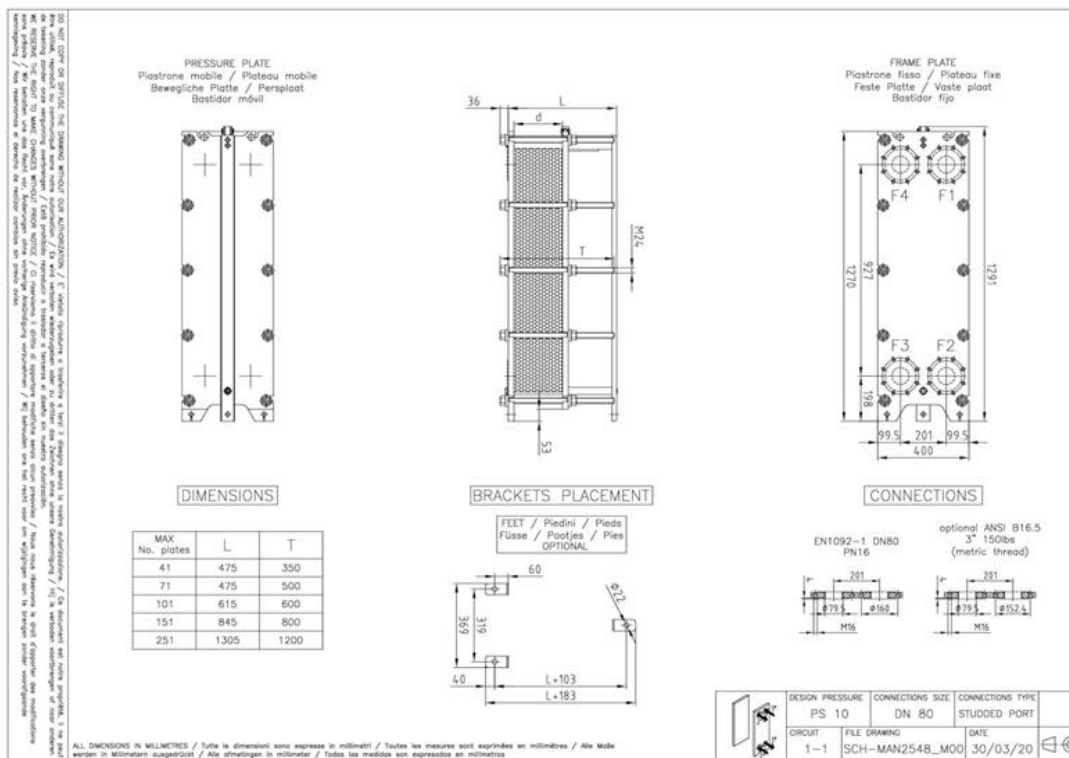
Design standard	PED 2014/68/EU
PED risk category	Art. 4.3 (Gr. 2 - L) / -
Pressure (design / test)	bar
Temperature (min / design)	°C
Volume (each side)	l
Specific compliance and certification	-

DIMENSIONS AND WEIGHT

Overall dimensions (width x height x length)	mm
Weight (empty / operating)	kg

REMARKS

Εικόνα 4.4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Z.N.X (1)



Εικόνα 4.4.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Z.N.X (2)

Ο υπολογισμός του εναλλάκτη γίνεται με βάση την ισχύ της γεωθερμικής μηχανής σε λειτουργία θέρμανσης, έτσι ώστε εάν το ξενοδοχείο λειτουργήσει και κατά τη χειμερινή περίοδο, να μην προκύψει πρόβλημα μικρής χωρητικότητας των εναλλακτών.

Στην συνέχεια, πρέπει να υπολογιστεί η αντλία του ανοικτού κυκλώματος, η οποία τροφοδοτεί με νερό τον εναλλάκτη (στην κρύα του πλευρά) από τα δοχεία αποθήκευσης και από το δίκτυο νερού της περιοχής. Για τον υπολογισμό της αντλίας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την επιθυμητή παροχή, καθώς και την πτώση πίεσης στην οποία πρέπει να ανταπεξέλθει.

Αρχικά, πρέπει να υπολογιστεί η διατομή των σωληνώσεων του δικτύου. Επιλέγονται σωληνώσεις PPR-80. Αυτός ο τύπος σωληνώσεων χρησιμοποιείται συχνά για την παροχή νερού, συστήματα θέρμανσης και την διανομή συστημάτων ζεστού νερού. Οι σωλήνες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκρασίες έως + 90 ° C.

Επιπλέον είναι πολύ αρκετά οικονομικοί σε κόστος αγοράς (ειδικά σε σύγκριση με τους χαλκοσωλήνες), ουδέτεροι σε σχέση με το νερό και λειτουργούν τέλεια σε μέτριες θερμοκρασίες.

Η επιλογή των σωληνώσεων γίνεται ακολουθώντας την ίδια λογική που ακολουθήθηκε και για την επιλογή των κατάλληλων σωληνώσεων για το κύκλωμα του ηλιακού πεδίου.

Από το manual του κατασκευαστή των σωληνώσεων, υπολογίζεται η κατάλληλη διατομή, η πτώση πίεσης των σωληνώσεων αυτής της διατομής καθώς και η ταχύτητα του νερού. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα αυτά:

Παροχή (m ³ /h)	Πτώση πίεσης (mH ₂ O/m)	Διατομή	Ταχύτητα (m/s)		Αριθμός τεμαχίων	Ισοδύναμο μήκος (m)
49,47	0,037	Φ125	2,16	Αντεπίστροφες βαλβίδες	1	4,05384
				Βάνες	15	0,3048
				Γωνίες 90	10	2,4384
				Σύνολο υδραυλικών εξαρτημάτων		33,00984
				Μήκος σωληνώσεων		30
				Σύνολο		63,00984
				Συνολική πτώση πίεσης (mH ₂ O)		2,33136408

Εικόνα 4.4.4: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Z.N.X

Άρα για τον υπολογισμό της αντλίας έχουμε:

- $Q = 49.47 \frac{m^3}{h}$ (εξαρτάται από τον εναλλάκτη – βλ. Εικόνα 4.4.2)
- $H = \text{πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη} +$
 $\text{πτώση πίεσης εντός των δοχείων αποθήκευσης} +$
 $\text{πτώση πίεσης σωληνώσεων και λοιπών υδραυλικών εξαρτημάτων} \rightarrow$

$$H = 1.561 + 5 + 2,33 \rightarrow \boxed{H = 8.903 \text{ mH}_2\text{O}}$$

Για τον υπολογισμό της κατάλληλης αντλίας χρησιμοποιούμε το online product selection της Grundfos. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φαίνονται παρακάτω:

The screenshot shows the Grundfos online product selection tool. At the top is a navigation bar with links: HOME, FIND PRODUCT, COMPARE, YOUR PROJECTS (32), SAVED ITEMS, TOOLS, and HELP. A 'Change settings' link is on the right. Below the navigation bar is a search bar with a dropdown menu set to 'Products' and a search button. The main content area features four large colored buttons: 'Sizing' (blue, 'Enter pump sizing'), 'Catalogue' (green, 'Products and services'), 'Replacement' (orange, 'Replace an old pump with a new'), and 'Liquids' (brown, 'Find pump by liquid'). Below these buttons are three tabs: 'Quick sizing' (selected), 'Advanced sizing by application', and 'Guided selection'. The 'Quick sizing' tab contains two sections. The 'Enter duty point' section has input fields for 'Flow (Q)*' (49.47 m³/h), 'Head (H)*' (8.9031 m), and 'Number of pumps' (1). The 'Select what to size by' section has a radio button selected for 'Size by application', a dropdown for 'Pressure boosting', and a 'Preferred design' dropdown set to 'Pumps'. There are also radio buttons for 'Size by pump design' and 'Size by pump family'. A 'START SIZING' button is on the right.

Εικόνα 4.4.5: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το δίκτυο boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Z.N.X

Αντλία Z.N.X - COLD SIDE

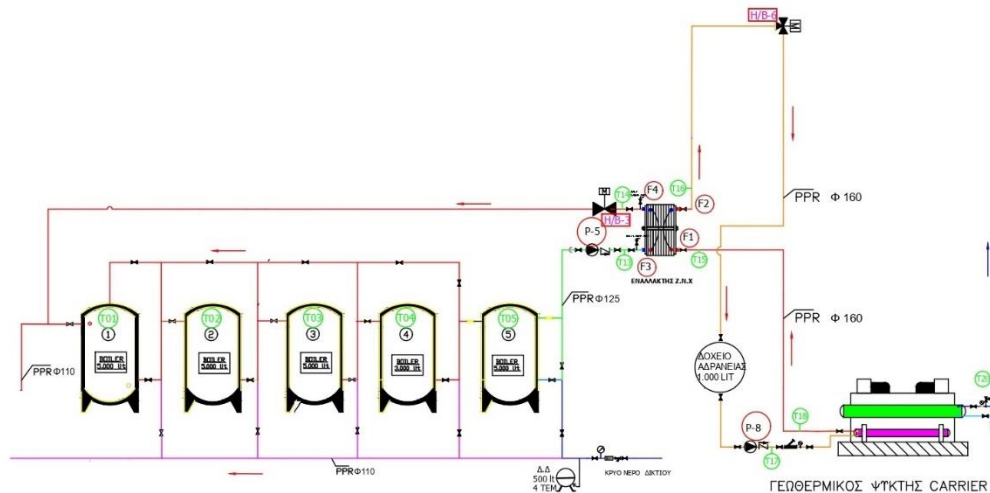
Description	Value
General information:	
Product name:	CRE 45-1-1 A-F-A-E-HQQE
Product No:	99072009
EAN number:	5712606202546
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	3526 rpm
Actual calculated flow:	49.47 m³/h
Resulting head of the pump:	8.904 m
Maximum head:	31 m
Stages:	1
Impellers:	1
Number of reduced-diameter impellers:	1
Low NPSH:	N
Pump orientation:	Vertical
Shaft seal arrangement:	Single
Code for shaft seal:	HQQE
Approvals:	CE, EAC, UKCA
Approvals for drinking water:	WRAS, ACS
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A
Model:	B
Materials:	
Base:	Cast iron
Base:	EN 1563 EN-GJS-500-7
Base:	ASTM A536 80-55-06
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4301
Impeller:	AISI 304
Material code:	A
Code for rubber:	E
Bearing:	SiC
Support bearing:	Grafton
Installation:	
Maximum ambient temperature:	50 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Max pressure at stated temp:	16 bar / 120 °C
Max pressure at stated temp:	16 bar / -30 °C
Type of connection:	DIN
Size of inlet connection:	DN 80
Size of outlet connection:	DN 80
Pressure rating for connection:	PN 40
Flange size for motor:	FF265
Connect code:	F
Liquid:	
Pumped liquid:	Drinking water
Liquid temperature range:	-30 ... 120 °C
Density:	998.2 kg/m³
Electrical data:	
Motor standard:	IEC
Motor type:	132SE
IE Efficiency class:	IE5
Rated power - P2:	5.5 kW
Power (P2) required by pump:	5.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-500 V
Rated current:	10.3-8.20 A
Requested voltage:	400 V

The figure includes several performance graphs and technical drawings for the CRE 45-1-1 pump:

- Top Graph:** A plot of Head (H [m]) versus Flow Rate (Q [m³/h]). It shows efficiency curves (40%, 75%, 100%) and specific speed curves. Key values include Q = 49.47 m³/h, H = 8.904 m, n = 74 % / 2652 rpm, Pumped liquid = Drinking water, Density = 998.2 kg/m³, Eta pump = 58.3 %, and Eta pump+motor+freg converter = 53.6 %.
- Bottom Left Graph:** A plot of Power (P [kW]) versus Flow Rate (Q [m³/h]). It shows the power curve for the pump (P1) and the motor (P2). Key values include P1 (motor+freg converter) = 2.236 kW, P2 = 2.053 kW, and NPSH = 3.91 m.
- Technical Drawings:** Two detailed cross-sectional views of the pump assembly, showing the internal components, flanges, and mounting details. Dimensions are provided in millimeters.
- Wiring Diagram:** A schematic diagram showing the electrical connections for the pump, including the motor, control circuit, and safety features like emergency stop and interlocking.

Εικόνα 4.4.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας boiler αποθήκευσης - εναλλάκτη Ζ.Ν.Χ

Το διάγραμμα λειτουργίας κατά την παραπάνω λειτουργία διαμορφώνετε ως εξής:



Εικόνα 4.4.7: Διάγραμμα λειτουργίας κατά τη λειτουργία ανάκτησης από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας

Όταν η ανάγκες για Z.N.X καλύπτονται από το ηλιακό πεδίο, τότε τα αποριπτόμενα θερμικά φορτία του γεωθερμικού ψύκτη καταλήγουν σε έναν εναλλάκτη, ο οποίος τροφοδοτείται με νερό από τη γεώτρηση αναρρόφησης. Κατά αυτόν τον τρόπο και λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο προσαχθέντων στον εναλλάκτη ρευστών, τα αποριπτόμενα θερμικά φορτία του ψύκτη απορρίπτονται στο έδαφος μέσω της γεώτρησης απόρριψης.

Τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού ψύκτη κατά την παραπάνω λειτουργία φαίνονται παρακάτω:

Standard Report

Date: 07/21/21 09:18

30XWH 0452B

Water-cooled screw chiller

Performance Information		
Mode		Heating
Heating Capacity (1)	kW	554
Cooling Capacity to Source (1)	kW	467
Heating Efficiency (COP) (1)	kW/kW	6.26
Unit Power Input (1)	kW	88.4
Sound Power Level (LwA) (1)	dBA	99
Sound Pressure Level at 1.0 m (LpA) (1)	dBA	82
Minimum Capacity (2)	kW	193
Maximum Capacity	kW	554

(1) All performances are compliant with EN14511 - 3 : 2018. Sound power level according to ISO9614 - 1.
(2) Due to the minimum flow rate allowable, a lower inlet water temperature might have to be specified to achieve this performance.

Operating Conditions		
System element		Heating
Evaporator		
Fluid Type		Fresh Water
Fouling Factor (sqm-K)/kW		0
Leaving Temperature °C		7.0
Entering Temperature °C		12.0
Fluid Flow l/s		21.7
Total Pressure Drop kPa		35.5
Condenser		
Fluid Type		Fresh Water
Fouling Factor (sqm-K)/kW		0
Leaving Temperature °C		35.0
Entering Temperature °C		30.0
Fluid Flow l/s		25.9
Total Pressure Drop kPa		46.4
Altitude m		0

Non contractual picture

Seasonal Efficiency (3)		
Allowed applications for CE mark:		
Comfort Cooling : T _e 2°C*	SEER _{12/7°C} η _p cool	7.04 279
Comfort Cooling : T _e 13°C*	SEER _{23/18°C} η _p cool	9.10 361
High Temp. Process Cooling : T _e 2°C*	SEPR _{12/7°C}	8.28
Low Temp. Comfort Heating : T _c 55°C	SCOP _{35/25°C} η _p heat	6.60 256

* ECODSIGN Compliant per (EU) N°2016/2281

(3) All data related to seasonal efficiency are given for standard units and main options (Brine, pump, energy efficiency,...).

Unit Information	
Manufacturing Source	Montluel
Refrigerant Type	R134a
Refrigerant Weight	kg 92
Tonnes CO2 Equivalent	Tonnes 132
Number of Refrigerant Circuit	1
Number Of Passes (Evaporator / Condenser)	2 / 2
Number Of Compressor	1
Operating / Shipping Weight	kg 2575/2423
Unit Dimensions (LxWxH)	mm 2743x936x1693

Electric Information		
Unit Voltage	V-Ph-Hz	400-3-50
Standby Power	kW	0.0500
Power Factor		0.880
Circuit 1		
Maximum Current	A	217
Start Up Current	A	414
Current at Eurovent Conditions	A	144

CARRIER participates in the ECP program for Liquid Chilling Packages and Hydronic Heat Pumps.
Check ongoing validity of certificate www.eurovent-certification.com.
Outside the scope of AHRI Water-Cooled Water-Chilling and Heat Pump Water-Heating Packages Certification Program, but is rated in accordance with AHRI Standard 550/590 (I-P) and AHRI Standard 551/591 (SI).

Package Chiller Builder-EMEA v4.21.0.0

Εικόνα 4.4.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά τη λειτουργία απόρριψης μέσω γεωθερμίας

Ο υπολογισμός του εναλλάκτη γίνεται όπως προηγουμένως. Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω.



Datasheet

Item : Εναλλάκτης Γεωθερμ.
Model : 10TEE 0300+

OPERATING CONDITION

Fluids
Inlet flow rates m³/h
INLET temperatures °C
OUTLET temperatures °C
Pressure drop (calc.) mH₂O
Operating pressure bar G
Capacity kW
Total oversizing %

COLD SIDE

Water
47.84
20.0
30.0
1.322
5.000
554.00
2.91

HOT SIDE

Water
95.94 m³/h
35.0 °C
30.0 °C
4.926 mH₂O
5.000 bar G

FLUID PROPERTIES

Density	kg/m ³	997.27	995.09
Specific heat capacity	J/(kg K)	4180	4178
Thermal conductivity	W/(m K)	0.607	0.620
Dynamic viscosity	cP	0.8900	0.7567

PRODUCT CONFIGURATION

Product code	10TEE#0300+053M35MNPV0AA11
Frame material	Carbon steel
Plates (material / thickness)	Titanium Gr. 1 / 0.6 mm
Gaskets (material / type)	NBR / Glue-free Plug-In® design
Connections size	DN100
Connections type	Studded ports EN
Connections material	Rubber lining
Fluids position (inlet -> outlet)	F3 -> F4
No. of passes	1
Relative directions of fluids	Counter Current
Max. number of plates allowed on frame	101

DESIGN

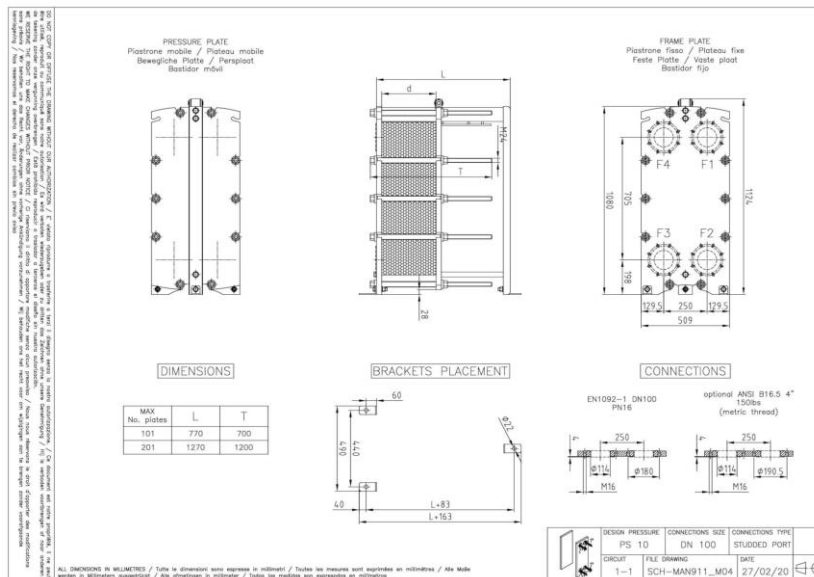
Design standard	PED 2014/68/EU
PED risk category	Art. 4.3 (Gr. 2 - L) / -
Pressure (design / test)	10 / 15 bar
Temperature (min / design)	0 / 35 °C
Volume (each side)	20.6 l
Specific compliance and certification	-

DIMENSIONS AND WEIGHT

Overall dimensions (width x height x length)	mm	509 x 1124 x 933
Weight (empty / operating)	kg	329 / 370

REMARKS

Εικόνα 4.4.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη γεωθερμίας (1)



Εικόνα 4.4.10: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη γεωθερμίας (2)

Κατά τον παραπάνω τρόπο λειτουργίας, η αντλία Z.N.X (P-5) παύει να λειτουργεί. Συνεπώς δεν έχουμε "ανταλλαγή" θερμότητας στον εναλλάκτη Z.N.X. Επιπλέον η τρίωδη βάνα H/B-6, ανοίγει με αποτέλεσμα το νερό να διέρχεται μέσω του εναλλάκτη της γεωθερμίας (βλ. Εικόνα 4.4.18).

Ο χρησιμοποιούμενος τύπος σωληνώσεων είναι PPR-80.

Από το manual του κατασκευαστή των σωληνώσεων, υπολογίζεται η κατάλληλη διατομή, η πτώση πίεσης των σωληνώσεων αυτής της διατομής καθώς και η ταχύτητα του νερού. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα αυτά:

Παροχή (m³/h)	Πτώση πίεσης (mH2O/m)	Διατομή	Ταχύτητα (m/s)		Αριθμός τεμαχίων	Ισοδύναμο μήκος (m)
95,94	0,0352	Φ160	2,45	Αντεπίστροφες βαλβίδες	1	6,096
				Βάνες	13	0,4572
				Γωνίες 90	10	3,3528
				Σύνολο υδραυλικών εξαρτημάτων		45,5676
				Μήκος σωληνώσεων		30
				Σύνολο		75,5676
				Συνολική πτώση πίεσης (mH2O)	2,65997952	

Εικόνα 4.4.11: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη Z.N.X

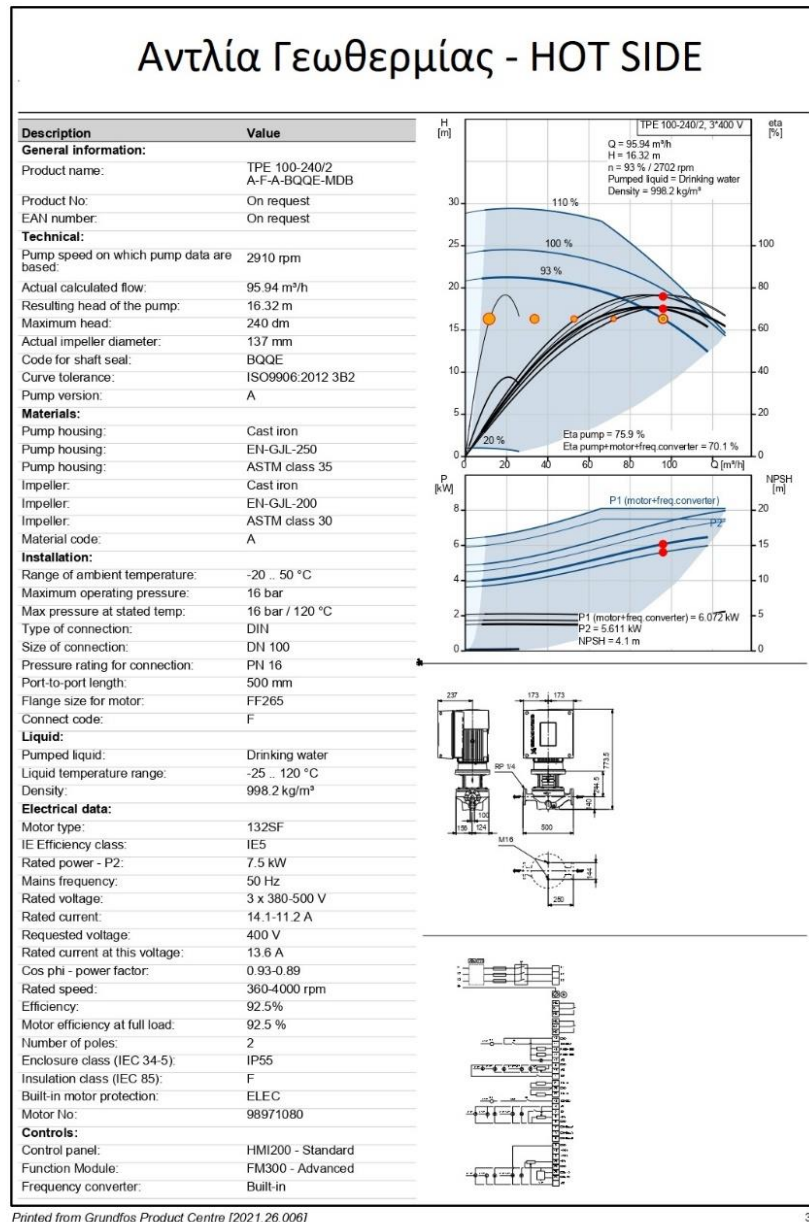
Άρα για τον υπολογισμό της αντλίας έχουμε:

- $Q = 95.94 \frac{m^3}{h}$ (εξαρτάται από τον εναλλάκτη – βλ. Εικόνα 4.4.9)
- $H = \text{πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη} +$
 $\text{πτώση πίεσης εναλλάκτη Z.N.X_HOT SIDE} +$
 $\text{πτώση πίεσης γεωθερμικής ψυκτικής μηχανής} +$
 $\text{πτώση πίεσης σωληνώσεων και λοιπών υδραυλικών εξαρτημάτων} \rightarrow$

$$H = 4,9296 + 4,831 + 3,905 + 2,66 \rightarrow H = 16.3256$$

Εικόνα 4.4.12: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για το δίκτυο εναλλάκτη γεωθερμίας – γεωθερμικής Α.Θ

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 4.4.13: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας εναλλάκτη γεωθερμίας – γεωθερμικής Α.Θ

Για τον υπολογισμό της αντλίας αναρρόφησης της γεώτρησης:

Παροχή (m³/h)	Πτώση πίεσης (mH2O/m)	Διατομή	Ταχύτητα (m/s)		Αριθμός τεμαχίων	Ισοδύναμο μήκος (m)
47,84	0,0375	Φ125	2,16	Αντεπίστροφες βαλβίδες	0	0
				Βάνες	0	0
				Γωνίες 90	15	2,4384
				Σύνολο υδραυλικών εξαρτημάτων		36,576
				Μήκος σωληνώσεων		250
				Σύνολο		286,576
				Συνολική πτώση πίεσης (mH2O)	10,7466	

Εικόνα 4.4.14: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων γεώτρησης αναρρόφησης

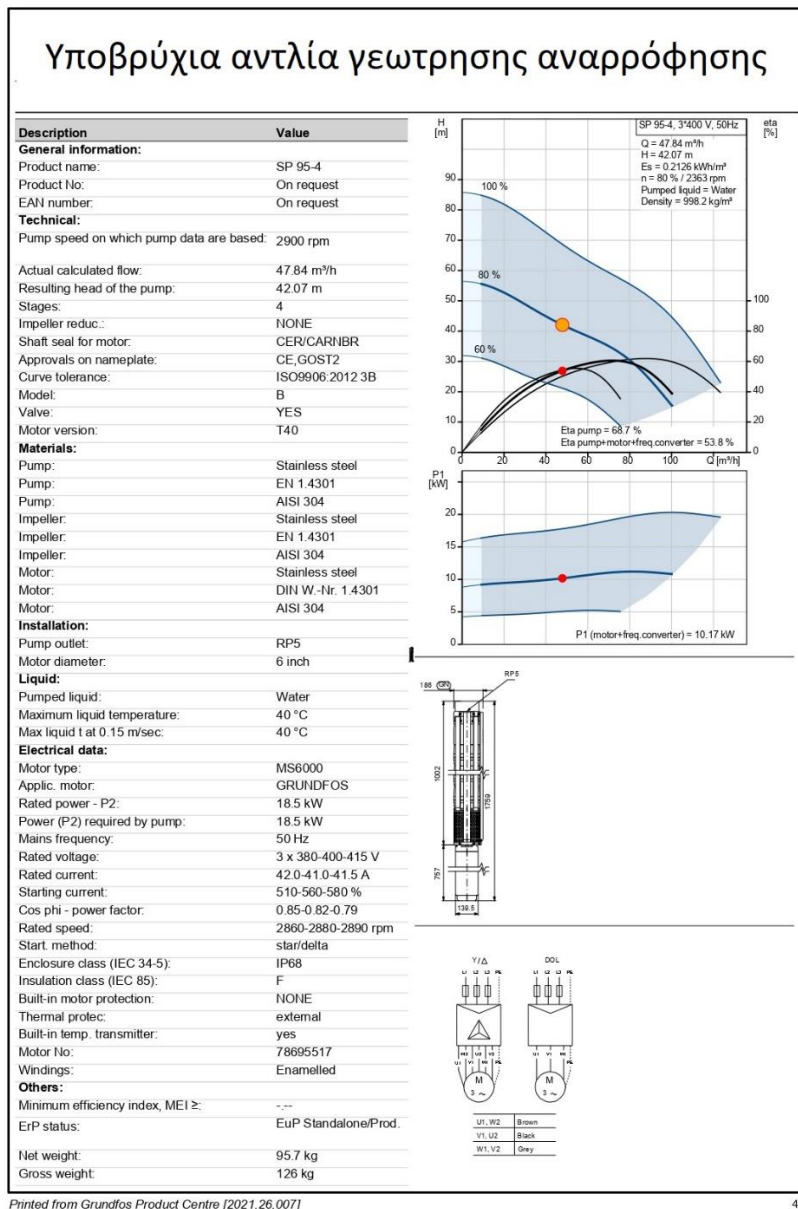
- $Q = 47,84 \frac{m^3}{h}$ (εξαρτάται από τον εναλλάκτη – βλ. Εικόνα 4.4.9)
- $H = \text{πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη} + \text{πτώση πίεσης σωληνώσεων και λοιπών υδραυλικών εξαρτημάτων} + \text{επιπλέον μανομετρικό αντλίας} \rightarrow$

$$H = 1,322 + 10,7466 + 30 \rightarrow H = 42.0686 \text{ mH2O}$$

The screenshot shows the Grundfos online product selection tool. The 'Quick sizing' tab is active. In the 'Enter duty point' section, the flow (Q) is 47.84 m³/h and the head (H) is 42.07 m. In the 'Select what to size by' section, 'Size by application' is selected, and 'Groundwater supply' is chosen from the dropdown. A 'START SIZING' button is located to the right of these options.

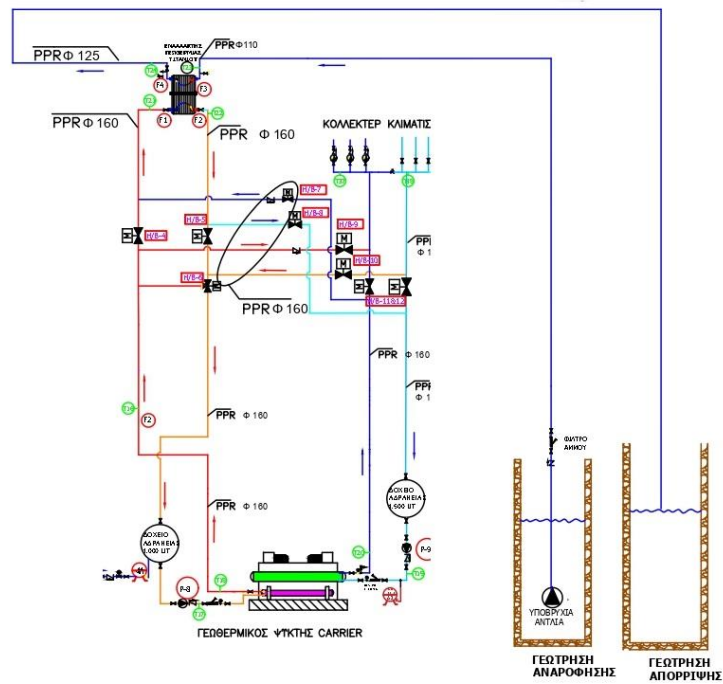
Εικόνα 4.4.15: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για τη γεώτρηση αναρρόφησης

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φαίνονται παρακάτω:

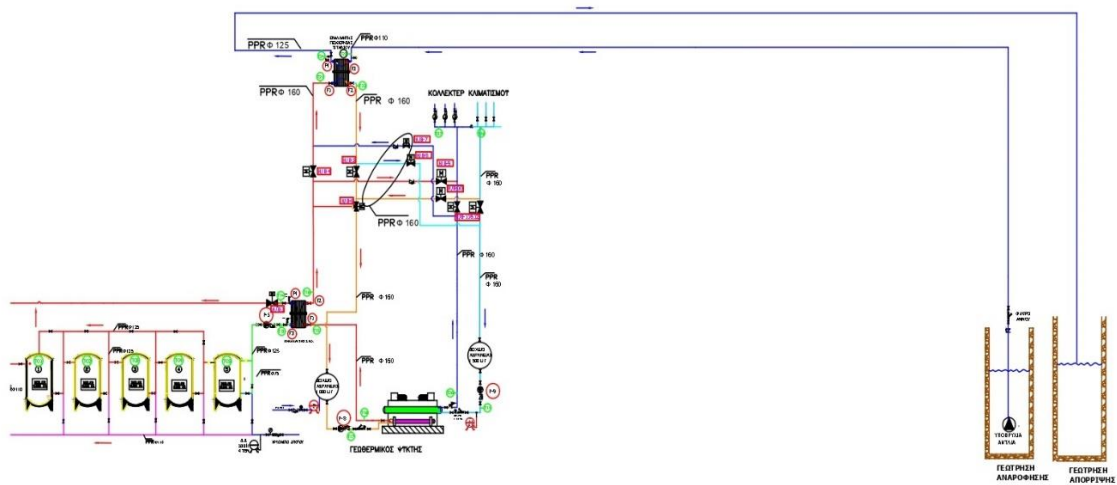


Εικόνα 4.4.16: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας γεώτρησης αναρρόφησης

Το διάγραμμα λειτουργίας κατά τη λειτουργίας απόρριψης των θερμικών φορτίων στο έδαφος διαμορφώνετε ως εξής:



Εικόνα 4.4.17: Διάγραμμα λειτουργίας κατά τη απόρριψης στο έδαφος



Εικόνα 4.4.18: Γενικό διάγραμμα λειτουργίας της γεωθερμικής εφαρμογής

4.5 Ανάκτησης θερμότητας από ψυκτικές μονάδες

Για λόγους εφεδρείας του κλιματισμού (σε περίπτωση προβλήματος στην γεώτρηση αναρρόφησης ή σε περίπτωση βλάβης του γεωθερμικού ψύκτη) επιλέχτηκε ή τοποθέτηση 2 αερόψυκτων αντλιών θερμότητας 500 Kw/TEM, οι οποίες διαθέτουν option μερικής ανάκτησης (desuperheater).

Τα χαρακτηριστικά των αερόψυκτων κλιματιστικών μονάδων φαίνονται παρακάτω:



AquaSnap™ Air to Water Heat Pump

Unit Information

Tag Name: 30RQ522_7_12_35_OPT49
Model Number: 30RQ0522--
Quantity: 1
Manufacturing Source: Montluel, France
Refrigerant: R410A
Shipping Weight: 4790 kg
Operating Weight: 4860 kg
Unit Length: 4798 mm
Unit Width: 2253 mm
Unit Height: 2297 mm

Primary Fluid Heat Exchanger Information

Fluid Type: Fresh Water
Fouling Factor: 0,0180 (sqm-K)/kW
Heating Mode
Leaving Temperature: 35,0 °C
Entering Temperature: 29,1 °C
Fluid Flow: 22,16 L/s
Pressure Drop: 55,5 kPa
Cooling Mode
Leaving Temperature: 7,0 °C
Entering Temperature: 12,0 °C
Fluid Flow: 22,16 L/s
Pressure Drop: 55,5 kPa

Air Heat Exchanger Information

Altitude: 0 m
Number of Fans: 8
Total Condenser Fan Air Flow: 36107 L/s
Heating Mode
Entering Air Temperature: 7,0 °C
Relative Humidity: 87,0 %
Cooling Mode
Entering Air Temperature: 35,0 °C

Desuperheater Heat Exchanger Information

Fluid Type: Fresh Water
Heating Mode
Leaving Temperature: 55,0 °C
Entering Temperature: 50,0 °C
Fluid Flow: 1,46 L/s
Pressure Drop: 1,0 kPa
Cooling Mode
Leaving Temperature: 55,0 °C
Entering Temperature: 50,0 °C
Fluid Flow: 8,06 L/s
Pressure Drop: 25,4 kPa

Integrated Pump Information

No Pump Selected

Cooling and/or heating performance data according to EN 14511 and certified by EUROVENT.

Performance Information

Heating Mode

Primary Heating Capacity (instantaneous): 546,1 kW
Desup Heating Capacity (instantaneous): 30,2 kW
Primary Heating Capacity (integrated): 546,1 kW

Desup Heating Capacity (integrated): 30,2 kW

Total Compressor Power: 150,6 kW
Total Fan Motor Power: 15,1 kW
Total Unit Power (without pump): 165,7 kW
Efficiency (without pump) (instantaneous): 3,30 COP

Cooling Mode

Cooling Capacity: 464,8 kW
Desuperheater Heating Capacity: 166,5 kW
Total Compressor Power: 179,8 kW
Total Fan Motor Power: 12,7 kW
Total Unit Power (without pump): 192,5 kW
Efficiency (without pump): 2,42 COP
ESEER: 3,39 COP
A-Weighted Sound Power Level: 92 dbA

Accessories and Installed Options

Opt. 41 Evap Freeze Protection
Opt. 221 Euro Pack
Opt. 92 Suction Service Valve
Opt. 49 Desuperheater
Opt. 15 Low Noise
Opt. 70 Non-Fused Disconnect
Opt. 23A Side Panels Only

Electrical Information

Unit Voltage: 400-3-50 V-Ph-Hz
Standby Power: 3,8 kW
Minimum Voltage: 360 Volts
Maximum Voltage: 440 Volts
Power Factor: 0,84

Amps (Un)	Electrical Circuit 1	Electrical Circuit 2
Max Unit Current Draw (RLA)	438,4	---
Max Start Up Current (ICF)	645,4	---
Nominal Unit Current Draw (A)	334,4	---

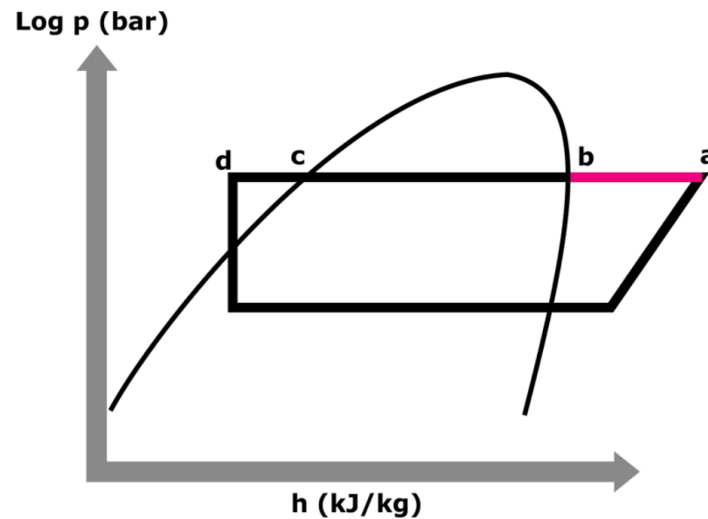
Maximum current draw of cooling and heating mode.

Εικόνα 4.5.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά αερόψυκτου ψύκτη

Οι ψυκτικές μονάδες με αερόψυκτους συμπυκνωτές παράγουν πολλή απορριπτόμενη ενέργεια, απορρίπτοντας την ενέργεια συμπύκνωσης στον αέρα του περιβάλλοντος. Με την εγκατάσταση ενός υπερθερμαντήρα (desuperheater), ένα μεγάλο μέρος αυτής της απορριπτόμενης ενέργειας μπορεί να μετατραπεί σε ζεστό νερό που δύναται να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή Ζ.Ν.Χ .

Οι ψύκτες με χρήση Desuperheater έχουν συνήθως ένα πλακοειδή εναλλάκτη εν σειρά μεταξύ του συμπιεστή και του συμπυκνωτή. Η μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα ενέργειας είναι περίπου 20%-30% της ολικής απορριπτόμενης θερμότητας του ψύκτη. Παρέχουν ζεστό νερό σταθερής θερμοκρασίας από 50° έως 60°C όταν ο ψύκτης λειτουργεί σε ψύξη, ενώ ο έλεγχος της θερμοκρασίας του ζεστού νερού γίνεται από την εγκατάσταση και όχι από τον ψύκτη. Είναι κατάλληλοι για εγκαταστάσεις με σταθερές ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης και συνεχώς σταθερή απαίτηση ψύξης στη διάρκεια του έτους.

Η συνολική ποσότητα της διαθέσιμης υπερθέρμανσης εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εκφόρτισης από τον συμπιεστή (σημείο α στην Εικόνα 4.5.2) και της θερμοκρασίας συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου (σημείο β). Το σύστημα μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να παρακάμπτει τον υπερθερμαντήρα εάν δεν απαιτείται ζεστό νερό [21].



Εικόνα 4.5.2: Διάγραμμα log πίεσης – ενθαλπίας , που δείχνει τη διαθέσιμη ενέργεια υπερθέρμανσης σε ένα σύστημα ψυκτικής μηχανής

Όταν λειτουργεί ο υπερθερμαντήρας (desuperheater) καθώς ο ψύκτης λειτουργεί σε ψύξη, η ροή ψυκτικού μέσου είναι $8.06 \text{ lt/s} = 29.016 \text{ m}^3/\text{h}$.

Συνεπώς, πρέπει να επιλεγεί εναλλάκτης με ίση ή μεγαλύτερη ροή. Ο υπολογισμός του εναλλάκτη γίνεται με τον ίδιο τρόπο που έγινε και ο υπολογισμός του εναλλάκτη του ηλιακού πεδίου, χρησιμοποιώντας το λογισμικό PHE Manager της εταιρίας παραγωγής εναλλακτών θερμότητας Cipriani - Carrier.

Τελικά επιλέγεται εναλλάκτης του οποίου τα πλήρη τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:



Datasheet

Item : Εναλλάκτης Ανάκτ.

Model : 10TEE 0160+

OPERATING CONDITION		COLD SIDE	HOT SIDE
Fluids		Water	Water
Inlet flow rates	m ³ /h	16.12	29.05 m ³ /h
INLET temperatures	°C	45.0	55.0 °C
OUTLET temperatures	°C	50.0	50.0 °C
Pressure drop (calc.)	mH ₂ O	1.546	4.688 mH ₂ O
Operating pressure	bar G	5.000	5.000 bar G
Capacity	kW		166.50
Total oversizing	%		2.02

FLUID PROPERTIES

Density	kg/m ³	988.48	987.10
Specific heat capacity	J/(kg K)	4180	4181
Thermal conductivity	W/(m K)	0.643	0.647
Dynamic viscosity	cP	0.5515	0.5248

PRODUCT CONFIGURATION

Product code	10TEE#0160+051M50PNPV0JJ11
Frame material	Carbon steel
Plates (material / thickness)	AISI 316L (EN 1.4404) / 0.4 mm
Gaskets (material / type)	NBR / Glue-free Plug-In® design
Connections size	DN50
Connections type	Threaded nozzles
Connections material	AISI 316
Fluids position (inlet -> outlet)	F3 -> F4
No. of passes	1
Relative directions of fluids	Counter Current
Max. number of plates allowed on frame	71

DESIGN

Design standard	PED 2014/68/EU
PED risk category	Art. 4.3 (Gr. 2 - L) / -
Pressure (design / test)	bar 10 / 15
Temperature (min / design)	°C 0 / 55
Volume (each side)	l 10.0
Specific compliance and certification	-

DIMENSIONS AND WEIGHT

Overall dimensions (width x height x length)	mm 310 x 1008 x 548
Weight (empty / operating)	kg 145 / 165

REMARKS

Εικόνα 4.5.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη Desuperheater (1)

Από το manual του κατασκευαστή των σωληνώσεων, υπολογίζεται η κατάλληλη διατομή, η πτώση πίεσης των σωληνώσεων αυτής της διατομής καθώς και η ταχύτητα του νερού. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα αυτά:

Παροχή (m ³ /h)	Πτώση πίεσης (mH ₂ O/m)	Διατομή	Ταχύτητα (m/s)		Αριθμός τεμαχίων	Ισοδύναμο μήκος (m)
29,016	0,0249	Φ110	1,6	Αντεπίστροφες βαλβίδες	1	4,05384
				Βάνες	4	0,3048
				Γωνίες 90	0	2,4384
				Σύνολο υδραυλικών εξαρτημάτων		5,27304
				Μήκος σωληνώσεων		3
				Σύνολο		8,27304
				Συνολική πτώση πίεσης (mH ₂ O)		0,205998696

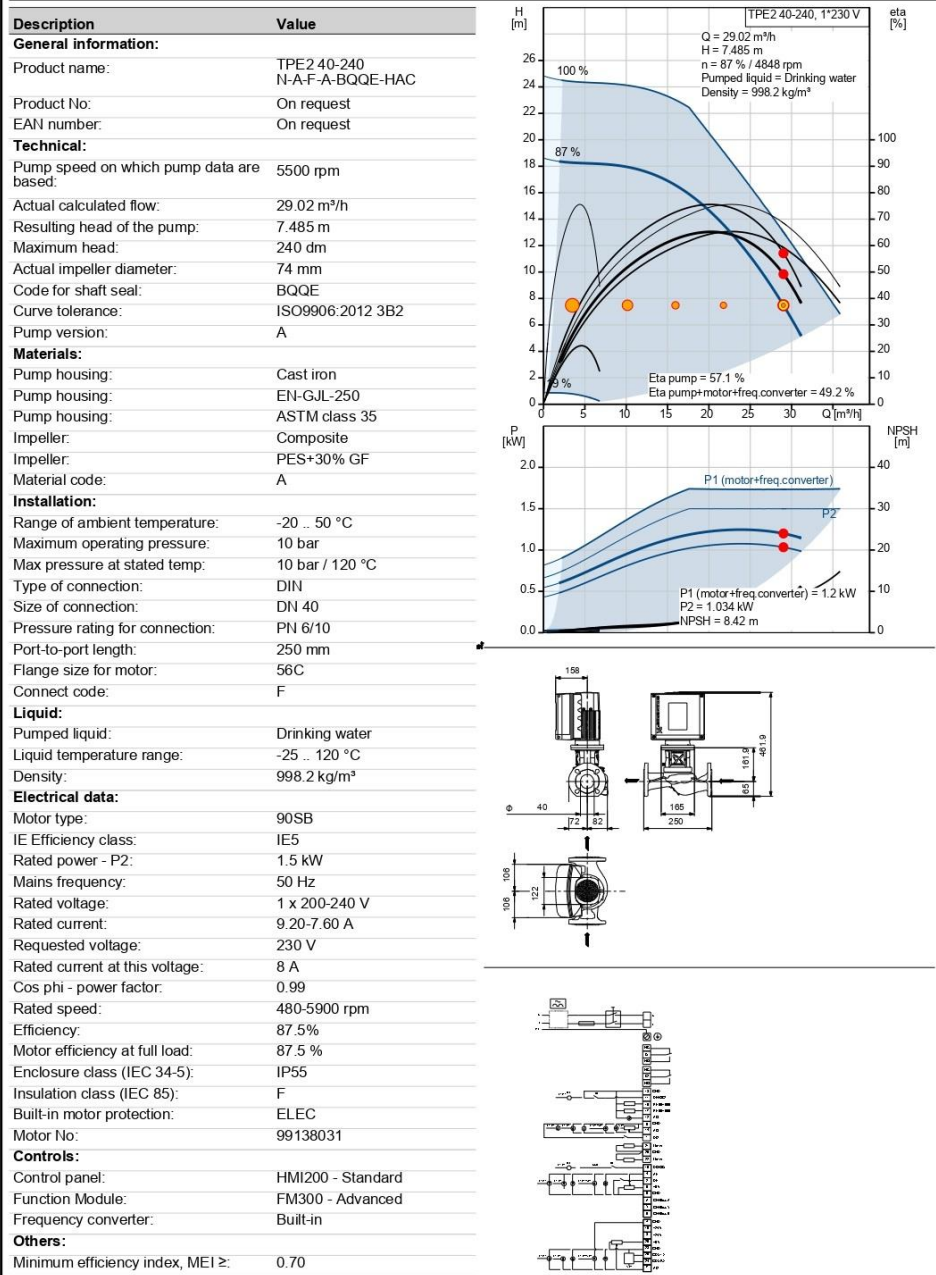
Εικόνα 4.5.5: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων Desuperheater (HOT SIDE) – Αερόψυκτής Α.Θ

Άρα για τον υπολογισμό της αντλίας έχουμε:

- $Q = 29.05 \frac{m^3}{h}$ (εξαρτάται από τον εναλλάκτη – βλ. Εικόνα 4.5.3)
- $H = \text{πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη} +$
 $\text{πτώση πίεσης ψυκτικής μηχανής} +$
 $\text{πτώση πίεσης σωληνώσεων και λοιπών υδραυλικών εξαρτημάτων} \rightarrow$

$$H = 4,688 + 2,59 + 0,2059 \rightarrow H = 7,48399 \text{ mH}_2\text{O}$$

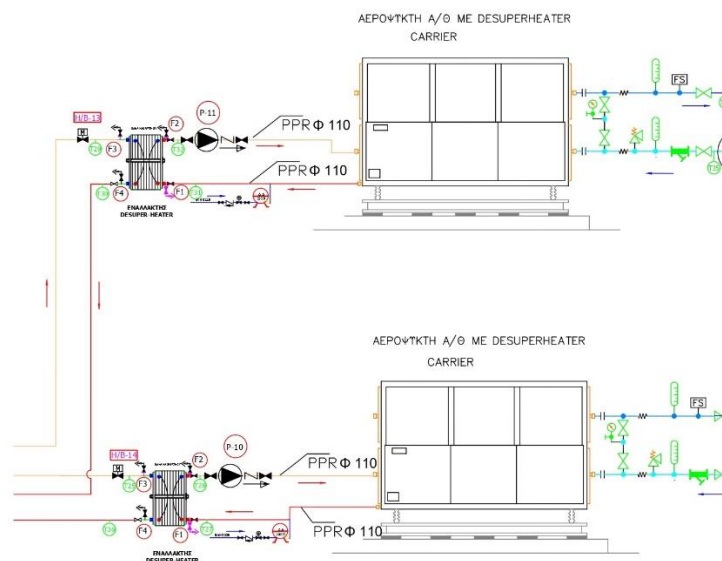
Αντλία Desuperheater - HOT SIDE



Printed from Grundfos Product Centre [2021.28.003]

3/4

Εικόνα 4.5.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας εναλλάκτη Desuperheater (HOT SIDE) - Αερόψυκτης αντλίας θερμότητας



Εικόνα 4.5.6: Διάγραμμα σύνδεσης εναλλακτών Desuperheater με τις αερόψυκτες αντλίες θερμότητας

Στην συνέχεια, πρέπει να υπολογιστεί η αντλία του ανοικτού κυκλώματος, η οποία τροφοδοτεί με νερό τον εναλλάκτη (στην κρύα του πλευρά) από το δοχείο αποθήκευσης. Για τον υπολογισμό της αντλίας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την επιθυμητή παροχή, καθώς και την πτώση πίεσης στην οποία πρέπει να “ανταπεξέλθει” κατά τη λειτουργία της.

Αρχικά υπολογίζεται η κατάλληλη διατομή, η πτώση πίεσης των σωληνώσεων αυτής της διατομής καθώς και η ταχύτητα του νερού, όπως και προηγούμενως.

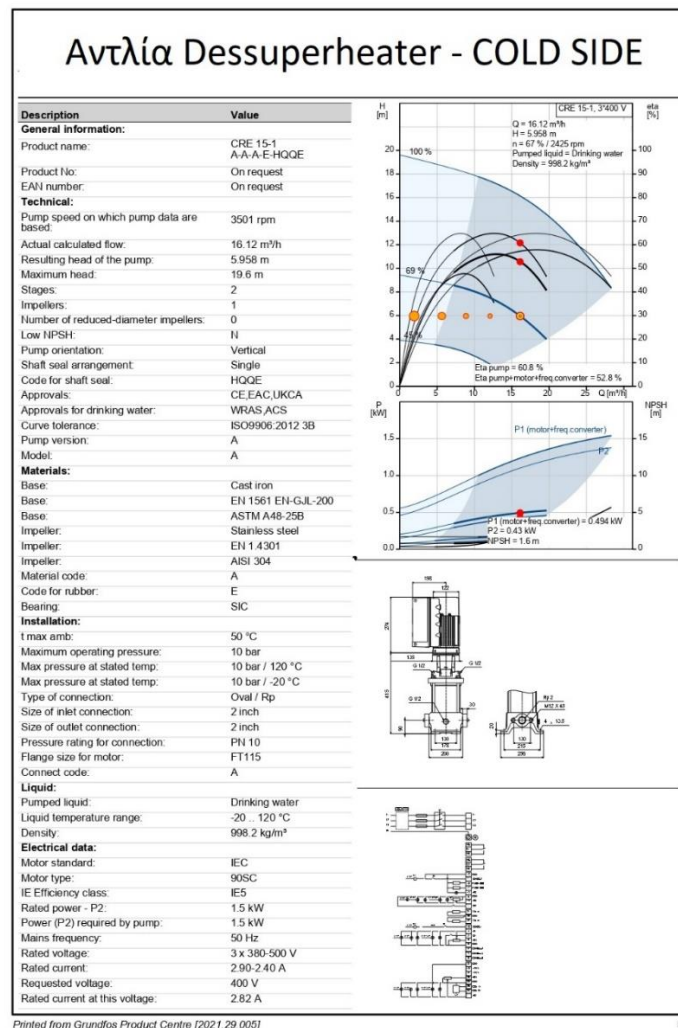
Παροχή (m ³ /h)	Πτώση πίεσης (mH ₂ O/m)	Διατομή	Ταχύτητα (m/s)		Αριθμός τεμαχίων	Ισοδύναμο μήκος (m)
16,12	0,022	Φ90	1,31	Αντεπίστροφες βαλβίδες	2	3,048
				Βάνες	5	0,24384
				Γωνίες 90	10	2,1336
				Σύνολο υδραυλικών εξαρτημάτων		28,6512
				Μήκος σωληνώσεων		30
				Σύνολο		64,07664
				Συνολική πτώση πίεσης (mH ₂ O)		1,40968608

Εικόνα 4.5.7: Πίνακας υπολογισμού πτώσεις πίεσης σωληνώσεων – εξαρτημάτων για το δίκτυο σωληνώσεων boiler αποθήκευσης - Desuperheater (COLD SIDE)

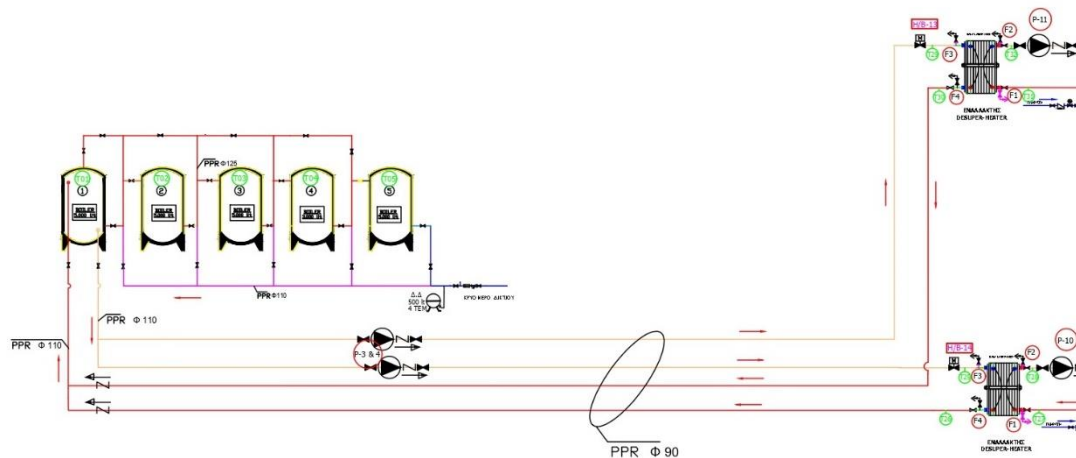
Συνεπώς, για τον υπολογισμό της αντλίας:

- $Q = 16.12 \frac{m^3}{h}$ (εξαρτάται από τον εναλλάκτη – βλ. Εικόνα 4.5.3)
- $H = \text{πτώση πίεσης εντός του εναλλάκτη} +$
 $\text{πτώση πίεσης εντός του δοχείου αποθήκευσης} +$
 $\text{πτώση πίεσης σωληνώσεων και λοιπών υδραυλικών εξαρτημάτων} \rightarrow$

$$H = 1.546 + 3 + 1.41 \rightarrow \boxed{H = 5.956 \text{ mH}_2\text{O}}$$



**Εικόνα 4.5.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας boiler αποθήκευσης – εναλλάκτη
Desuperheater (COLD SIDE)**



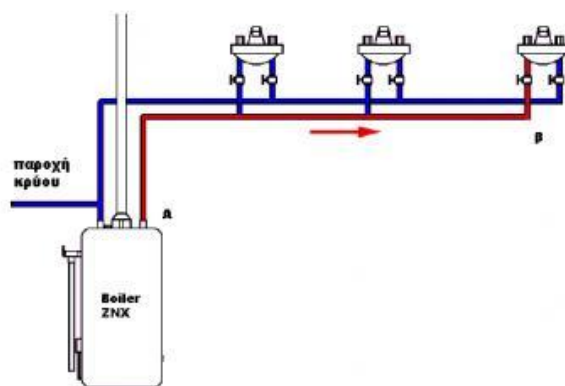
Εικόνα 4.5.9: Διάγραμμα σύνδεσης εναλλακτών Desuperheater με τα boiler αποθήκευσης Z.N.X

4.6 Δίκτυο Ανακυκλοφορίας

Σε κατάσταση ηρεμίας, το νερό στη σωλήνωση του ζεστού θα είναι κρύο, ή χλιαρό, ανάλογα με τον χρόνο που μεσολάβησε από την τελευταία φορά που οι χρήστες ζήτησαν Z.N.X, ανοίγοντας κάποια βρύση.

Όταν το νερό στη σωλήνα είναι κρύο και ο χρήστης ανοίξει την βρύση στο σημείο B, για να τρέξει ζεστό νερό στη βρύση, η σωλήνωση του ζεστού θα πρέπει να αδειάσει εντελώς από το κρύο νερό που περιέχει, και να γεμίσει με ζεστό νερό από το μπόιλερ.

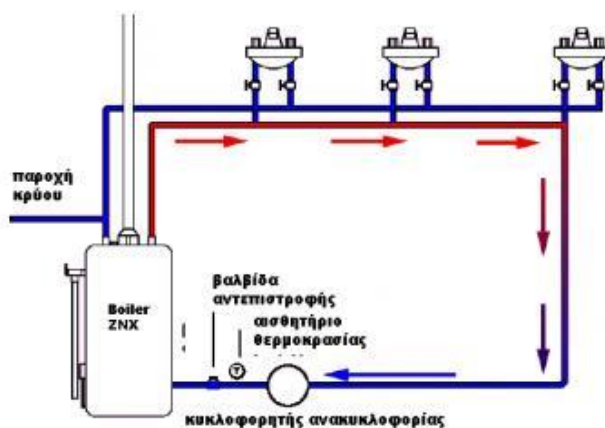
Δίκτυο ZNX χωρίς ανακυκλοφορία



Εικόνα 4.6.1: Δίκτυο Z.N.X χωρίς ανακυκλοφορία

Εκτός από ενοχλητική, η καθυστέρηση στην άφιξη του ζεστού νερού, συνεπάγεται και μεγάλη σπατάλη νερού. Το ζήτημα αυτό αντιμετωπίζεται με την κατασκευή δικτύου ανακυκλοφορίας, που υλοποιείται με την κατασκευή μιας επιπλέον σωλήνωσης που συνδέει τη ζεστή σωλήνα του πιο απομακρυσμένου υποδοχέα με το μπόιλερ και την τοποθέτηση μιας αντλίας που κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα το ζεστό νερό χρήσης από το μπόιλερ στον τελευταίο υποδοχέα και πίσω στο μπόιλερ.

Τυπικό διάγραμμα ανακυκλοφορίας



Εικόνα 4.6.2: Δίκτυο Z.N.X με ανακυκλοφορία

Με την τοποθέτηση αντλίας ανακυκλοφορίας, το κρύο νερό στις σωληνώσεις ζεστού επιστρέφει στο boiler και θερμαίνεται, ενώ οι σωληνώσεις ζεστού νερού είναι γεμάτες με ζεστό νερό χρήσης έτοιμο προς κατανάλωση.

Με την ύπαρξη της ανακυκλοφορίας, μόλις ο χρήστης ανοίξει τον κρουνό (ή τη θερμομικτική μπαταρία) θα λάβει αμέσως ζεστό νερό, σε θερμοκρασία παραπλήσια με τη θερμοκρασία ZNX στο μπόιλερ, χωρίς να χρειάζεται να περιμένει ή να ξοδεύει άσκοπα νερό.

Όταν το μπόιλερ ζεστού νερού χρήσης δεν περιέχει ζεστό νερό, η αντλία ανακυκλοφορίας δεν λειτουργεί. Άρα ο αυτοματισμός της ανακυκλοφορίας, θα πρέπει να περιλαμβάνει μέτρηση της θερμοκρασίας Z.N.X.

Όταν το μπόιλερ περιέχει ζεστό νερό, η αντλία ανακυκλοφορίας λειτουργεί, μέχρις ότου η σωλήνωση του ζεστού αδειάσει εντελώς από το κρύο νερό που περιέχει και γεμίσει με ζεστό νερό χρήσης. Περαιτέρω λειτουργία της αντλίας, σημαίνει άσκοπη κατανάλωση ρεύματος, και άσκοπη αύξηση των απωλειών ενέργειας που μπορεί να είναι σημαντικές σε εκτεταμένα δίκτυα.

Άρα ο αυτοματισμός μας θα πρέπει να περιλαμβάνει μέτρηση της θερμοκρασίας στην σωλήνα επιστροφής μετά τον κυκλοφορητή και πριν το μπόιλερ.

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων του δικτύου ανακυκλοφορίας:

Κάθε δωμάτιο του ξενοδοχείου, έχει 2 παροχές ζεστού νερού. Έκαστη έχει παροχή ίση 3 milt /s . Συνεπώς, για όλα τα δωμάτια του ξενοδοχείου, η συνολική παροχή είναι:

$$Q = 264 * 2 * 0,003 \frac{lt}{s} \rightarrow \boxed{Q = 1.584 \frac{lt}{s} = 5.702 \frac{m^3}{h}}$$

Με βάση λοιπόν την συνολική παροχή, υπολογίζεται η διατομή των σωληνώσεων

(τύπου PPR-80). Λόγω του ότι σε μεγάλα δίκτυα, όπως το παρών, ο υπολογισμός του μανομετρικού της αντλίας H είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος, και απαιτεί μια ή περισσότερες προσπάθειες δοκιμής / λάθους . Αντ' αυτού, θεωρούμε H= 8m, με βάση εμπειρικά δεδομένα από παρόμοιες εφαρμογές.

Η αντλία επιλέγεται όπως και όλες οι προηγούμενες, με χρήση του online product selection της Grundfos.

GRUNDFOS | PRODUCT CENTER | Product range: Greece | 50 Hz | Language: English (English) | Change settings

HOME | FIND PRODUCT | COMPARE | YOUR PROJECTS 32 | SAVED ITEMS | TOOLS | HELP | 1.67.04

Find products and solutions

Products ▾ Input product number or a whole or partial product name 🔍 **SEARCH**

Sizing
Enter pump sizing

Catalogue
Products and services

Replacement
Replace an old pump with a new

Liquids
Find pump by liquid

Quick sizing | Advanced sizing by application | Guided selection

Enter duty point:

Flow (Q)* 5.71 m³/h ▾

Head (H)* 8 m ▾

Number of pumps 2 ▾

Of these, number of standby pumps 1 ▾

Select what to size by:

☒ Size by application

Heating ▾

Installation

Domestic hot water recirculation ▾

☐ Size by pump design

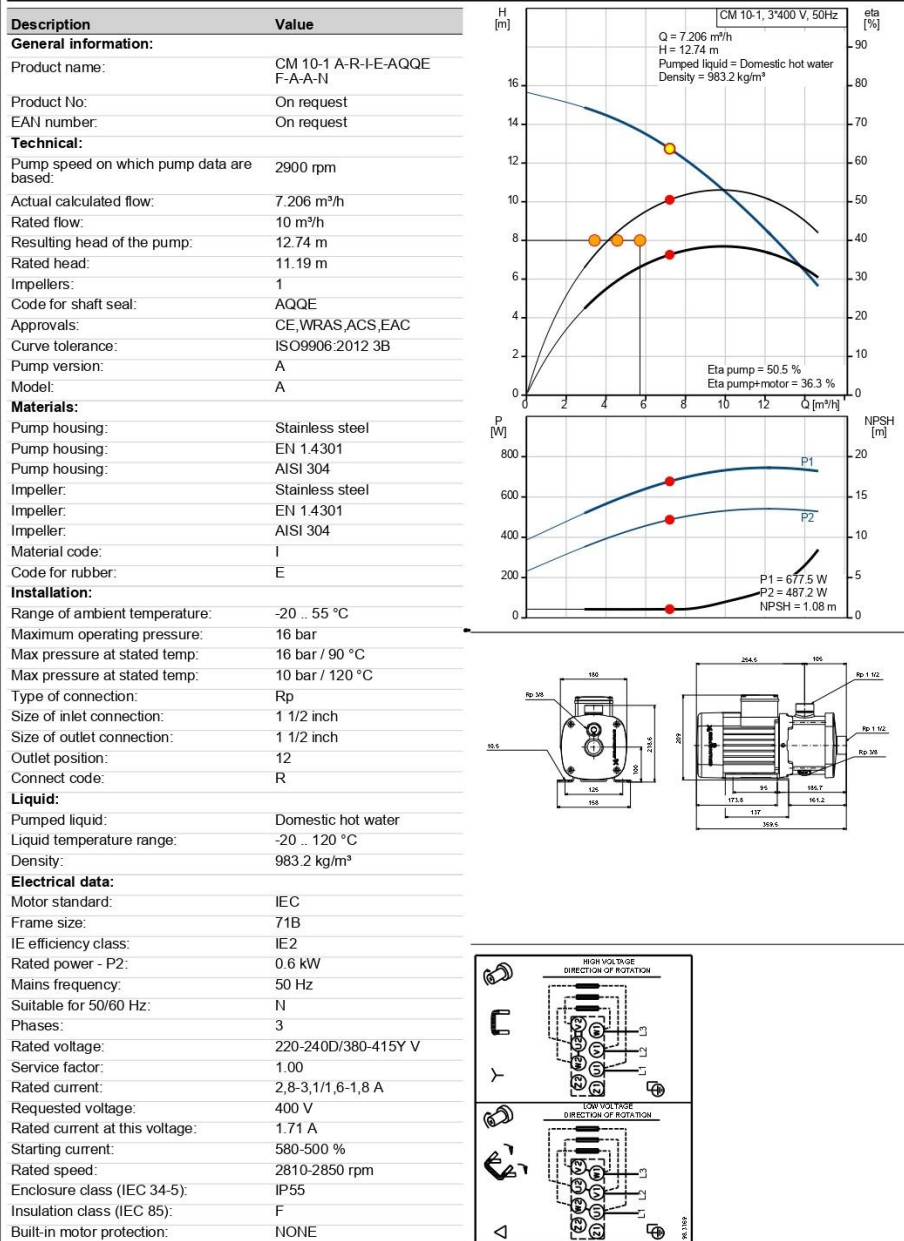
☐ Size by pump family

START SIZING

Εικόνα 4.6.3: Μενού επιλογής παραμέτρων επιλογής αντλίας “Grundfos online product selection” για την ανακυκλοφορία

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φαίνονται παρακάτω:

Αντλία ανακυκλοφορίας



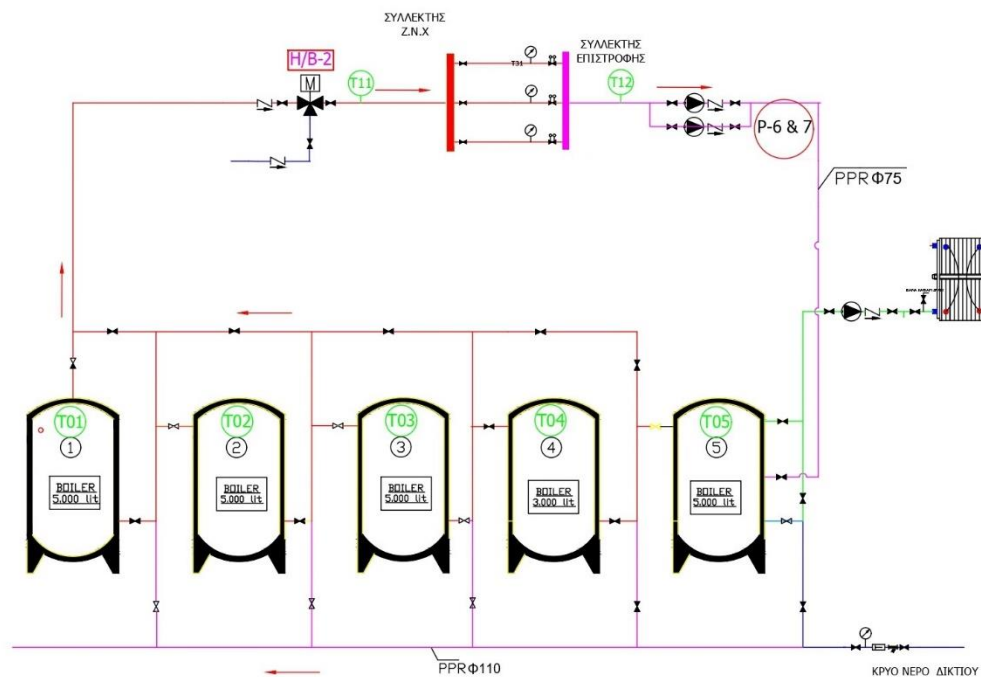
Printed from Grundfos Product Centre [2021.29.005]

3/4

Εικόνα 4.6.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας ανακυκλοφορίας

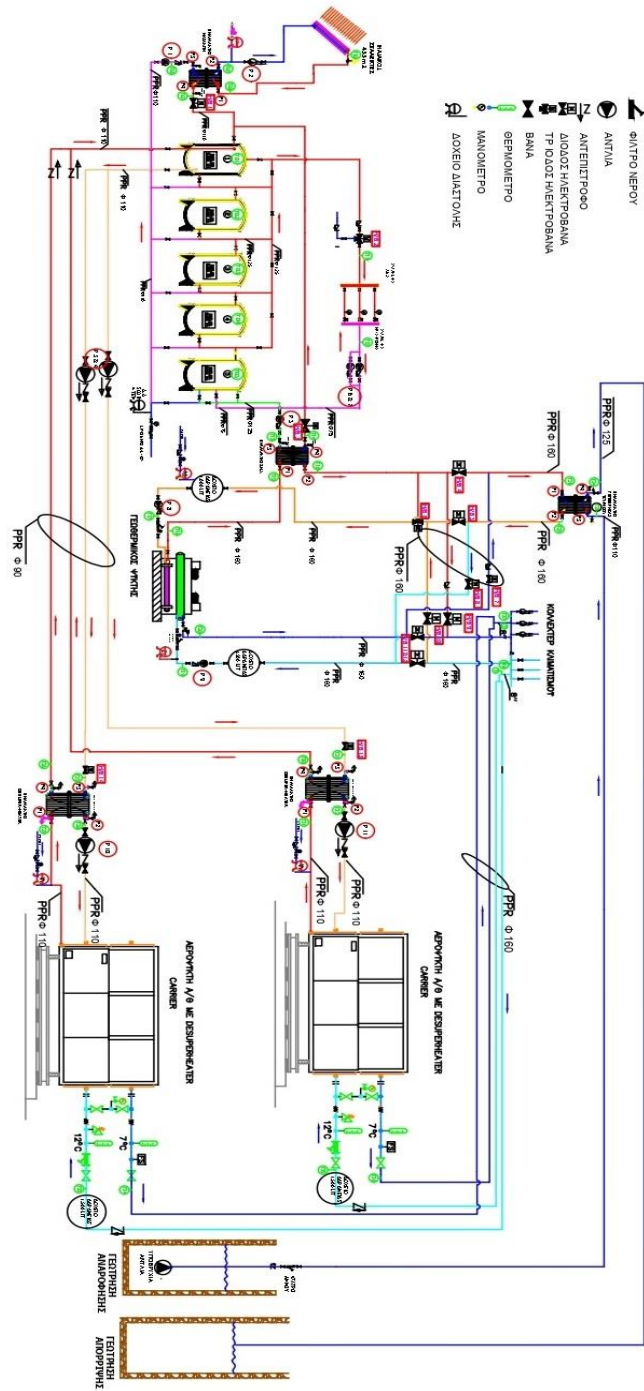
Επιλέγεται η τοποθέτηση μιας ακόμα ίδιας αντλίας με την παραπάνω, σε παράλληλη σύνδεση με την πρώτη, η οποία λειτουργεί ως back up, σε περίπτωση δηλαδή που παρουσιαστεί κάποια βλάβη ή δυσλειτουργία της πρώτης και βασικής αντλίας ανακυκλοφορίας.

Το διάγραμμα λειτουργίας που αφορά το κύκλωμα της ανακυκλοφορίας φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 4.6.5: Διάγραμμα λειτουργίας ανακυκλοφορίας

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



5. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (BMS)

5.1 Περιγραφή συστημάτων BMS

Το BMS (Building Management Systems) είναι ένα σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται σε κτίρια, για να εποπτεύει και να ελέγχει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα ενός κτιρίου. Τέτοια συστήματα είναι:

- Ψύξη
- Θέρμανση
- Ζ.Ν.Χ
- Εξαερισμός
- Φωτισμός
- Συστήματα Ενέργειας

Οι στόχοι με την τοποθέτηση ενός τέτοιου συστήματος, είναι:

- η βέλτιστη λειτουργία των εγκαταστάσεων
- η μείωση της σπατάλης ενέργειας
- η δημιουργία ιδανικών συνθηκών διαβίωσης
- οι ευεργετικές συνέπειες στο περιβάλλον
- η μείωση του κόστους λειτουργίας του κτιρίου

Ένα σύστημα BMS διαθέτει μια κεντρική μονάδα ελέγχου στην οποία βρίσκονται διασυνδεδεμένα όλα τα αισθητήρια που είναι τοποθετημένα στο κτίριο. Μέσω αυτών, παρέχονται πληροφορίες και βάση του των παραμέτρων που έχουμε καθορίσει, δίνονται οι ανάλογες εντολές ώστε να προκύψει το αποτέλεσμα που επιθυμούμε.

Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της διαχείρισης εμφανίζονται σε μία κεντρική απεικόνιση σε Η/Υ, που διαθέτει εξειδικευμένα προγράμματα οπτικοποίησης. Το BMS αποτελείται από Software και Hardware και χρησιμοποιεί ανοιχτά πρωτόκολλα, όπως BACnet, Lon, Modbus.

Τα συστήματα BMS χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλα κτίρια όπως:

- Ξενοδοχεία
- Κτίρια Γραφείων
- Νοσοκομεία
- Εκθεσιακοί Χώροι, Δημόσια Κτίρια

- Εκπαιδευτικά Ιδρύματα
- Συγκροτήματα κατοικιών

Η βασική λειτουργία των συστημάτων BMS είναι να ελέγχουν ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία, όπως Συστήματα Θέρμανσης – Ψύξης - Αερισμού (Λέβητες, Ψύκτες – Αντλίες θερμότητας, Κυκλοφορητές, Κλιματιστικές Μονάδες, Ανεμιστήρες, Αντλιοστάσια, Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Εσωτερικό/Εξωτερικό Φωτισμό). Επιπροσθέτως, το σύστημα είναι υπεύθυνο να διαχειρίζεται τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο εσωτερικό του κτιρίου, το επίπεδο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και την υγρασία ενός κτιρίου. Τα περισσότερα BMS συστήματα ελέγχουν την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης, διαχειρίζονται τα συστήματα που διανέμουν τον αέρα παντού μέσα στο κτίριο και τοπικά ελέγχουν τη μείξη θερμού και ψυχρού αέρα για να επιτύχουν την κατάλληλη θερμοκρασία κάθε χώρου.

Τα μέρη τα οποία αποτελείται ένα σύστημα BMS είναι:

- Αισθητήρες BMS

Είναι τοποθετημένα μετά από μελέτη σε σημεία του κτιρίου, ώστε να μας δίνουν πληροφορίες σχετικές με τον έλεγχο που σκοπεύουμε να ασκήσουμε. Σε αυτά υπάγονται:

- παντός είδους θερμοστάτες
- μετρητές υγρασίας
- μετρητές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)
- μετρητές φωτεινότητας
- όλα τα εξαρτήματα που μας δίνουν μια πλήρη εικόνα για την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου.

Είναι προφανές ότι οι αισθητήρες αυτοί ελέγχουν την κατάσταση των συνθηκών που επικρατούν στο κτίριο και δίνουν εντολή στον ελεγκτή του συστήματος να προβεί στις αντίστοιχες ενέργειες βελτιστοποίησης των συνθηκών.

- όργανα αυτοματισμού

Σε ένα BMS σύστημα, οι αισθητήρες παρακολουθούν τις συνθήκες που επικρατούν σε ένα κτίριο, ο ελεγκτής τις αξιολογεί και τα όργανα αυτοματισμού εκτελούν την εντολή ώστε να υπάρχει διαχείριση και βελτιστοποίηση των συνθηκών. Σε αυτά υπάγονται:

- Αντλίες υδάτων
 - ηλεκτρικά ρελέ
 - αντλίες καυσίμων
 - ηλεκτροκινητήρες
 - άλλες τέτοιου είδους συσκευές
- Ελεγκτές
- Το σημείο όπου γίνεται επεξεργασία των μετρήσεων των αισθητηρίων και εκτελούνται τα όργανα αυτοματισμού. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι ελεγκτές είναι κάτι ανάλογο των κεντρικών μονάδων ελέγχου των συστημάτων ασφαλείας. Σε αυτούς καταλήγουν τα σήματα των αισθητήρων και μέσω αυτών δίνονται οι εντολές στα όργανα αυτοματισμού του συστήματος. Οι ελεγκτές τοποθετούνται σε τοπικά κέντρα συλλογής σημάτων διασκορπισμένα εντός του κτιρίου.
- Κεντρικός Σταθμός Παρακολούθησης
- Είναι το μέσο επικοινωνίας του χειριστή με το σύστημα αυτοματισμού. Ο χειριστής μπορεί να επαναπρογραμματίζει τα συστήματα αυτοματισμού όταν οι απαιτούμενες συνθήκες αλλάζουν. Υπάρχει δυνατότητα πλήρους οπτικοποίησης των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων. Ένας εξουσιοδοτημένος χειριστής, ο οποίος έχει εκπαιδευτεί να χειρίζεται το εγκατεστημένο λογισμικό, είναι σε θέση να παίρνει πληροφορίες για την κατάσταση των συστημάτων αυτοματισμού του κτιρίου ανά πάσα στιγμή. Σε συνεργασία με τους τεχνικούς που έχουν εγκαταστήσει το σύστημα BMS και είναι υπεύθυνοι για την επίβλεψη και συντήρηση του, μπορεί να γίνει αναπροσαρμογή των συνθηκών που επιθυμούμε να επιτύχουμε. Το λογισμικό παρακολούθησης μπορεί να εγκατασταθεί και να προγραμματίζεται, από οποιονδήποτε τοπικό ή απομακρυσμένο H/Y.

Με την εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης σε ένα μεγάλο κτίριο, έχουμε γραφική απεικόνιση του συνόλου των εγκαταστάσεων του σε μια οθόνη H/Y ανεξαρτήτως μεγέθους του κτιρίου. Αυτό αυτόματα μας παρέχει άμεση πληροφόρηση, δίνοντάς μας την ευκαιρία να έχουμε την εποπτεία του κτιρίου και να παρέμβουμε σε περίπτωση βλάβης ή ανάγκης αλλαγής των παραμέτρων λειτουργίας.

Το σύστημα προσφέρει άμεσο ψηφιακό έλεγχο όλων των εγκαταστάσεων που είναι διασυνδεδεμένα σε αυτό. Έτσι, ελέγχουμε και επιτυγχάνουμε βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας και εξοικονόμηση ενέργειας, πράγμα που είναι βασικό ζητούμενο σε τέτοια κτίρια.

Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με τον αυστηρό χρονοπρογραμματισμό των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων. Προγραμματίζεται η απενεργοποίηση ορισμένων συστημάτων τις ώρες που δεν υπάρχουν εργαζόμενοι και επισκέπτες στον χώρο, όπως ο φωτισμός, η ψύξη, η θέρμανση, οι ανελκυστήρες κ.ά.

Η ευελιξία που διαθέτει το σύστημα να γίνονται τροποποιήσεις των παραμέτρων λειτουργίας των εγκαταστάσεων μέσω του λογισμικού, προσφέρει την ελαχιστοποίηση ή και τον μηδενισμό παρεμβάσεων σε ηλεκτρολογικούς πίνακες και επιπλέον καλωδιώσεων. Η παρακολούθηση των εγκαταστάσεων γίνεται σε πραγματικό χρόνο και έτσι ο εντοπισμός των προβλημάτων και η διόρθωσή τους γίνονται, εν τη γενέσει τους και πριν αυτά γίνουν αντιληπτά στους χρήστες του κτιρίου ή προκαλέσουν σοβαρές βλάβες.

Τέλος, λόγω της υποστήριξης του συστήματος από τοπικούς και απομακρυσμένους Η/Υ, η παρακολούθηση του κτιρίου μπορεί να γίνει από περισσότερους του ενός απομακρυσμένους σταθμούς εργασίας [22] .

5.2 Σενάριο λειτουργίας

▪ Έλεγχος Λειτουργίας Ηλιακού Πεδίου

- Όταν το $T_{10} > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Αντλία P-2 **ON**
- Όταν το $T_{08} > +8\text{ }^{\circ}\text{C}$ από το T_{01}
 - H/B-1 **ON**
- Όταν H/B-1 **ON**
 - P-1 **ON**
- Έλεγχος στροφών (inverter 0-10 V) λειτουργίας αντλίας P-2 ώστε $T_{07} < T_{09}$ κατά $6\text{ }^{\circ}\text{C}$

▪ Έλεγχος Λειτουργίας Αναμικτικής Βάνας H/B-2

- Αναλογικός έλεγχος (0-10 V) ώστε $T_{11}=45\text{ }^{\circ}\text{C}$

▪ Έλεγχος Λειτουργίας Ανακυκλοφορίας

- P-6 **ON** όταν $T_{12} < 44\text{ }^{\circ}\text{C}$
- P-6 **OFF** όταν $T_{12} > 44\text{ }^{\circ}\text{C}$

▪ **Έλεγχος Λειτουργίας Ανάκτησης (DESUPERHEATER) από Αερόψυκτες Αντλίες Θερμότητας**

- Όταν η αντλία θερμότητας Νο 1 είναι σε λειτουργία τότε :
 - P-10 **ON**
- Όταν $T27 > T01$ κατά 5 °C τότε :
 - H/B-14 και P-3 **ON**
- Όταν η αντλία θερμότητας Νο 2 είναι σε λειτουργία τότε :
 - P-11 **ON**
- Όταν $T31 > T01$ κατά 5 °C τότε : H/B-13 και P-4 **ON**

▪ **Έλεγχος Λειτουργίας Παραγωγής Z.N.X μέσω του Γεωθερμικού Ψύκτη**

- Όταν $T01 < 45$ °C τότε :
 - Δίνεται εντολή λειτουργίας του γεωθερμικού ψύκτη σε λειτουργία παραγωγής Z.N.X (50 °C - 45 °C)
 - H/B-3 & P-5 **ON**
 - H/B-6 **OFF**
- Όταν $T05 > 49$ °C τότε :
 - Δίνεται εντολή λειτουργίας του γεωθερμικού ψύκτη σε λειτουργία ψύξης (35 °C - 30 °C)
 - H/B-3 & P-5 **OFF**
 - H/B-6 **ON**

▪ **Λειτουργία Γεωθερμικού Ψύκτη σε Λειτουργία Ψύξης (35 °C - 30 °C & 7 °C - 12 °C)**

- P-8 & P-9 **ON**
- H/B-4 – H/B-5 – H/B-6 – H/B-11 – H/B-12 **ON**
- H/B-7 – H/B-8 – H/B-9 – H/B-10 **OFF**

- Υποβρύχια Αντλία **ON** με έλεγχο στροφών ώστε $T24 = T23 + 10$ °C

▪ **Λειτουργία Γεωθερμικού Ψύκτη σε Λειτουργία Θέρμανσης (50 °C - 45 °C & 7 °C - 12 °C)**

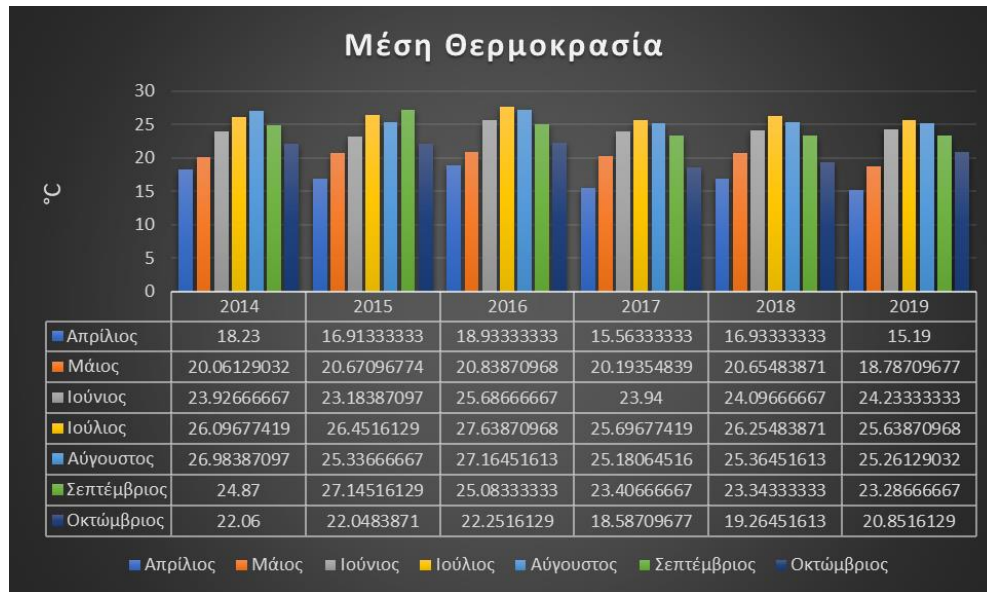
- P-8 & P-9 **ON**
- H/B-4 – H/B-5 – H/B-11 – H/B-12 **OFF**
- H/B-6 - H/B-7 – H/B-8 – H/B-9 – H/B-10 **ON**

- Υποβρύχια Αντλία **ON** με έλεγχο στροφών ώστε $T24 = T23 - 10$ °C

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

6.1 Αποτελέσματα Λειτουργίας για τα Έτη 2014 – 2019

Η μέση θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος για τα έτη 2014 – 2019 φαίνεται παρακάτω.



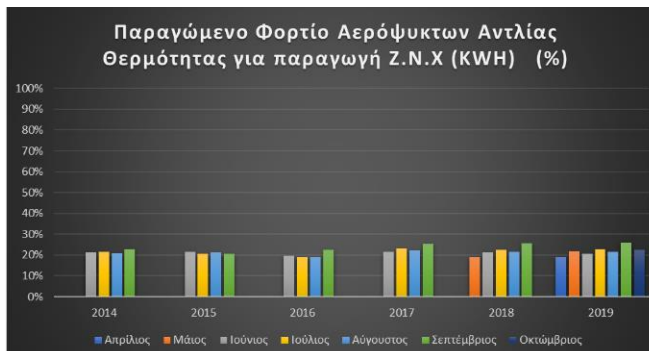
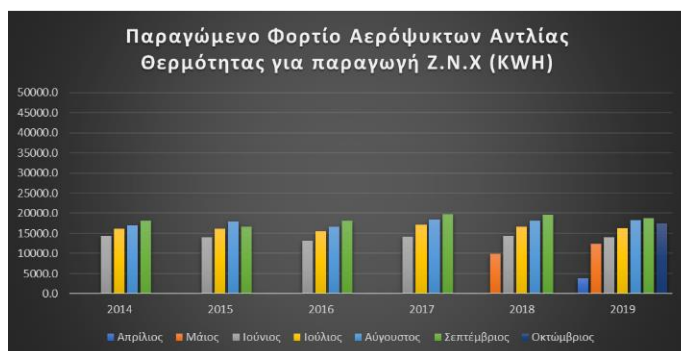
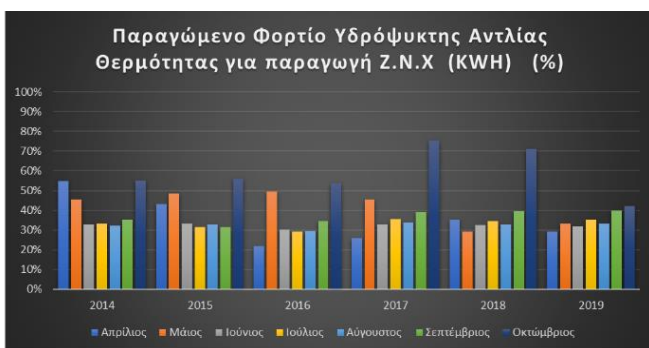
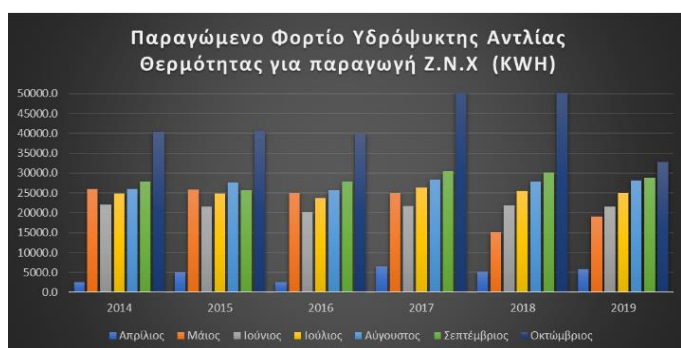
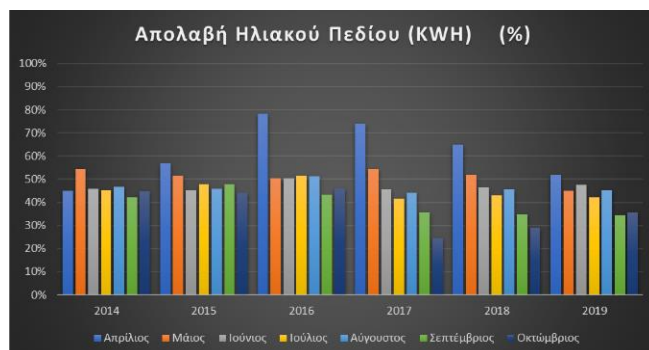
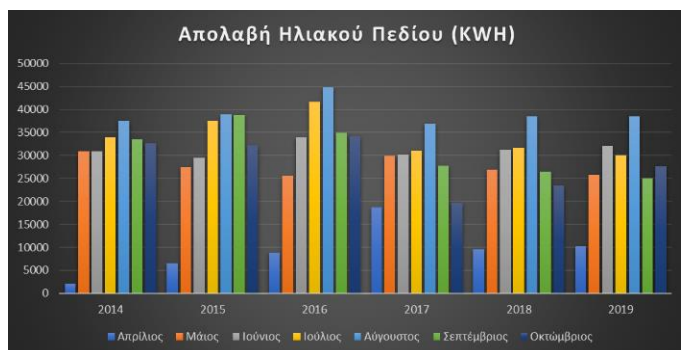
Εικόνα 6.1.1: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία για τα έτη 2014 – 2019

Τα δεδομένα λειτουργίας της εφαρμογής για την περίοδο 2014-2019 διαμορφώθηκαν ως εξής:

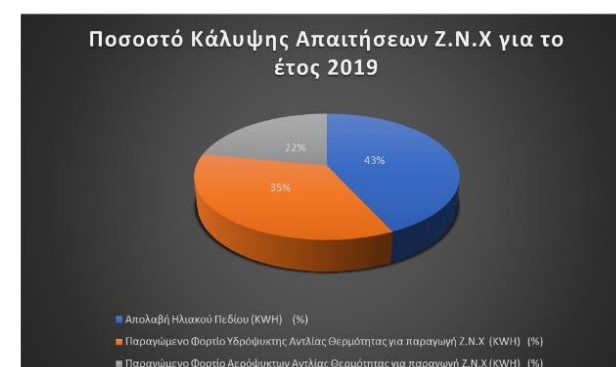
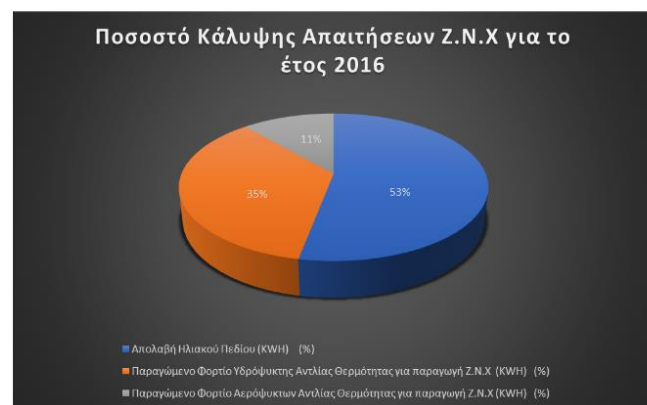
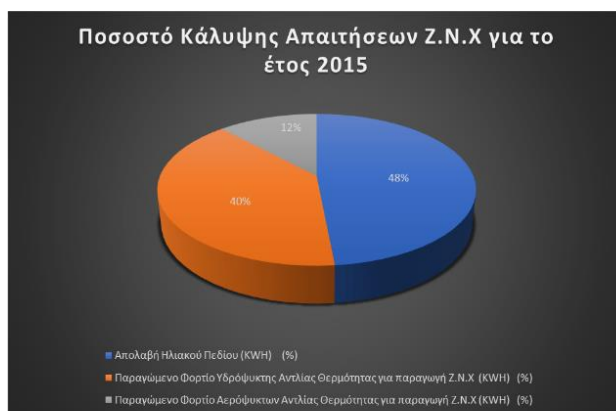
Απολαβή Ηλιακού Πεδίου (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	2049.4	6584.4	8876.4	18796.5	9513.2	10264.5
Μάιος	30896.5	27415.7	25549.9	29864.6	26896.8	25748.4
Ιούνιος	30894.6	29469.6	33872.4	30149.3	31246.4	32105.0
Ιούλιος	33986.6	37453.3	41659.7	31006.5	31684.8	29987.8
Αύγουστος	37497.5	38894.6	44749.5	36897.5	38459.3	38569.8
Σεπτέμβριος	33471.3	38728.2	34877.3	27694.2	26456.9	24989.8
Οκτώμβριος	32596.8	32189.2	34214.9	19684.3	23482.6	27659.4
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	201392.7	210735.0	223799.9	194092.7	187739.9	189324.6
Παραγόμενο Φορτίο Υδρόψυκτης Αντλίας Θερμότητας για παραγωγή Z.N.X (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	2500.6	5000.4	2475.4	6596.2	5149.4	5797.6
Μάιος	25941.7	25864.7	25036.7	24986.3	15139.7	19128.5
Ιούνιος	22063.8	21526.9	20258.6	21803.7	21969.9	21501.8
Ιούλιος	24928.4	24857.6	23719.0	26410.7	25544.7	24969.6
Αύγουστος	26024.1	27709.8	25660.2	28415.3	27889.4	28167.1
Σεπτέμβριος	27872.2	25645.1	27809.4	30477.0	30220.9	28822.5
Οκτώμβριος	40329.2	40589.2	39876.3	60342.5	57643.9	32765.7
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	169660.0	171193.7	164835.5	199031.7	183557.8	161152.7
Παραγόμενο Φορτίο Αερόψυκτων Αντλίας Θερμότητας για παραγωγή Z.N.X (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3770.7
Μάιος	0.0	0.0	0.0	0.0	9846.7	12441.0
Ιούνιος	14350.1	14000.9	13176.0	14180.9	14289.0	13984.6
Ιούλιος	16213.2	16167.2	15426.6	17177.3	16614.0	16240.0
Αύγουστος	16925.9	18022.2	16689.2	18481.0	18139.0	18319.6
Σεπτέμβριος	18127.8	16679.3	18087.0	19822.0	19655.4	18745.9
Οκτώμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17382.6
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	65617.0	64869.6	63378.7	69661.2	78544.1	100884.3
Συνολικό Φορτίο για Z.N.X (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	4549.9	11584.7	11351.7	25392.7	14662.6	19832.9
Μάιος	56838.1	53280.4	50586.5	54850.9	51883.1	57317.8
Ιούνιος	67308.5	64997.4	67307.0	66133.9	67505.3	67591.3
Ιούλιος	75128.3	78478.1	80805.3	74594.4	73843.4	71197.4
Αύγουστος	80447.5	84626.7	87098.8	83793.8	84487.6	85056.4
Σεπτέμβριος	79471.4	81052.7	80773.6	77993.2	76333.3	72558.1
Οκτώμβριος	72925.9	72778.4	74091.1	80026.7	81126.5	77807.7
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	436669.6	446798.3	452014.1	462785.6	449841.8	451361.6

Απολαβή Ηλιακού Πεδίου (KWH) (%)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0	0
Μάρτιος	0	0	0	0	0	0
Απρίλιος	45%	57%	78%	74%	65%	52%
Μάιος	54%	51%	51%	54%	52%	45%
Ιούνιος	46%	45%	50%	46%	46%	47%
Ιούλιος	45%	48%	52%	42%	43%	42%
Αύγουστος	47%	46%	51%	44%	46%	45%
Σεπτέμβριος	42%	48%	43%	36%	35%	34%
Οκτώμβριος	45%	44%	46%	25%	29%	36%
Νοέμβριος	0	0	0	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0	0
Σύνολο Σεζόν	46%	48%	53%	46%	45%	43%
Παραγόμενο Φορτίο Υδρόψυκτης Αντλίας Θερμότητας για παραγωγή Z.N.X (KWH) (%)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0	0
Μάρτιος	0	0	0	0	0	0
Απρίλιος	55%	43%	22%	26%	35%	29%
Μάιος	46%	49%	49%	46%	29%	33%
Ιούνιος	33%	33%	30%	33%	33%	32%
Ιούλιος	33%	32%	29%	35%	35%	35%
Αύγουστος	32%	33%	29%	34%	33%	33%
Σεπτέμβριος	35%	32%	34%	39%	40%	40%
Οκτώμβριος	55%	56%	54%	75%	71%	42%
Νοέμβριος	0	0	0	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0	0
Σύνολο Σεζόν	41%	40%	35%	41%	39%	35%
Παραγόμενο Φορτίο Αερόψυκτων Αντλίας Θερμότητας για παραγωγή Z.N.X (KWH) (%)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0	0	0	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0	0
Μάρτιος	0	0	0	0	0	0
Απρίλιος	0%	0%	0%	0%	0%	19%
Μάιος	0%	0%	0%	0%	19%	22%
Ιούνιος	21%	22%	20%	21%	21%	21%
Ιούλιος	22%	21%	19%	23%	22%	23%
Αύγουστος	21%	21%	19%	22%	21%	22%
Σεπτέμβριος	23%	21%	22%	25%	26%	26%
Οκτώμβριος	0%	0%	0%	0%	0%	22%
Νοέμβριος	0	0	0	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0	0
Σύνολο Σεζόν	12%	12%	11%	13%	16%	22%

Εικόνα 6.1.2: Πίνακες Δεδομένων Λειτουργίας για την παραγωγή Z.N.X για τα έτη
2014 – 2019



Εικόνα 6.1.3: Διαγράμματα Δεδομένων Λειτουργίας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ ανά μήνα για τα έτη 2014 – 2019



Εικόνα 6.1.4: Διαγράμματα Ποσοστού Κάλυψης Απαιτήσεων Ζ.Ν.Χ ανά έτος, για τα έτη 2014 -2019

Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Πρωτεύοντος Ηλιακού (P2)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	32.0	88.0	64.0	208.0	160.0	120.0
Μάιος	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0
Ιούνιος	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Ιούλιος	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0
Αύγουστος	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0
Σεπτέμβριος	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Οκτώμβριος	180.0	279.0	225.0	216.0	216.0	234.0
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	1711.0	1866.0	1788.0	1923.0	1875.0	1853.0
Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Ζ.Ν.Χ - COLD SIDE (P5)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	8.4	16.8	8.3	22.2	17.3	19.5
Μάιος	87.4	87.1	84.3	84.1	51.0	64.4
Ιούνιος	74.3	72.5	68.2	73.4	74.0	72.4
Ιούλιος	83.9	83.7	79.9	88.9	86.0	84.1
Αύγουστος	87.6	93.3	86.4	95.7	93.9	94.9
Σεπτέμβριος	93.9	86.4	93.6	102.6	101.8	97.1
Οκτώμβριος	135.8	136.7	134.3	203.2	194.1	110.3
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	571.3	576.5	555.1	670.2	618.1	542.7
Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Desuperheater - COLD SIDE (P3 , P4)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5
Μάιος	0.0	0.0	0.0	0.0	51.0	64.4
Ιούνιος	74.3	72.5	68.2	73.4	74.0	72.4
Ιούλιος	83.9	83.7	79.9	88.9	86.0	84.1
Αύγουστος	87.6	93.3	86.4	95.7	93.9	94.9
Σεπτέμβριος	93.9	86.4	93.6	102.6	101.8	97.1
Οκτώμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	339.7	335.9	328.1	360.7	406.7	522.3
Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Ανακυκλοφορίας (P6)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	96.0	312.0	240.0	720.0	528.0	432.0
Μάιος	744.0	744.0	744.0	744.0	744.0	744.0
Ιούνιος	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0
Ιούλιος	744.0	744.0	744.0	744.0	744.0	744.0
Αύγουστος	744.0	744.0	744.0	744.0	744.0	744.0
Σεπτέμβριος	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0
Οκτώμβριος	480.0	744.0	600.0	576.0	576.0	624.0
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	4248.0	4728.0	4512.0	4968.0	4776.0	4728.0

Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Δευτερεύοντος Ηλιακού (P1)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	32.0	88.0	64.0	208.0	160.0	120.0
Μάιος	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0
Ιούνιος	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Ιούλιος	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0
Αύγουστος	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0	310.0
Σεπτέμβριος	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Οκτώμβριος	180.0	279.0	225.0	216.0	216.0	234.0
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	1711.0	1866.0	1788.0	1923.0	1875.0	1853.0
Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Γεωθερμίας - HOT SIDE (P8)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	8.4	16.8	8.3	22.2	17.3	19.5
Μάιος	87.4	87.1	84.3	84.1	51.0	64.4
Ιούνιος	74.3	72.5	68.2	73.4	74.0	72.4
Ιούλιος	83.9	83.7	79.9	88.9	86.0	84.1
Αύγουστος	87.6	93.3	86.4	95.7	93.9	94.9
Σεπτέμβριος	93.9	86.4	93.6	102.6	101.8	97.1
Οκτώμβριος	135.8	136.7	134.3	203.2	194.1	110.3
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	571.3	576.5	555.1	670.2	618.1	542.7
Ώρες Λειτουργίας Αντλίας Desuperheater - HOT SIDE (P10 , P11)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5
Μάιος	0.0	0.0	0.0	0.0	51.0	64.4
Ιούνιος	74.3	72.5	68.2	73.4	74.0	72.4
Ιούλιος	83.9	83.7	79.9	88.9	86.0	84.1
Αύγουστος	87.6	93.3	86.4	95.7	93.9	94.9
Σεπτέμβριος	93.9	86.4	93.6	102.6	101.8	97.1
Οκτώμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	339.7	335.9	328.1	360.7	406.7	522.3

Εικόνα 6.1.5: Πίνακες Δεδομένων Λειτουργίας Αντλιών δικτύου Ζ.Ν.Χ για τα έτη
2014 – 2019

Τα οικονομικά στοιχεία της αρχικής επένδυσης της εφαρμογής φαίνονται παρακάτω .

Σενάριο Α - Επιλεγθείσα Πρόταση		
	Κόστος Τεμαχίου σε €	Αριθμός Τεμαχίων
Εναλλάκτης Ζ.Ν.Χ	11500	1
Αντλία Ζ.Ν.Χ - COLD SIDE (P5)	2500	1
Αντλία Γεωθερμίας - HOT SIDE (P8)	2300	1
Λειτουργία Desuperheating για την Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητ	6000	2
Εναλλάκτης Desuperheater	2500	2
Αντλία Desuperheater - COLD SIDE (P3 , P4)	900	2
Αντλία Desuperheater - HOT SIDE (P10 , P11)	950	2
Κόστος ανά m ² Ηλιακού Πεδίου	363	455
Εναλλάκτης Ηλιακού Πεδίου	4800	1
Αντλία Πρωτεύοντος Ηλιακού Πεδίου (P2)	1200	1
Αντλία Δευτερεύοντος Ηλιακού Πεδίου (P1)	2300	1
Αντλία Ανακυκλοφορίας (P6 , P7)	850	2
Δοχείο Αποθήκευσης 5000 lt	4250	4
Δοχείο Αποθήκευσης 3000 lt	3000	1
Πρόσθετα Υδραυλικά Εξαρτήματα	25000	1
Υδραυλικές Εργασίες	30000	1
Ηλεκτρολογικές Εργασίες	10000	1
Σύστημα Αυτομάτου Ελεγχου BMS	20000	1
Συνολικό Κόστος Επένδυσης σε €	317165	

Εικόνα 6.1.6: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας καθώς και οι εκπομπές CO₂ ανά σεζόν λειτουργίας φαίνονται παρακάτω.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
kg	Εκπομπές CO ₂	20089.82	21315.58	20457.76	23065.32	22113.12	21294.06
KWH	Συνολική Καταναλισκόμενη Ενέργεια	25112.28	26644.48	25572.2	28831.65	27641.4	26617.57

Εικόνα 6.1.7: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂ για τα έτη 2014 – 2019

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας για 0,12€/KWh, καθώς και το ετήσιο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού της εγκατάστασης διαμορφώνεται σύμφωνα με την Εικόνα 6.1.8.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
€	Συνολικό Κόστος Λειτουργίας Σεναρίου Α	3013.47	3197.34	3068.66	3459.80	3316.97	3194.11
	Ετήσιο Κόστος Συντήρησης Σεναρίου Α	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
	Συνολικό Κόστος Σεναρίου Α	8013.47	8197.34	8068.66	8459.80	8316.97	8194.11

Εικόνα 6.1.8: Ετήσιο κόστος λειτουργίας - συντήρησης για τα έτη 2014 – 2019

(Σημειώνεται υπολογίστηκαν μόνο τα μέρη που αφορούν την παραγωγή Z.N.X . Τα στοιχεία που αφορούν εξοπλισμό για το δίκτυο/λειτουργία του κλιματισμού του ξενοδοχείου δεν συμπεριλήφθηκαν.)

6.2 Εναλλακτικές Λύσεις - Σύγκριση Σεναρίων

Για την αξιολόγηση της επιλεγθείσας εφαρμογής, θα πραγματοποιηθεί αξιολόγηση της σε σχέση με 3 ακόμα σενάρια κάλυψης των απαιτήσεων Z.N.X του ξενοδοχείου σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν κατά τα έτη 2014 - 2019.

6.2.1 Σενάριο Β - Λέβητας Πετρελαίου 542 kW (COP = 0.85) + Ηλιακό Πεδίο (όμοιο με επιλεγθείσα λύση)

Απολαβή Ηλιακού Πεδίου (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	2049.4	6584.4	8876.4	18796.5	9513.2	10264.5
Μάιος	30896.5	27415.7	25549.9	29864.6	26896.8	25748.4
Ιούνιος	30894.6	29469.6	33872.4	30149.3	31246.4	32105.0
Ιούλιος	33986.6	37453.3	41659.7	31006.5	31684.8	29987.8
Αύγουστος	37497.5	38894.6	44749.5	36897.5	38459.3	38569.8
Σεπτέμβριος	33471.3	38728.2	34877.3	27694.2	26456.9	24989.8
Οκτώμβριος	32596.8	32189.2	34214.9	19684.3	23482.6	27659.4
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	201392.7	210735.0	223799.9	194092.7	187739.9	189324.6
Παραγώμενο Φορτίο Λέβητα Πετρελαίου για παραγωγή Ζ.Ν.Χ (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	2500.6	5000.4	2475.4	6596.2	5149.4	9568.4
Μάιος	25941.7	25864.7	25036.7	24986.3	24986.3	31569.5
Ιούνιος	36413.9	35527.8	33434.6	35984.6	36258.9	35486.3
Ιούλιος	41141.7	41024.8	39145.6	43588.0	42158.7	41209.6
Αύγουστος	42950.0	45732.1	42349.4	46896.3	46028.3	46486.7
Σεπτέμβριος	46000.0	42324.5	45896.4	50299.0	49876.4	47568.3
Οκτώμβριος	40329.2	40589.2	39876.3	60342.5	57643.9	50148.3
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	235277.0	236063.3	228214.2	268692.9	262101.9	262037.0
Συνολικό Φορτίο (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	4549.9	11584.7	11351.7	25392.7	14662.6	19832.9
Μάιος	56838.1	53280.4	50586.5	54850.9	51883.1	57317.8
Ιούνιος	67308.5	64997.4	67307.0	66133.9	67505.3	67591.3
Ιούλιος	75128.3	78478.1	80805.3	74594.4	73843.4	71197.4
Αύγουστος	80447.5	84626.7	87098.8	83793.8	84487.6	85056.4
Σεπτέμβριος	79471.4	81052.7	80773.6	77993.2	76333.3	72558.1
Οκτώμβριος	72925.9	72778.4	74091.1	80026.7	81126.5	77807.7
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	436669.6	446798.3	452014.1	462785.6	449841.8	451361.6

Εικόνα 6.2.1.1: Πίνακες Δεδομένων Σεναρίου Β για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη

2014 – 2019

Τα οικονομικά στοιχεία της αρχικής επένδυσης για το Σενάριο Β φαίνονται παρακάτω.

Σενάριο Β - Λέβητας Πετρελαίου + Ηλιακό Πεδίο		
	Κόστος Τεμαχίου σε €	Αριθμός Τεμαχίων
Λέβητας Πετρελαίου	7000	1
Εναλλάκτης Λέβητα	11500	1
Αντλία Πρωτεύοντος Λέβητα	2500	1
Αντλία Δευτερεύοντος Λέβητα	2300	1
Κόστος ανά m ² Ηλιακού Πεδίου	363	455
Εναλλάκτης Ηλιακού Πεδίου	4800	1
Αντλία Πρωτεύοντος Ηλιακού Πεδίου (P2)	1200	1
Αντλία Δευτερεύοντος Ηλιακού Πεδίου (P1)	2300	1
Αντλία Ανακυκλοφορίας (P6 , P7)	850	2
Δοχείο Αποθήκευσης 5000 lt	4250	4
Δοχείο Αποθήκευσης 3000 lt	3000	1
Πρόσθετα Υδραυλικά Εξαρτήματα	20000	1
Υδραυλικές Εργασίες	25000	1
Ηλεκτρολογικές Εργασίες	8000	1
Σύστημα Αυτομάτου Ελεγχου BMS	15000	1
Συνολικό Κόστος Επένδυσης σε €	286465	

Εικόνα 6.2.1.2: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης Σεναρίου Β

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας καθώς και οι εκπομπές CO₂ ανά σεζόν λειτουργίας του Σεναρίου Β φαίνονται παρακάτω.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
kg	Εκπομπές CO ₂	104945.7	106426.1	102758.3	119815.1	116806.9	116633.9
KWH	Συνολική Καταναλισκόμενη Ενέργεια	221832.9	223986.4	216377.5	253294.7	246994.9	246753.8

Εικόνα 6.2.1.3: Αναμενόμενη Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂

Σεναρίου Β για τα έτη 2014 – 2019

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας για 1,3€/lt πετρελαίου, καθώς και το ετήσιο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού της εγκατάστασης διαμορφώνεται σύμφωνα με την Εικόνα 6.2.1.4.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
€	Συνολικό Κόστος Λειτουργίας Σεναρίου Β	33276.14	33556.8	32421.67	37996.91	37054.47	37023.7
	Ετήσιο Κόστος Συντήρησης Σεναρίου Β	3500	3500	3500	3500	3500	3500
	Συνολικό Κόστος Σεναρίου Β	36776.14	37056.8	35921.67	41496.91	40554.47	40523.7

Εικόνα 6.2.1.4: Αναμενόμενο Ετήσιο κόστος λειτουργίας – συντήρησης

Σεναρίου Β για τα έτη 2014 – 2019

**6.2.2 Σενάριο Γ - Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας 542 kW (COP = 3.3) + Ηλιακό Πεδίο
(όμοιο με επιλεχθείσα λύση)**

Απολαβή Ηλιακού Πεδίου (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	2049.4	6584.4	8876.4	18796.5	9513.2	10264.5
Μάιος	30896.5	27415.7	25549.9	29864.6	26896.8	25748.4
Ιούνιος	30894.6	29469.6	33872.4	30149.3	31246.4	32105.0
Ιούλιος	33986.6	37453.3	41659.7	31006.5	31684.8	29987.8
Αύγουστος	37497.5	38894.6	44749.5	36897.5	38459.3	38569.8
Σεπτέμβριος	33471.3	38728.2	34877.3	27694.2	26456.9	24989.8
Οκτώμβριος	32596.8	32189.2	34214.9	19684.3	23482.6	27659.4
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	201392.7	210735.0	223799.9	194092.7	187739.9	189324.6
Παραγόμενο Φορτίο Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας για παραγωγή Ζ.Ν.Χ (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	2500.6	5000.4	2475.4	6596.2	5149.4	9568.4
Μάιος	25941.7	25864.7	25036.7	24986.3	24986.3	31569.5
Ιούνιος	36413.9	35527.8	33434.6	35984.6	36258.9	35486.3
Ιούλιος	41141.7	41024.8	39145.6	43588.0	42158.7	41209.6
Αύγουστος	42950.0	45732.1	42349.4	46896.3	46028.3	46486.7
Σεπτέμβριος	46000.0	42324.5	45896.4	50299.0	49876.4	47568.3
Οκτώμβριος	40329.2	40589.2	39876.3	60342.5	57643.9	50148.3
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	235277.0	236063.3	228214.2	268692.9	262101.9	262037.0
Συνολικό Φορτίο (KWH)						
	Έτος					
Μήνας	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	4549.9	11584.7	11351.7	25392.7	14662.6	19832.9
Μάιος	56838.1	53280.4	50586.5	54850.9	51883.1	57317.8
Ιούνιος	67308.5	64997.4	67307.0	66133.9	67505.3	67591.3
Ιούλιος	75128.3	78478.1	80805.3	74594.4	73843.4	71197.4
Αύγουστος	80447.5	84626.7	87098.8	83793.8	84487.6	85056.4
Σεπτέμβριος	79471.4	81052.7	80773.6	77993.2	76333.3	72558.1
Οκτώμβριος	72925.9	72778.4	74091.1	80026.7	81126.5	77807.7
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	436669.6	446798.3	452014.1	462785.6	449841.8	451361.6

**Εικόνα 6.2.2.1: Πίνακες Δεδομένων Σεναρίου Γ για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη
2014 – 2019**

Τα οικονομικά στοιχεία της αρχικής επένδυσης για το Σενάριο Γ φαίνονται παρακάτω.

Σενάριο Γ - Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ + Ηλιακό Πεδίο		
	Κόστος Τεμαχίου σε €	Αριθμός Τεμαχίων
Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας	65000	1
Εναλλάκτης Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας	11500	1
Αντλία Πρωτεύοντος Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας	2500	1
Αντλία Δευτερεύοντος Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας	2300	1
Κόστος ανά m ² Ηλιακού Πεδίου	363	455
Εναλλάκτης Ηλιακού Πεδίου	4800	1
Αντλία Πρωτεύοντος Ηλιακού Πεδίου (P2)	1200	1
Αντλία Δευτερεύοντος Ηλιακού Πεδίου (P1)	2300	1
Αντλία Ανακυκλοφορίας (P6 , P7)	850	2
Δοχείο Αποθήκευσης 5000 lt	4250	4
Δοχείο Αποθήκευσης 3000 lt	3000	1
Πρόσθετα Υδραυλικά Εξαρτήματα	20000	1
Υδραυλικές Εργασίες	25000	1
Ηλεκτρολογικές Εργασίες	8000	1
Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου BMS	15000	1
Συνολικό Κόστος Επένδυσης σε €	344465	

Εικόνα 6.2.2.2: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης Σεναρίου Γ

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας καθώς και οι εκπομπές CO₂ ανά σεζόν λειτουργίας του Σεναρίου Β φαίνονται παρακάτω.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
kg	Εκπομπές CO ₂	74514.85	75893.56	73240.98	85062.26	82906.47	82741.96
KWH	Συνολική Καταναλισκόμενη Ενέργεια	93143.57	94866.95	91551.22	106327.8	103633.1	103427.5

Εικόνα 6.2.2.3: Αναμενόμενη Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO₂

Σεναρίου Γ για τα έτη 2014 – 2019

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας για 0,12€/KWh, καθώς και το ετήσιο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού της εγκατάστασης διαμορφώνεται σύμφωνα με την Εικόνα 6.2.2.4.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
€	Συνολικό Κόστος Λειτουργίας Σεναρίου Γ	11177.23	11384.03	10986.15	12759.34	12435.97	12411.29
	Ετήσιο Κόστος Συντήρησης Σεναρίου Γ	4000	4000	4000	4000	4000	4000
	Συνολικό Κόστος Σεναρίου Γ	15177.23	15384.03	14986.15	16759.34	16435.97	16411.29

Εικόνα 6.2.2.4: Αναμενόμενο Ετήσιο κόστος λειτουργίας – συντήρησης

Σεναρίου Γ για τα έτη 2014 – 2019

6.2.3 Σενάριο Δ- Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας 542 kW (COP = 3.3) + Λέβητας Πετρελαίου (backup)

Παραγώμενο Φορτίο Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας για παραγωγή Ζ.Ν.Χ (ΚWh)						
Μήνας	Έτος					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φεβρουάριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μάρτιος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απρίλιος	4549.9	11584.7	11351.7	25392.7	14662.6	19832.9
Μάιος	56838.1	53280.4	50586.5	54850.9	51883.1	57317.8
Ιούνιος	67308.5	64997.4	67307.0	66133.9	67505.3	67591.3
Ιούλιος	75128.3	78478.1	80805.3	74594.4	73843.4	71197.4
Αύγουστος	80447.5	84626.7	87098.8	83793.8	84487.6	85056.4
Σεπτέμβριος	79471.4	81052.7	80773.6	77993.2	76333.3	72558.1
Οκτώμβριος	72925.9	72778.4	74091.1	80026.7	81126.5	77807.7
Νοέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Δεκέμβριος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο Σεζόν	436669.6	446798.3	452014.1	462785.6	449841.8	451361.6

Εικόνα 6.2.3.1: Πίνακες Δεδομένων Σεναρίου Δ για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ για τα έτη 2014 – 2019

Τα οικονομικά στοιχεία για το Σενάριο Δ φαίνονται παρακάτω.

Σενάριο Δ - Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας + Λέβητας Πετρελαίου(backup)		
	Κόστος Τεμαχίου σε €	Αριθμός Τεμαχίων
Λέβητας Πετρελαίου	7000	1
Εναλλάκτης Λέβητα	11500	1
Αντλία Πρωτεύοντος Λέβητα	2500	1
Αντλία Δευτερεύοντος Λέβητα	2300	1
Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας	65000	1
Εναλλάκτης Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας	11500	1
Αντλία Πρωτεύοντος Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας	2500	1
Αντλία Δευτερεύοντος Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας	2300	1
Αντλία Ανακυκλοφορίας (P6 , P7)	850	2
Δοχείο Αποθήκευσης 5000 lt	4250	4
Δοχείο Αποθήκευσης 3000 lt	3000	1
Πρόσθετα Υδραυλικά Εξαρτήματα	25000	1
Υδραυλικές Εργασίες	30000	1
Ηλεκτρολογικές Εργασίες	10000	1
Σύστημα Αυτομάτου Ελεγχου BMS	20000	1
Συνολικό Κόστος Επένδυσης σε €	211300	

Εικόνα 6.2.3.2: Οικονομικά στοιχεία αρχικής επένδυσης Σεναρίου Δ

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας καθώς και οι εκπομπές CO₂ ανά σεζόν λειτουργίας του Σεναρίου Δ φαίνονται παρακάτω.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
kg	Εκπομπές CO2	120111.9	123253.3	124439.5	127729.6	124107.6	124467.2
KWH	Συνολική Καταναισκόμνη Ενέργεια	150139.8	154066.7	155549.3	159662	155134.5	155583.9

Εικόνα 6.2.3.3: Αναμενόμενη Ετήσια κατανάλωση ενέργειας - Εκπομπές CO2
Σεναρίου Δ για τα έτη 2014 – 2019

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας για 0,12€/KWh, καθώς και το ετήσιο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού της εγκατάστασης διαμορφώνεται σύμφωνα με την Εικόνα 6.2.3.4.

		Σεζόν					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
€	Συνολικό Κόστος Λειτουργίας Σεναρίου Δ	18016.78	18488	18665.92	19159.44	18616.15	18670.07
	Ετήσιο Κόστος Συντήρησης Σεναρίου Δ	3000	3000	3000	3000	3000	3000
	Συνολικό Κόστος Σεναρίου Δ	21016.78	21488	21665.92	22159.44	21616.15	21670.07

Εικόνα 6.2.3.4: Αναμενόμενο Ετήσιο κόστος λειτουργίας – συντήρησης
Σεναρίου Δ για τα έτη 2014 – 2019

6.2.4 Σύγκριση Σεναρίων

Εκπομπές CO2 (kg)			
Μέση Ετήσια Εξοικονόμηση Εκπομπών CO2 σε kg (Σύγκριση με Σενάριο Β)		Συνολική Εξοικονόμηση Εκπομπών CO2 σε kg (Σύγκριση με Σενάριο Β)	
Σενάριο Α	81%	89841.72	539050.35
Σενάριο Β			
Σενάριο Γ	29%	32170.99	193025.94
Σενάριο Δ	-11%	-12787.17	-76723.01

Εικόνα 6.2.4.1: Σύγκριση Σεναρίων με βάση της εκπομπές CO2

Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας			
Μέση Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας σε KWH (Σύγκριση με Σενάριο Β)		Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας σε KWH (Σύγκριση με Σενάριο Β)	
Σενάριο Α	89%	208136.77	1248820.62
Σενάριο Β			
Σενάριο Γ	58%	136048.35	816290.12
Σενάριο Δ	34%	79850.65	479103.92

Εικόνα 6.2.4.2: Σύγκριση Σεναρίων με βάση την κατανάλωση ενέργειας

Οι εκπομπές CO2 για κάθε σενάριο κάλυψης των απαιτήσεων Ζ.Ν.Χ υπολογίζονται ίσες με 0.316 kg/KWh για την καύση πετρελαίου και ίσες με 0.8 kg/KWh για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [24] .

Με βάση τα αποτελέσματα της σύγκρισης, βλέπουμε ότι η εφαρμοσμένη λύση (Σενάριο Α) υπερτερεί σημαντικά έναντι των υπόλοιπων σεναρίων, με το Σενάριο Β να είναι το πλέον ενεργοβόρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Σενάριο Δ παρουσιάζει μεγαλύτερες ετήσιες εκπομπές CO₂ σε σχέση με το Σενάριο Β, πράγμα το οποίο εξηγείται από τις αυξημένες εκπομπές CO₂ ανά KWh για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την καύση πετρελαίου καθώς και στο αυξημένο φορτίο που πρέπει να καλύψει η Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας του Σεναρίου Δ, σε σχέση με τον Λέβητα Πετρελαίου του Σεναρίου Β, ελλείψει Ηλιακού Πεδίου.

Χρόνος Αποπληρωμής Επένδυσης

Ο χρόνος αποπληρωμής μιας επένδυσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να ανακτηθεί, μέσω της ετήσιας εξοικονόμησης που πραγματοποιείται σε κάθε εναλλακτικό σενάριο σε σύγκριση με το συμβατικό (δηλαδή το Σενάριο Β), το κεφάλαιο που δαπανάται στην αρχή της επένδυσης. Δηλώνει δηλαδή, πόσο γρήγορα αναμένεται να ανακτηθεί το κεφάλαιο της επένδυσης.

$$\text{Χρόνος Αποπληρωμής της Επένδυσης} = \frac{\text{Αρχικό κόστος επένδυσης}}{\text{Ετήσια εξοικονόμηση σε σύγκριση με το συμβατικό}}$$

[23] .

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η μέση ετήσια εξοικονόμηση κάθε σεναρίου σε σύγκριση με το Σενάριο Β.

	Μέση Ετήσια Εξοικονόμηση σε € (Σύγκριση με Σενάριο Β)
Σενάριο Α	30513.22
Σενάριο Β	
Σενάριο Γ	22862.61
Σενάριο Δ	17118.89

Εικόνα 6.2.4.3: Σύγκριση Σεναρίων με βάση την μέση ετήσια εξοικονόμηση σε €

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των διάφορων σεναρίων για την κάλυψη των απαιτήσεων σε Z.N.X, με βάση το χρόνο αποπληρωμής.

	Χρόνος Αποπληρωμής της Επένδυσης
Σενάριο Α	10.39
Σενάριο Β	
Σενάριο Γ	15.07
Σενάριο Δ	12.34

Εικόνα 6.2.4.4: Σύγκριση Σεναρίων με βάση το Χρόνο Αποπληρωμής της Επένδυσης

Βλέπουμε λοιπόν, ότι από τα εξεταζόμενα εναλλακτικά σενάρια, το επιλεγμένο (Σενάριο Α) είναι εκείνο με το μικρότερο χρόνο αποπληρωμής, συνεπώς ορθός προτιμήθηκε.

Καθαρή Παρούσα Αξία

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ή Net Present Value (NPV) είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση.

Η ΚΠΑ είναι μία τεχνική προεξόφλησης ταμειακών ροών και χρησιμοποιούνται στη συγκριτική αξιολόγηση επενδυτικών προτάσεων, όπου η ροή του εισοδήματος διαφέρει στην πάροδο του χρόνου.

Αποτελεί μια τυποποιημένη μέθοδο που χρησιμοποιεί την έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος για την εκτίμηση μακροπρόθεσμων επενδύσεων.

Ο χρόνος έχει επιπτώσεις στην αξία των ταμειακών ροών. Για παράδειγμα, αν υπάρχει μία χρονική περίοδος πανομοιότυπων ταμειακών ροών ίσης ονομαστικής αξίας, οι ταμειακές ροές στο παρόν έχουν μεγαλύτερη πραγματική αξία από ταμειακές ροές ίσης ονομαστικής στο μέλλον, με κάθε μελλοντική ταμειακή ροή να γίνεται όλο και λιγότερο πολύτιμη από τις προηγούμενες.

Ο τύπος υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας δέχεται ως μεταβλητές τις ταμειακές ροές και ένα προεξοφλητικό επιτόκιο και έχει ως αποτέλεσμα μια τιμή. Λόγω της χρονικής αξίας του χρήματος, ένα ευρώ στο μέλλον αξίζει λιγότερο από όσο ένα ευρώ σήμερα. Το προεξοφλητικό επιτόκιο στον τύπο της ΚΠΑ είναι ένας τρόπος για να μετρηθεί αυτό.

Ο τύπος υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^n C_t * (1 + k)^{-n}$$

Όπου:

- I : η αρχική δαπάνη του επενδυτικού έργου.
- n : ο αριθμός των περιόδων.
- C_t : οι καθαρές ταμιακές ροές (στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι ετήσιες δαπάνες λειτουργίας).
- k : το επιτόκιο προεξόφλησης.

- Όταν $KPA = 0$, τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημιά για τον επενδυτή.
- Όταν $KPA > 0$, η επένδυση είναι κερδοφόρα.
- Όταν $KPA < 0$, η επένδυση καταλήγει σε ζημιά.

[24]

Η ανάλυση με τη μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας πραγματοποιήθηκε για $k = 5\%$, $n = 12$ έτη (θεωρούμε ότι $C_{n+6} = C_n$, για $1 \leq n \leq 6$).

Στο παρακάτω Πίνακα απεικονίζεται η Κ.Π.Α για κάθε σενάριο κάλυψης των απαιτήσεων Ζ.Ν.Χ.

	Καθαρή Παρούσα Αξία			
	$n = 12$			
	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ	Σενάριο Δ
$k = 0.05$	-389,856.72 €	-628,411.52 €	-484,627.06 €	-402,615.44 €

Εικόνα 6.2.4.5: Σύγκριση Σεναρίων με βάση τη Καθαρή Παρούσα Αξία

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του υπολογισμού, οι τιμές της Κ.Π.Α είναι αρνητικές και για τα τέσσερα Σενάρια. Αυτό συμβαίνει διότι αναφέρονται σε δαπάνες λειτουργίας. Το Σενάριο Α, το οποίο αφορά την παραγωγή Ζ.Ν.Χ μέσω Ηλιακού Πεδίου, Γεωθερμίας και Ανάκτηση από Ψυκτικές μονάδες (Αερόψυκτες Αντλίες Θερμότητας που χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό του ξενοδοχείου) έχει την μικρότερη Κ.Π.Α σε απόλυτη τιμή. Συνεπώς αποτελεί την ορθότερη επιλογή, και σωστά επιλέχθηκε.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική μελέτη των ηλιοθερμικών, γεωθερμικών και συστημάτων ανάκτησης για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης, προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα βασικά σημεία της εφαρμογής που μελετάτε.

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του μηχανολογικού σχεδιασμού της εφαρμογής, με υπολογισμό όλων των βασικών εξαρτημάτων της καθώς και περιγραφή του τρόπου λειτουργίας της. Ακολούθως έγινε περιγραφή του αυτοματισμού ελέγχου BMS και του σχεδίου λειτουργίας του, με βάση το οποίο λειτουργεί η εγκατάσταση.

Έπειτα, έγινε παρουσίαση των δεδομένων λειτουργίας της εγκατάστασης για τα έτη 2014 – 2019, όπως αυτά καταγράφηκαν μέσω του συστήματος BMS. Υπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας, το κόστος λειτουργίας καθώς και οι εκπομπές CO₂ ανά έτος, για τα παραπάνω έτη. Ακολούθησε σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αναμενόμενα αποτελέσματα για τρία ακόμα διαφορετικά σενάρια κάλυψης των απαιτήσεων Ζ.Ν.Χ.

- Σενάριο Β - Λέβητας Πετρελαίου 542 kW + Ηλιακό Πεδίο (όμοιο με επιλεχθείσα λύση)
- Σενάριο Γ - Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας 542 kW + Ηλιακό Πεδίο (όμοιο με επιλεχθείσα λύση)
- Σενάριο Δ- Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας 542 kW + Λέβητας Πετρελαίου (backup)

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των διάφορων σεναρίων με χρήση της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) ή Net Present Value (NPV). Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των διάφορων σεναρίων, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμοσμένη λύση για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ είναι η προτιμότερη τόσο με οικονομικά, όσο και με περιβαλλοντολογικά κριτήρια.

Συμπερασματικά λοιπόν, προκύπτει ότι η επιλογή ενεργειακών συστημάτων τα οποία εκμεταλλεύονται συνδυαστικά τη γεωθερμική και την ηλιοθερμική ενέργεια, καθώς και πραγματοποιώντας ανάκτηση ενέργειας από άλλες πηγές (π.χ Αερόψυκτες Αντλίες Θερμότητας) για την κάλυψη των αναγκών Ζ.Ν.Χ στο ξενοδοχειακό τομέα είναι ενεργειακά, περιβαλλοντολογικά και οικονομικά συμφέρουσες.

Βιβλιογραφία

- [1] Ε. Η. Βαζαΐος, Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας - Υπολογισμός και σχεδίαση συστημάτων, Ε' επιμ., Αθήνα: Παρασκήνιο, 2020.
- [2] I. E. A. (IEA). [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_consumption#CITEREFFriedlingsteinJonesO'SullivanAndrew2019. [Accessed 26 2 2021].
- [3] Γ. Α. -. Μ. κ. Α. Μ. Π. Πατρών.. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://thermansis.blogspot.com/p/blog-page.html?fbclid=IwAR02RpuWljWiyIOdqxgnqD6O3JRyeLIQDFwArRoBi7FShd2RdslOcb8izZ4>. [Πρόσβαση 1 3 2021].
- [4] Τ. Ε. Ε. (ΤΕΕ), «Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών - Εκπαιδευτικό Υλικό. Θεματική Ενότητα ΔΕ4 - Τεχνολογίες Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας,» (ΤΕΕ), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2011.
- [5] Δ. Χ. Μαλαματένιος, Γεωθερμία - Ηλιοθερμία - Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας, Ινστιτούτο Μικρών Επιχειρήσεων - Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματικών Βιοτεχνών Ελλάδας (ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ), 2014.
- [6] Ο. Κ. Δ. Ιωάννης Διαμαντής, «Γεωθερμική Ενέργεια, Έρευνα – Αξιοποίηση του Π.Μ.Σ.: «ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»,» Ξάνθη, 2020.
- [7] Ν. Ψαρράς, Γεωθερμία και Κλιματισμός Θεωρία και Πρακτικοί κανόνες, SHAPE TEXNIKEΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Π.Ε, 2012.
- [8] Α. Δ. -. Δ. Μ. Μ. Α. Δ. Μ. Α.Ε(ΑΝΚΟ), 24 Απρίλιος 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://docplayer.gr/48918071-Avathis-geothermia-systimata-kleistoy-vroghoy.html>. [Πρόσβαση 05 Απρίλιος 2021].
- [9] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.hydroclima.gr/pagesd62a.html?lang=el&id=300>. [Πρόσβαση 20 04 2021].
- [10] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.andrianos.gr/gr/plhroforiako-uliko/tehniki-akadimia/klimatistika-odhgios-klimatismou-aircondition>. [Πρόσβαση 21 04 2021].
- [11] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.andrianos.gr/gr/antlies-thermothtas>. [Πρόσβαση 24 04 2021].
- [12] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.technotec.gr/89512DB2.el.aspx>. [Πρόσβαση 24 04 2021].
- [13] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://alphaclima.gr/store/wp-content/uploads/2019/03/arxi-leitourgeias-antlias.pdf?fbclid=IwAR2F1U6xPJnlVRGVpUnyuLJTta7I3jma3tQ7fo5qyCxsnoEZcdr6d6rX-L8Y>. [Πρόσβαση 15 04 2021].
- [14] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.monachos.gr/forum/content.php/345-%CE%95%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82->

- %CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82
&new_comment. [Πρόσβαση 25 04 2021].
- [15] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.monachos.gr/forum/content.php/345-%CE%95%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82&new_comment. [Πρόσβαση 27 04 2021].
- [16] AHI CARRIER N.A ΕΥΡΩΠΗΣ Α.Ε., *Εξοικονόμηση Ενέργειας Ξενοδοχειακός Τομέας*.
- [17] Τ. Ε. Ελλάδα, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση Πιστοποιητικού Απόδοσης», [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>. [Πρόσβαση 01 06 2021].
- [18] J. M. C. L. F. D. M. -, G. d. E. E. d. I. U. C. O. R. s. E. M. S. Francisco Plaza Gomariz, "An analysis of low flow for solar thermal system for water heating," 23 12 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X18312362>. [Accessed 26 06 2021].
- [19] «Επιλογή πλαστικών σωλήνων ή χαλκού για συστήματα τοποθέτησης: το οποίο είναι καλύτερο, ισχυρότερο είναι φθηνότερο,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://kak-svoimi-rukami.com/el/2010/06/vybor-plastikovye-truby-ili-mednye-dlya-montazha-sistem-chto-luchshe-prochnee-desheve/>. [Πρόσβαση 07 30 2021].
- [20] Κ. α. π. ενέργεια, «ΟΔΗΓΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ,» Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργεια, 2021.
- [21] «Desuperheating - heat recovery,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.swep.net/refrigerant-handbook/10.-systems/asdf/>. [Πρόσβαση 05 09 2021].
- [22] Η. Μ. Αμπατζόγλου Γιάννης, «Συστήματα διαχείρισης ενέργειας μεγάλων κτιρίων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/syst_elegxou_asfaleias_2018_final/____1.html#. [Πρόσβαση 20 10 2021].
- [23] Σ. Τ. Αθανάσιος Χασιακός, «Διαχείριση Τεχνικών Έργων - Βασικές Οικονομικές Έννοιες / Μέθοδοι Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/2.1%20%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CE%99%20-%20%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%28%C>. [Πρόσβαση 12 12 2021].
- [24] «Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) (Net present value (NPV)),» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://euretirio.com/kathari-parousa-axia-kpa-npv/>. [Πρόσβαση 12 12 21].
- [25] Δ. Μ. -, Δ. Σ. Θ. Α. -, Γ. Γ. β. τ. Έ. Ε. Ε. Θ. κ. Ε. Σωτήρης Κατσιμίχας, «Ενεργειακή Κατανάλωση και Εκπομπές CO₂ από την παραγωγή θέρμανσης χώρων και νερού στην Ελλάδα,» 02 10 2010. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.uhhe.gr/images/docs/Katsimichas2010.pdf>. [Πρόσβαση 03 12 2021].

Παράρτημα



User's manual

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

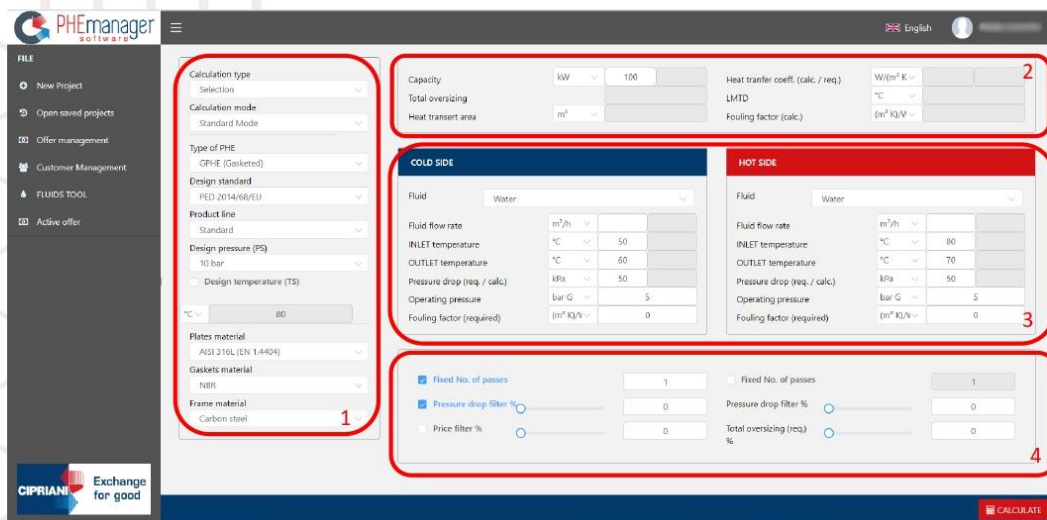
1

2. New project

To create a new project, click on the “liquid” or “steam” icon or press “New project” on the left side menu. The side menu allows you to recall previous projects using the “recent projects” tab.



Once the desired application (liquid-liquid or vapor-liquid) is selected, the thermal configuration page will open.



FILE

- New Project
- Open saved projects
- Offer management
- Customer Management
- FLUIDS TOOL
- Active offer

Calculation type
Selection

Calculation mode
Standard mode

Type of PHE
GPHE (Gasketed)

Design standard
PED 2014/68/EU

Product line
Standard

Design pressure (PS)
10 bar

Design temperature (TS)
80 °C

Flates material
AISI 316L (EN 1.4404)

Gaskets material
NBR

Frame material
Carbon steel

Capacity
kW: 100

Heat transfer coeff. (calc. / req.)
W/(m² K):

Total oversizing
°C

Heat transient area
m²

LMTD
°C

Fouling factor (calc.)
(m² K)/W

COLD SIDE

Fluid: Water

Fluid flow rate: m³/h

INLET temperature: °C

OUTLET temperature: °C

Pressure drop (req. / calc.): kPa

Operating pressure: bar G

Fouling factor (required): (m² K)/W

HOT SIDE

Fluid: Water

Fluid flow rate: m³/h

INLET temperature: °C

OUTLET temperature: °C

Pressure drop (req. / calc.): kPa

Operating pressure: bar G

Fouling factor (required): (m² K)/W

Fixed No. of passes
1

Pressure drop filter %
0

Price filter %
0

Fixed No. of passes
1

Pressure drop filter %
0

Total oversizing (req.) %
0

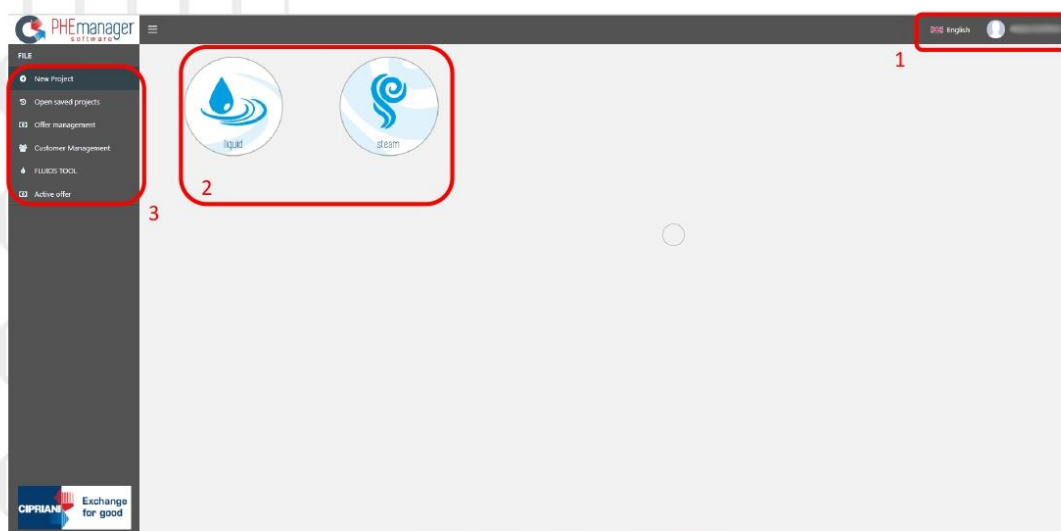
CALCULATE



Exchange
for good

Homepage

The starting window is a sort of menu that allows you to browse quickly within the software. In this page is possible to select the language and log out (1), quickly start a project for liquid-liquid or vapor-liquid applications (2) or browse through the other functions by means of the dedicated menu (3).



CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

4



Exchange
for good

1. Introduction and access

PHE manager WEB software has been developed to answer to the needs of a large amount and different types of customers. To better answer to specific needs, some functions may not be available for the assigned profile.

This document is a general user guide of **PHE manager WEB software**.

WARNING: For all versions, checking of CHEMICAL COMPATIBILITY between fluids and materials of construction is on user charge! Contact us for support.

- Connect to <https://phemanager.cipriani-phe.com/#/login> and sign in with the email and password given.
- In the next page, read and accept the license agreement and the Privacy Statement and press the Save&Continue button.

Please Sign In

Login (email)

Login

Password

Password

Login

LICENSE AGREEMENT FOR CIPRIANI PHE SRL TECHNICAL SOFTWARE "PHE manager"

IMPORTANT READ CAREFULLY

This License Agreement is a legal agreement between you (either an individual or a single entity) and CIPRIANI PHE SRL for the CIPRIANI PHE SRL software products identified above.
By installing, copying, or otherwise using the SOFTWARE PRODUCT, you agree to be bound by the terms of this License.
If you do not agree to the terms of this License, do not install, copy, or use the SOFTWARE PRODUCT.

SOFTWARE PRODUCT LICENSE

The SOFTWARE PRODUCT is protected by copyright laws and international copyright treaties, as well as other intellectual property laws and treaties.
The SOFTWARE PRODUCT is licensed, not sold or given.

1. LICENSE CONCESSION

This license grants you the following non-exclusive and non-perpetual rights:

- * Software Product: You may install and use the enclosed SOFTWARE PRODUCT on any number of your computers.
- * No distribution rights. This license does not include distribution rights.
- * No rights to use the name CIPRIANI PHE SRL.

☐ Agree

☐ I confirm that I have read the data processing information statement, under of Regulation (UE) 679/2016

Confermo di aver preso visione dell'informativa sul trattamento dei dati, ai sensi dell'art. 13 del Reg. UE 679/2016.

☐ I consent to data processing for activities of direct marketing, as per the personal data processing information statement, point 2 d)

Acconsento al trattamento dati per finalità d), attività di marketing diretto dell'informativa per il trattamento dei dati personali.

LOGOUT

SAVE & CONTINUE

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

3



Exchange
for good

Summary

1. Introduction and access.....	3
2. Homepage.....	4
3. New project.....	5
3.1 Product configuration	6
3.2 Product parameters	7
3.3 Thermal program.....	7
3.4 Other parameters.....	7
3.5 Calculation	8
3.6 Choosing the solution.....	8
3.7 Checking mode	8
3.8 PHE quotation.....	9
3.9 Open saved project	15
4. Offer management	16
5. Customer management	18
6. Fluid tools.....	20

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e PIVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

2



Exchange
for good



User's manual

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

1



Exchange
for good

Fluid

Save < Back

Details

Description ID: -1

Description:

File name:

Min temp (°C): 0

Max temp (°C): 100

Freezing temp (°C): 0

Data type: Points

In the list of favorites: No

Dangerous (GHS):

Vapour pressure > 0.5 bar temperature (°C):

Flash point temperature (°C):

Points

Item	Temperature [°C]	Density [kg/m³]	Specific Heat [J/(kg K)]	Thermal Conductivity [W/(m K)]	Viscosity [Pa s]
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0

Temperature: °C Density: kg/m³ Specific Heat: J/(kg K) Thermal Conductivity: W/(m K) Viscosity: Pa s

c. Search: to search the fluid applying some filters.

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

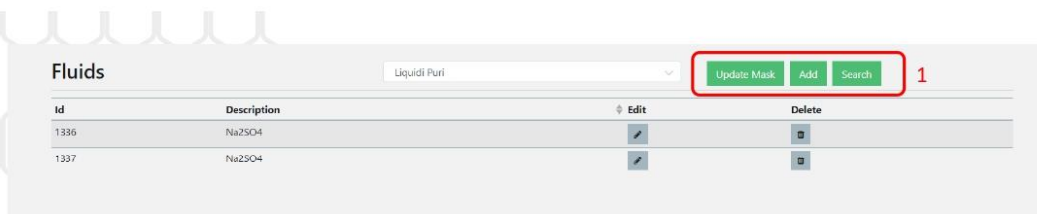
info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

21

6. Fluid tools

From the left side menu, it is possible to open the “Fluid tool” page by clicking the dedicated button. In this page are shown all the fluids created by the users and it is possible to modify, delete or create them.



The menu (1) can be used to:

- Update mask: to refresh the visualization after modifications.
- Add: open the tools to create a new fluid. It is possible to add a fluid describing the behavior of the thermo-physical parameters by points.

The required parameters are:

- Description: name of the fluid.
- Temp. Min/max: minimum and maximum allowed temperatures.
- Freezing temp.: freezing temperature of the fluid.
- Data type: type of data to insert (default: points).
- Present or not in favorites list.
- Dangerous: G1 if dangerous, G2 if not.
- Vapor pressure > 0.5 bar temperature.
- Flash point temperature of the fluid.



On the right side, it is possible to describe the behavior of the fluid point by point, by setting thermo-physical properties at different temperatures.

The fluid can then be saved by clicking the dedicated button.



- b. Export customers: to create a .csv file with the list of the customers generated.
- c. Search customers: to search the customers setting the filters.

Each customer can be:

- Modified, duplicated or deleted if the user is the creator of the customer ().
- Only visualized if the user is not the creator of the customer ().



CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

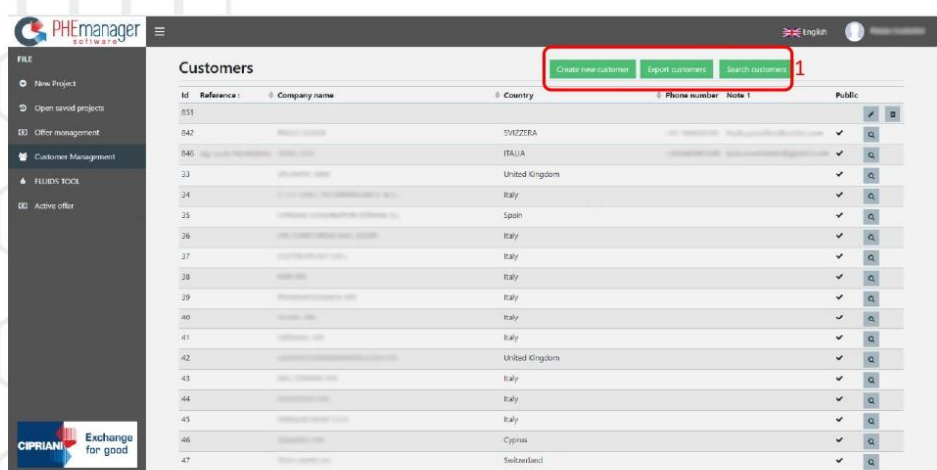
info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

19

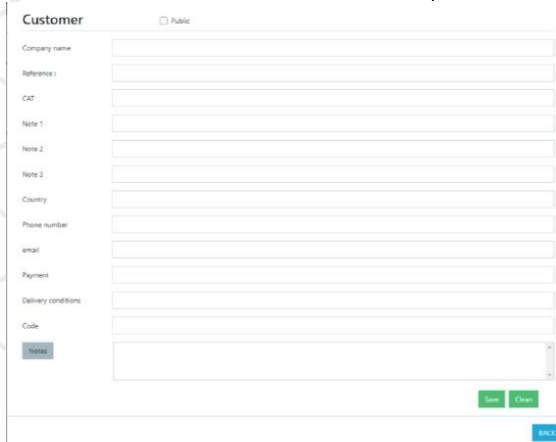
5. Customer management

From the left side menu, it is possible to open the “Customer management” page by clicking the dedicated button. In this page are shown all customers created by the user or user of the same company. Here it is possible to visualize, export or create new customers.



The menu (1) can be used to:

- Create new customers:** to create a new customer inserting the data required. It is possible to save or clean the page with the dedicated buttons. If the public flag is selected, the customer is visible and editable by all the users inside the same company.








CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

- b. Set as active offer: to set the current offer as active, letting the user to quickly insert the project in this offer (see sec. 3.8.B.c).
- c. Export offers: to create a .csv file with the list of the offers generated.
- d. Search offers: to search the offer setting the filters.

Each offer can be:

- Modified, duplicated or deleted if the user is the creator of the offer (  ).
- Visualized or duplicated if the user is not the creator and the offer is public ( ).
- If there is a project inside the offer, it is possible to duplicate, print or delete it. Information like description, quantity or

OFFER MANAGEMENT									
Item	Model	Description	Unit Price [€]	Qty	TOT. Price [€]	Discount PHE	Discount Accessories	Unit NET [€]	TOT. NET [€]
1	SEM0125+039800H/NPVDU11	*****	2.522,10	1	2.522,10	0,00	0,00	2.522,10	2.522,10

4. Offer management

From the left side menu, it is possible to open the “Offer management” page by clicking the dedicated button. All the offers created by the user or user of the same company are shown in this page.

Here it is possible to visualize, export or create new offers.

Id	Offer number	Offer description	Date	Company name	Reference	Total offer net price (€)	Public
58	123	Test	2020-02-27T08:00:00			5,26,56	
63	asd		2020-03-10T08:00:00			0,00	
94	1324		2020-03-10T08:00:00			1,172,40	
95	aaa		2020-03-11T08:00:00			0,00	
87			2020-03-11T08:00:00			1,217,80	
90			2020-03-11T08:00:00			836,80	
97	777		2020-03-11T08:00:00			2,096,40	
108	TEST MATRIA1		2020-03-12T08:00:00			1,217,80	
111			2020-03-16T08:00:00			4,386,00	
112			2020-03-16T08:00:00			0,00	
114			2020-03-16T08:00:00			0,00	
115			2020-03-16T08:00:00			0,00	
117	1003	Test addamento 10 PHE	2020-03-18T08:00:00			6,955,34	
118	1003-1	Test olio	2020-03-18T08:00:00			2,522,10	
119	1003-3	Vapore	2020-03-18T08:00:00			607,10	
120	1003-4	Test multi PHE	2020-03-18T08:00:00			1,070,600,00	
121	10-03-5	Test fluidi diversi	2020-03-18T08:00:00			2,619,40	
122	1003-6	Test Piacina	2020-03-18T08:00:00			0,00	

The menu (1) can be used to:

- Create new offers:** to create a new offer after inserting all the data required and the customer from the customer list. Different prices can be shown in printing page. Here it is possible to save, print or selected the current offer as active.

If the public flag is selected, the offer is visible and editable by all the users inside the same company.

In the print page, you can select the following three different print layouts from the left side menu:

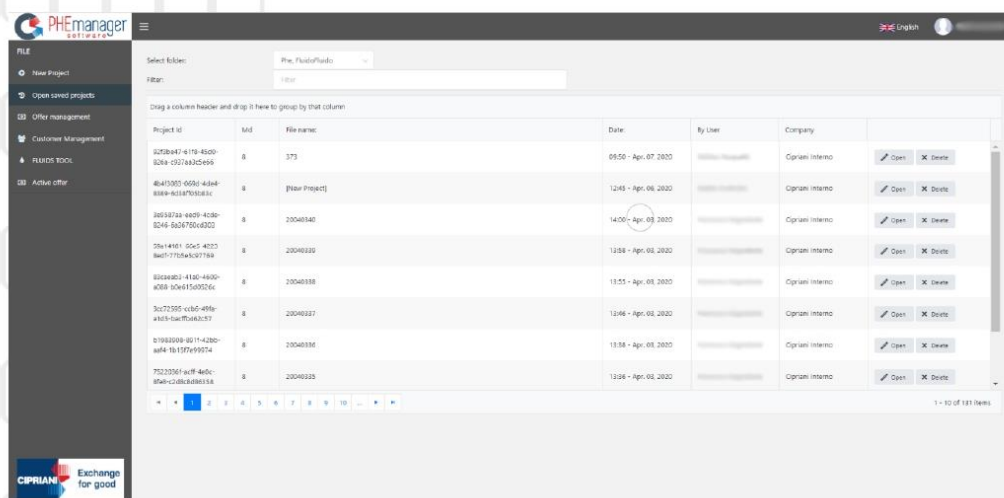
- Compact datasheet + drawing
- Complete datasheet + drawing (if available to the current profile).

It is also possible to export the print layout by clicking on “Export Word” and “Export PDF”.
Print language can be changed from the right side menu.

3.9. Open saved project

From the left side menu, it is possible to open the projects previously saved by clicking the dedicated button.
In this page are shown all the project saved by the user or user of the same company. The projects can be opened, deleted or modified.

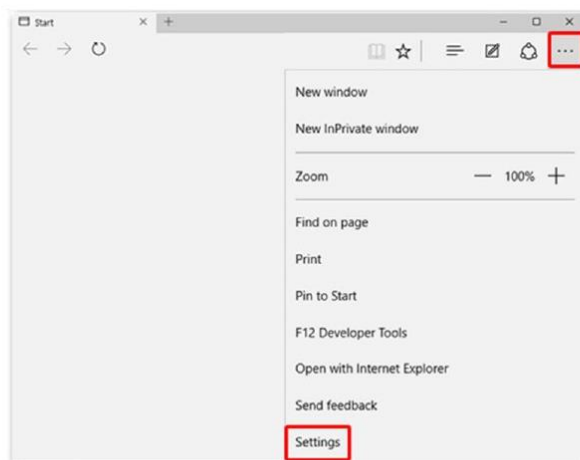
The projects can be filtered in the drop-down menu and the filter.



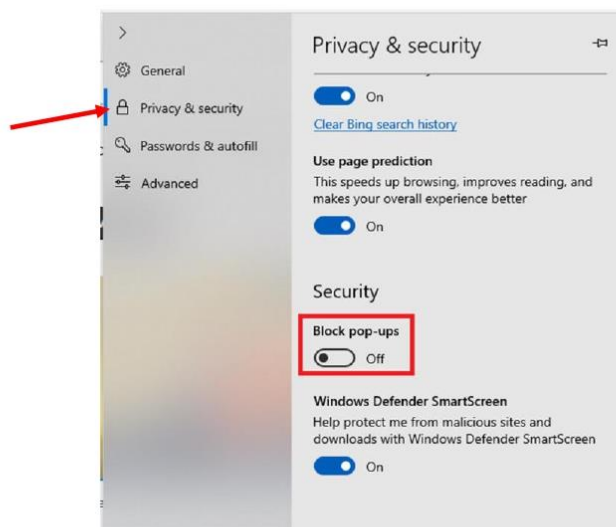
The screenshot shows the PHEmanager software interface. On the left is a sidebar menu with options: New Project, Open saved projects, Offer management, Customer Management, FLUIDS TOOL, and Active offer. The main area displays a table of saved projects with columns: Project ID, Mod, File name, Date, By User, Company, and actions (Open, Delete). The table contains 10 rows of project data.

Project ID	Mod	File name	Date	By User	Company	Actions
0258047-4118-8020-8284-c027a3c5496	8	373	08.08 - Apr. 07 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
46473505-0050-4048-8088-80187000831	8	[New Project]	12.45 - Apr. 08 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
00530704-8009-4038-8246-8a26780c002	8	20040340	14.00 - Apr. 09 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
05a14161-00c5-4033-8a60-7705a3c9789	8	20040330	12.58 - Apr. 09 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
00088021-4130-4030-8088-804815a05256c	8	20040338	13.55 - Apr. 09 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
30c72925-c03f-405e-a303-8ac0ff0a63c17	8	20040327	12.46 - Apr. 09 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
01988009-8017-4280-a0f4-1b137a99074	8	20040336	13.38 - Apr. 09 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]
75223561-a0ff-40fc-8540-c308c886318	8	20040325	12.08 - Apr. 09 2020	...	Cipriani Interno	[Open] [Delete]

- In **Microsoft Edge**, press on the icon with three dots “...” in the upper right menu and select “settings”.



Select “Privacy and security” and turn “Block Popups” to OFF.

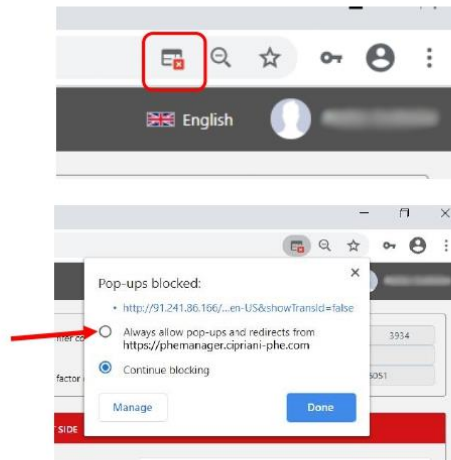




Exchange
for good

Important: if popups are blocked, the selection data sheet preview will fail. Is necessary to allow the popups in your browser.

- Using **Chrome**, if the popup is blocked click on the icon on the upper right of the window and select "Always allow popups from ...".



CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

13



Exchange
for good

- c. Active offer: add the project to a previous offer selected as active.

C. Print the project

By clicking on “Next”, it is possible to print the project after inserting the print data required and the customer selected from the menu.

Set print data

Name: [New Project]

Customer reference: [New Project]

Customer: [v]

Cancel Save

Once saved, the project print will open in a new tab on the browser (popup).

Print layouts

- Datasheet
- Datasheet (complete)
- Export PDF
- Export WORD

Browser window: Datasheet

Customer: F2 KOMPLEX KIT Item: 123 - Matia Scattini
Customer contact: email: M.Scattini@cipriani-phe.com
Customer reference: Cign Text Date: 19/2/2020
Model: S&P 272+

OPERATING CONDITION		COLD SIDE		HOT SIDE	
Fluids	m³/h	Water	Water	m³/h	
Inlet flow rates		17.46	9.93		
INLET temperatures	°C	59.0	59.9	°C	
OUTLET temperatures	°C	69.0	70.9	°C	
Pressure drop (calc.)	kPa	47.57	12.99	kPa	
Operating pressure	bar G	5.000	5.000	bar G	
Capacity	kW		200.60		
Total overrating	%		5.97		

FLUID PROPERTIES

	kg/m³	985.91	972.91
Density			
Specific heat capacity	J/kg K	4182	4198
Thermal conductivity	W/m K	0.568	0.570
Dynamic viscosity	cP	0.5041	0.3943

PRODUCT CONFIGURATION

Product type	BEAP070-91000PMPV0211
Frame material	Carbon steel
Plate material (thickness)	AS2 2105-021 1.4404/0.4 mm
Gaskets (material / type)	NER / Blue-free Plug-in design
Connection size	DN50
Connections type	Threaded nozzle
Connection material	AS2 2105
Fluids position (inlet -> outlet)	F3 -> F4
No. of passes	1
Relative directions of fluids	Counter Current
Size: number of plates allowed on frame	41

DESIGN

Design standard	PEC 2014/03/01
PEC risk category	AS2 2105-021 1.4404/0.4 mm
Pressure (design / test)	10 / 15
Temperature (max / design)	0 / 150
Volume (each side)	1.7
Specific compliance and verification	Standard

Language: clear selector

- Italian
- English
- French
- German
- Spanish
- українська

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: MSUXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

12



Exchange
for good

- a. **New offer:** open the offer management with a new offer. Save to add the project to a new offer after inserting all the necessary data.

SHOW OFFERS

OFFER MANAGEMENT ☐ Public Save Print

OFFER DATA

Offer number: Customer:

Date: 06/04/2020 Payment:

Offer description: Delivery conditions:

ISO: Delivery time:

Notes: Transportation cost (€):

Offer validity (days):

PRICES AND DISCOUNTS

TOTAL NET PRICE (€): 1,950.20

Extra discount (%): 0

TOTAL OFFER NET PRICE (€): 1,950.20

PRINT PRICES

☐ UNIT LIST PRICE
☐ UNIT NET PRICE
☐ TOT. LIST PRICE
☐ TOT. NET PRICE

OFFER MANAGEMENT

Item	Model	Description	Unit Price (€)	Qty	TOT. Price (€)	Discount PHE	Discount Accessories	Unit NET (€)	TOT. NET (€)
1	SE00070+017A00PHV0011	View Project	1,950.20	1	1,950.20	0.00	0.02	1,950.20	1,950.20

- b. **Existing offer:** select the offer from the existing offers list and click on "ok" in order to add the project to the selected offer.

ADD TO EXISTING OFFER Export offers Search offers

OFFERS

Id	Offer number	Offer description	Date	Company name	Reference	Total offer net price (€)	Public
58	123	Test	2020-02-27 00:00:00	ALCANTARA S.p.A.		528.56	✓
83	888		2020-03-10 00:00:00			0.00	
84	1324		2020-03-10 00:00:00	STELLA S.p.A.		1,172.40	
85	888		2020-03-11 00:00:00	ALCANTARA S.p.A.		0.00	
87			2020-03-11 00:00:00			1,217.60	
90			2020-03-11 00:00:00			838.80	
97	777		2020-03-11 00:00:00	ALCANTARA S.p.A.		2,056.40	
108	TEST MATI&I		2020-03-12 00:00:00	ALCANTARA S.p.A.		1,217.60	
111			2020-03-16 00:00:00			4,288.00	
112			2020-03-16 00:00:00			0.00	
114			2020-03-16 00:00:00			0.00	
115			2020-03-16 00:00:00			0.00	
117	1803	Terracamento 30 PHE	2020-03-18 00:00:00	ALCANTARA S.p.A.		6,935.34	✓
118	1803-1	Test clic	2020-03-18 00:00:00	ALCANTARA S.p.A.		2,522.10	✓

Cancel OK

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com



Exchange
for good

OPTIONS / ACCESSORIES

PLATE HEAT EXCHANGER (Connections incl.)

SEP0070+017A00RNPV0011	€ 1.333,20
------------------------	------------

OPTIONS

<input checked="" type="checkbox"/>	PORTS (hot side / cold side)	<input type="checkbox"/> 1 threaded nipples AISI 316 Threaded nipples AISI 316	€ 137,00
<input type="checkbox"/>	AISI 104 tightening bolts		€ 679,00
<input checked="" type="checkbox"/>	AISI 104 guiding bars		€ 321,00
<input type="checkbox"/>	3-layers coating / RAL 5003		€ 180,00

ACCESSORIES

<input type="checkbox"/>	Thermal insulation TF		€ 313,00
<input checked="" type="checkbox"/>	Plate pack protection / shroud (AISI 304)		€ 207,00
<input type="checkbox"/>	Drip tray with drainage (AISI 304)		€ 191,00
<input type="checkbox"/>	Shedlets (galvanized carbon steel)		€ 26,00
<input checked="" type="checkbox"/>	Stud bolts (set for No. 4 flanges)		€ 69,00
<input type="checkbox"/>	No. 4 counter-flanges (stud bolts incl.)		€ 194,00
<input type="checkbox"/>	Nameplate in stainless steel		€ 180,00
<input type="checkbox"/>	Hydraulic pressure test		€ 470,00
<input type="checkbox"/>	...		0
<input type="checkbox"/>	...		0
<input type="checkbox"/>	...		0
<input type="checkbox"/>	...		0
<input type="checkbox"/>	...		0
<input type="checkbox"/>	...		0

TOTAL	LIST PRICE	DISCOUNT	NET PRICE
Plate Heat Exchanger (Options incl.)	€ 1.333,20	0	1333,2
Accessories	€ 597,00	0	597
PLATE HEAT EXCHANGER - ACCESSORIES	€ 1.930,20	0	1930,2

REMARKS

← BACK SAVE SET AUTO TO OFFER NEXT

A. Saving the project

If necessary, save the project by clicking on “save”. Specify item, customer reference and select the customer from the drop-down menu.

Set print data

Item: [New Project]

Customer reference: [New Project]

Customer:

Cancel Save

B. Add to an offer

The “add to offer” button add the current project to a new offer, an existing offer or the active offer.

ADD TO OFFER

New Offer Existing offer Active offer

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

10



Exchange
for good

Calculation type Checking Calculation mode Standard Mode Type of PHE (none (blanketed)) Design standard PED 2014/68/EU Product line Standard Design pressure (PS) 10 bar Design temperature (TS) °C 90 Plates material AISI 316L (EN 1.4404) Plates thickness 0.4 mm Gaskets material NBR Frame material Carbon steel PLATES GEOMETRY 30/30° A - High efficiency channels	Capacity kW 100 100 Total oversizing 200.8 Heat transfer area m² 1.17 Heat transfer coeff. (calc. / req.) W/(m² K) 12918 4301 LMTD °C 20 Fouling factor (calc.) (m² K)/W 0.00013321
---	--

COLD SIDE				HOT SIDE			
Fluid	Water			Fluid	Water		
Fluid flow rate	m³/h		8.7217	Fluid flow rate	m³/h		8.8072
INLET temperature	°C	50	50	INLET temperature	°C	80	80
OUTLET temperature	°C	60	60	OUTLET temperature	°C	79	79
Pressure drop (req. / calc.)	kPa	50	42.21	Pressure drop (req. / calc.)	kPa	50	42.56
Operating pressure	bar G		5	Operating pressure	bar G		5
Fouling factor (required)	(m² K)/W		0	Fouling factor (required)	(m² K)/W		0
Pressure drop (connections)	kPa		0.6791	Pressure drop (connections)	kPa		0.6833
Fluid velocity (connections)	m/s		0.83	Fluid velocity (connections)	m/s		0.8372
Fluid velocity (channel)	m/s		0.8062	Fluid velocity (channel)	m/s		0.8115
Reynolds			3691	Reynolds			7373
Heat transfer coefficient	W/(m² K)		35467	Heat transfer coefficient	W/(m² K)		39107
Shear index (Not Rec.<1 : Opt.>2)			4.8	Shear index (Not Rec.<1 : Opt.>2)			4.84

No. of plates	17	No. of passes	1	No. of passes	1
---------------	----	---------------	---	---------------	---

[← BACK](#)
[CALCULATE](#)
[NEXT →](#)

Once completed the optimization job, click on "Next" to go on with the quotation.

3.8. PHE quotation

Once that the PHE is selected and confirmed, the quotation page is opened. In this page it is possible to add options, accessories and select the connections.

- All options and accessories available for selected model are listed and quoted.
- Click on connections code to obtain the complete list of connections available for selected model.
- Flag desired accessories to add them to the quotation.
- Add a discount, if necessary.

After adding options and accessories, save, add to an offer or print the project.

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

9



Exchange
for good

3.5. Calculation

Click on “CALCULATE” to obtain solutions.

Prezzo di Listino	GEOMETRIA	Plastre A [°C]	Attacchi	N. di passaggi	N. di plastre	Spessore [m]	Superficie di scambio [m ²]	Scorrendimen s. totale [cal /h]	PdC (circ. fre ddo) [kPa]	PdC (circ. cal do) [kPa]	PEO	W x H x L [m m]	
1172.40	P0070+B	0	DN50 / J-J	1 - 1	9	0.4	0.54	13.31	26.89	26.87	-	310 x 678 x 4 08	
1217.60	P0070+M	50	DN50 / J-J	1 - 1	11	0.4	0.70	84.95	45.27	45.56	-	310 x 678 x 4 08	
1323.20	P0070+A	100	DN50 / J-J	1 - 1	12	0.4	1.16	226.75	42.25	42.55	-	310 x 678 x 4 08	
1359.20	P0125+B	0	DN65 / J-J	1 - 1	9	0.5	0.88	31.89	30.51	31.39	-	310 x 819 x 4 38	
1422.80	P0125+M	50	DN65 / J-J	1 - 1	11	0.5	1.13	107.88	47.72	49.02	-	310 x 819 x 4 38	
1433.60	P0080+A	100	DN32 / J-J	1 - 1	45	0.4	3.45	540.50	48.01	49.00	-	200 x 755 x 3 51	
1434.30	P0160+B	0	DN50 / J-J	1 - 1	9	0.4	1.15	135.77	47.97	48.07	-	310 x 1008 x 408	

[← BACK](#)[Calculate](#)[CALCOLA](#)[EXPORT CSV](#)

3.6. Choosing the solution

A. Choose your favorite solution in the list of offered solutions:

- **PHE manager software** will offer a list of PHE capable to satisfy required input parameters.
- The list of solutions is provided in ascending price order.
- The selected solution is highlighted in light blue; solutions with warnings are highlighted in yellow and the warning can be visualized with the triangle icon that appears in the last column.
- By moving through the list with the mouse, details for each solution are shown.
- Click on the folder icon in the last column to go on with the configuration.

3.7. Checking mode

Once a solution is selected, **PHE manager software** automatically sets in “Checking” mode .

In this calculation mode, if necessary, you can modify product configuration (e.g. change No. of plates or plates material or plates thickness) to optimize the solution.

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com



Exchange
for good

3.2. Product parameters (2)

In this menu is possible to select the thermal power and to visualize some parameters (total oversizing, heat transfer area, heat transfer coefficient, LMTD and fouling factor) of the selected PHE.

3.3. Thermal program (3)

A. Fluid selection:

- a. When selecting a fluid, type the initial letter to enable the quick finder. **PHE manager WEB** will show you the first fluid with that specific initial letter. Press the initial letter to move through the list then press "Enter" to select the desired one.

B. Insert thermal pattern:

- a. Insert required thermal pattern: 5 inputs are required (+ required pressure drops on both sides). Most commonly used parameters combinations are:
 - Capacity + Inlet & Outlet Temperatures on both sides + required pressure drops on both sides.
 - Capacity + Inlet Temperatures & Flow Rates on both sides + required pressure drops on both sides.
 - Inlet & Outlet Temperatures on both sides + Flow Rate on one side + required pressure drops on both sides.
- c. Operating pressures: actual service pressure inside each circuits.
- d. Fouling factor: Default value is 0. If a specific fouling factor is required, you can add and it will be considered in the calculation.

3.4. Others parameters (4)

A. Insert other parameters:

- a. Fixed number of Passes: if flagged, **PHE manager WEB software** will offer solutions with the specified number of passes. Default value is 1 but, if needed, you can also fix a different No. of passes (up to 5). Remove the flag to view all possible solutions.
- b. Pressure drop filter: if flagged, **PHE manager WEB software** will offer solutions with pressure drops exceeding the required pressure drops up to the indicated value (% vs. required value).
- c. Price filter: if flagged, **PHE manager WEB software** will offer solutions with price exceeding the cheapest solution up to the indicated value (% vs. best solution price).
- d. Minimum oversizing: if=0 (default value) **PHE manager WEB software** will offer the minimum possible oversizing value (ideal=0); if>0, **PHE manager WEB software** will offer solutions with oversizing exceeding the best solution. Minimum oversizing value proposed in this case is the indicated value (%).

CIPRIANI PHE srl
Via Nassar, 46
37026 Pescantina (VR)
Tel. +39.045.6750065
Fax +39.045.6750118

info@cipriani-phe.com • cipriani-phe@legalmail.it
Cod. SDI: M5UXCR1rp
Cod. Fiscale e P.IVA IT 0199835 023 3
Reg. Impresa di Verona 01998350233
Capitale sociale €101.400,00 i.v. R.E.A VR 211471
201001-EN_rev0

cipriani-phe.com

7

3.1. Product configuration (1)

A. Calculation type:

- a. Selection: allows **PHE manager software** select the list of PHE able to best satisfy the required input data (including thermal pattern and required pressure drops, but also PS, TS, plates materials and thickness, gaskets materials). The software according to input data sets product configuration automatically. In most cases, "Selection" mode is the correct calculation mode you should use to make a quotation.
- b. Checking: to check how an existing PHE (code) satisfies the required input data. Product configuration has to be set manually.
- c. Simulation: to evaluate actual outlet temperatures and capacity given by an existing PHE (code) by giving as an input the inlet temperatures and flow rates. Product configuration has to be set manually.

B. Type of PHE:

- a. GPHE: Gasketed plate heat exchanger.
- b. BPHE: Brazed plate heat exchanger.

C. Design standard:

- a. PED 2014/68/EU: Mandatory for all PHE supplied in EU
- b. Manufactured (extra-UE): Alternative standard for PHE supplied in outside of EU.

D. Product line:

- a. Standard: No specific compliance or certification.
- b. Industrial: Include more specific configurations (this product line is not always available).
- c. ACS: Attestation de Conformité Sanitaire (valid in France).
- d. Double-wall: double-wall plate product line.

E. Design Pressure (PS), Design Temperature (TS):

- a. These are used to select design pressure or temperature different from the standard and most commonly used ones.

F. Plates, gaskets and frame materials:

- a. It is possible to select different materials for gaskets, plates or frames. According to the TS selected, some gaskets materials might not be available. In "Selection" mode, PHE manager WEB software will automatically chose the thinnest plates available.